

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 622.276+622.279

doi 10.54398/2077-6322_2022_1_25

Особенности строения месторождений нефти и газа
на шельфе Кот-д'Ивуара в геофизических полях

Диоманде Мамаду^{1✉}, Владимир Юрьевич Абрамов²

^{1,2}Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

¹1042165137@pfur.ru✉, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-3531-1832>

²abramov_vyu@rudn.university, <https://orcid.org/0000-0002-5833-9037>

Аннотация. В статье отображена информация о геологическом строении нефтяных и газовых месторождений Республики Кот-д'Ивуар, которые сведены на гравитационной и магнитной картах осадочного бассейна страны. Показано отношение между типом месторождения и гравитационными, а также магнитными аномалиями над месторождениями. Геофизические исследования, являющиеся одним из первых шагов в поиске углеводородов, знакомят нас с геологическими характеристиками залежей и блоков осадочного бассейна Кот-д'Ивуара, что дает общее представление о возможностях новых открытий. Учитывая последнее открытие летом этого года в осадочном бассейне Кот-д'Ивуара, которое значительно продвинуло страну в ряды производителей нефти и газа. Данный анализ очень важен и предоставляет точную информацию для начала исследований углеводородов в дополнение к основной информации.

Ключевые слова: Республика Кот-д'Ивуар, геология, нефтяной бассейн, месторождения, гравитационная аномалия

Для цитирования: Диоманде М., Абрамов В. Ю. Особенности строения месторождений нефти и газа на шельфе Кот д'Ивуара в геофизических полях // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 1 (84). С. 25–31. https://doi.org/10.54398/2077-6322_2022_1_25.

GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY
(GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

Features of the structure of oil and gas fields on the shelf
of Côte-d'Ivoire in geophysical fields

Diomande Mamadou^{1✉}, Vladimir Yu. Abramov²

^{1,2}Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

¹1042165137@pfur.ru✉, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-3531-1832>

²abramov_vyu@rudn.university, <https://orcid.org/0000-0002-5833-9037>

Annotation. The article displays information about the geological structure of the oil and gas fields of the Republic of Côte-d'Ivoire, which are summarized on the gravity and magnetic maps of the country's sedimentary basin. The relation between the deposit type and gravity and magnetic anomalies over the deposits is shown. Geophysical surveys, one of the first steps in the search for hydrocarbons, provide us with geological characteristics of deposits and blocks of the sedimentary basin of Côte-d'Ivoire, which gives a general idea of the possibilities of new discoveries. Considering the latest discovery this summer in the Ivory Coast sedimentary basin, which has significantly propelled the country into the ranks of oil and gas producers, this study is very important and provides accurate information to start hydrocarbon research in addition to basic information.

Keywords: Republic of Côte-d'Ivoire, geology, oil basin, deposits, gravity anomaly

For citation: Diomande M., Abramov V. Yu. Features of the structure of oil and gas fields on the shelf of Côte d'Ivoire in geophysical fields. *Geologiya, Geografiya i Globalnaya Energiya = Geology, Geography and Global Energy*. 2022;1(84):25–31. (In Russ.). https://doi.org/10.54398/2077-6322_2022_1_25.

Бассейн Кот д'Ивуар – один из самых перспективных на добычу нефти и газа в северной части Гвинейского залива. На шельфе бассейна открыт ряд нефтегазовых месторождений. Однако до сих пор степень разведанности и научной оценки особенностей нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции в осадочном чехле региона остается низкой. Кот-д'Ивуар расположен в центре западноафриканского кратона и подразделяется на два крупных геологических комплекса: кристаллический фундамент и осадочный бассейн.

Кристаллический фундамент принадлежит к хребту «Ман», который ограничен на севере Тауденским бассейном, на западе – цепочкой мауринид-скаллиллида, на востоке – мобильной зоной Центральной Африки и на юге Атлантическим океаном. [4]. Фундаментом занято 97,5 % территории Кот-д'Ивуара. Его можно разделить на две большие площади, разделенные разломом Сасандры, протягивающимся в направлении север-юг. В зависимости от возраста образований: различают:

– Археологический домен или домен Кеньима-Ман, структурированный в течение двух циклов Леона и Либерии. Литостратиграфия этого домена представляет собой образования железистого кварцита, пироксенита, гранитоидного типа с гранодиоритовым характером.

– Протерозойский домен или домен Баулэ-Мосси, структурированный во время эбурневского мегацикла. Эта область расположена на востоке разрывного нарушения Сасандра и составляет основной кристаллический метаморфический фундамент страны. Главным событием Ебурнеенского орогенеза (2000–1800 млн лет назад) является тектоно-метаморфическая активность, повлиявшая на эти образования. В литологическом плане различают бирримское образование и гранитоиды.

Бирримское образование представлено метасадочными породами (сланцы, кварциты, конгломераты), тесно связанными с метавулканитами (мета-риолитов, мета-дацитов, андезитов, базальтов, амфиболитов и т. д.), составляющими вулканосадочный комплекс и обломочные образования, заполняющие детритовые депозиты (сланец, граувакковый и аркозовый песчаник, аркозы и конгломераты с аркозовым цементом). Отложения грубообломочные, немного деформированные и локально метаморфизованные. Бирримские образования в плане представляют собой узкие полосы, ориентированные на север-северо-восток – юг-юго-запад.

Гранитоиды представлены:

– гранито-гнейсами, слагающими фундамент и состоит из множества гранитных пород, как правило, слоистых и мигматизированных по местоположению;

– гранитным массивом, характеризующий Ебурнеенскую область, состоящую из нескольких типов гранитных интрузий [3].

Осадочный бассейн.

Ивуарийский осадочный бассейн находится в Гвинейском заливе, который Кот-д'Ивуар делится с Ганой, Того, Бенином и Нигерией.

Провинция Гвинейского залива включает в себя Кот-д'Ивуар, Тано, Салтпард, Центральный, Кета и Бенин. Эти бассейны имеют общие структурные и стратиграфические характеристики, поскольку они содержат породы в возрасте от ордовика до голоцена [3]; поэтому были объединены в одну провинцию. Восточная граница – это провинция дельты Нигера [4], а западная граница – западноафриканская прибрежная провинция.

Осадочный бассейн Кот-д'Ивуара является пассивным, расположенным в западной части Гвинейского залива. Он пересекает два региональных разлома Сан-Пауло и Романш, которые в значительной степени обусловили современную морфологию дна океана на этом участке. Осадочный бассейн Кот-д'Ивуара состоит из двух частей: континентальный сектор и морской сектор. Континентальный сектор простирается на 360 км от Сасандра на западе до Ивуаро-Ганской границы на востоке с максимальной шириной 35 км. Осадочный бассейн Кот-д'Ивуара имеет раннее преимущественно четвертичное заложение.

Формирование осадочного бассейна.

Осадочный бассейн, видимая часть которого образует узкий полумесяц, расположен к югу и простирается на запад на 360 км от региона Фреско Сасандра до города Ахим в Гане. Охватывает 2,4 % территории. Эта часть (суша) бассейна сужается к западу и составляет 35 км до Абиджана. Его общая площадь около 7 тыс. или 30 тыс. км², включая офшорные территории. Она также представляет собой западную часть Ебурнеонигерийского массива, образованного в результате открытия Атлантики [4]. Осадочный береговой бассейн Кот д'Ивуар четко делится на два сектора - окраину Сан Педро на западе, характеризующуюся узким шельфом и тонким осадочным покровом, и окраину Абиджан на востоке, занимающую более половины береговой линии и обладающую мощным осадочным покровом (свыше 10000 м). Различие секторов обусловлено их положением относительно двух основных разломных зон Сан-Пауло и Лагун, соответственно.

Формации осадочного бассейна с фундамента до четвертичного периода. Тем не менее, только образования третичной и четвертичной выходят на поверхность. Породы фундамента не были идентифицированы с уверенностью в бассейне Кот-д'Ивуара, но есть породы нижней и средней юры, состоящие из толстых слоев конгломерата и песчаника, осажженных в континентальной зоне, что были истолкованы как более старые.

Третичные пески (Мио-плиоцена):

– третичные пески распространяются полосой от 20 до 30 км в ширину параллельно берегу, образуя плато с видом на лагуны от 30 до 40 м. Эти пески имеют важное значение в геологии и почвоведении, вблизи побережья распространены площади лесов;

– четвертичные пески: морские четвертичные пески представляют собой полосу береговой линии. Эта береговая полоса более или менее развитая (от 0,1 до 8 км) и отделена от третичных песков через лагунные системы или связана с ней через болотистые равнины;

– современный аллювий: старый и молодой аллювий рек характеризуются высокой переменной текстурой, от компактных пластичных глин до крупнозернистых гравийных песков.

Осадочный бассейн Кот-д'Ивуара пересекается с разломом Восток-Запад, также известным как лагуна. Он имеет южный сброс до 5 тыс. м и линию, проходящую с запада на восток, проходящую через Гран-Лаху, Акунугбе и Аллангуану в Гане.

В Кот-д'Ивуаре были обнаружены от среднего до нижнего уровня альбские источники, подверженные воздействию газа. Эти исходные породы являются частью последовательности, состоящей из 5 тыс. м нижнего мелового континентального моря к береговым породам, осажженным в грабенах в бассейне Кот-д'Ивуара.

Аноксические океанические условия, характерные для мелового времени во всем мире, также затронули Гвинейский залив во время верхнемелового периода (апт-сеномана), что привело к осаждению осадков, образующих горизонты в основном сложенные известняками, песчано-глинистыми и глинистыми сланцами, которые являются нефтегазоматеринскими породами, породами коллекторами и флюидоупорами в бассейне Кот-д'Ивуар. Это отложения представляют собой первую морскую трансгрессию в Гвинейском заливе, сопровождавшуюся снижением скорости погружения провинции. В туронский период продолжались аноксические условия. Образцы, проанализированные на глубоководных буровых площадках как на севере, так и на юге от Гвинейского залива, показывают, что эти исходные породы верхнего мела содержат более 10 мас. % органического вещества, состоящего из керогена типа I и являются нефтемаеринскими [4].

На карте гравитационных и магнитных аномалий, построенных Диоманде Мамаду по данным, собранным во время учебных практик, отрицательные гравитационные аномалии и положительные магнитные аномалии совмещены с контурами месторождений нефти и газа. Отчётливо видно, что площади месторождений совпадают с областями распространения отрицательной гравитационной аномалии, имеющей линейную форму, втянутую вдоль берега и вдоль направления трансформного регионального разлома. Совпадение соответствующих аномалий над месторождениями нефти объяснял ещё И. М. Губкин. В дальнейшем это нашло продолжение в ряде других работ.

Аномалии силы тяжести в этих полях составляют величину от -10 до -30 мГ для нефтяных месторождений и от 0 до $+20$ для газовых месторождений за исключением газового месторождения «Газель» (лицензионный блок СИ-202), которое приурочено к моноклиальной структуре и локальной области гравитационной аномалии с величиной -40 мГ. Это говорит о том, что месторождения нефти и газа находятся на местах резкого изменения гравитационных аномалий [1–2]. Основными нефтегазоматеринскими породами бассейна Кот-д'Ивуар служат озерные сланцы альбского и туронского возраста и часть верхнемеловых морских глин, которые слагают месторождения Баобаб, Юбилей, Одум, Твенебоа.

– Месторождение Ваобаб с запасами 150–200 млн баррелей нефти (блок СИ-40) приурочено к структурно-стратиграфической экранированной ловушке с поверхностью несогласия. Месторождение Ваобаб расположено на блоке СИ-40 и примерно в 25 км от берега Кот-д'Ивуара, оцененные запасы в 700 млн и извлекаемые запасы в 200 млн баррелей нефти. Открыто месторождение скважиной Ваобаб 1X пробуренной в марте 2001 г. Скважина пробурена на глубину 3074 м, при глубине воды 1 484 м. В 2002 г. была пробурена скважина Ваобаб 2X до общей глубины 2880 м, при глубине воды 1540 м. По оценкам специалистов оно может производить примерно 6 700 баррелей в день. Правом на разработку данного месторождения владеют:

CNR – 57,6 % (оператор);

Svenska – 27,4 %;

Petroci – 15 %.

– Месторождение *Esroig* с запасами 120 млн баррелей нефти находится на блоке CI-26, примерно в 19 км к югу от г. Жаквиля и примерно в 60 км к юго-западу от г. Абиджана. Оно было обнаружено в 1982 г. На лубине воды кот 100 м до 600 м. Извлекаемые запасы нефти месторождения *Esroig* оцениваются в 93 млн баррелей нефти и 180 млрд кубических футов природного газа. По оценкам специалистов запасы оцениваются примерно 28 тыс. баррелей в сутки. Правом на разработку данного месторождения владеют:

CNR – 58,67 % (оператор);

Tullow – 21,30 %;

Petroci – 20 %.

Гравитационная аномалия: –30 мГ.

– Месторождение *Asajou* с запасами 25 млн баррелей нефти расположено на блоке CI-26 и приурочено к структурной ловушке с поверхностью несогласия. По лицензии CI-26 скважина была пробурена на структуре Акаджу Юг примерно в 24 км от побережья Кот-д’Ивуара на глубине 3050 футов (929,64 м). Месторождение расположено примерно в 9 км от объектов *Esroig*. Скважина *Asajou-1X* управлялась компанией «Канадский природный ресурс» («CNR») с использованием установки *Sovereign Explorer*. Она достигла общей глубины 2 447 м и столкнулась с нефтяной колонной более 76,2 м. Был измерен интервал песка в 13,72 м в верхней части нефтяной колонны со средней скоростью 3500 баррелей нефти. Нефть по API 33° хорошего качества, аналогична нефти месторождения *Esroig*. Правом на разработку данного месторождения владеют:

CNR – 58,67 % (оператор);

Tullow – 21,30 %;

Petroci – 20 %.

Гравитационная аномалия: –30 мГ.

– Месторождение *Lion* с запасами 45 млн. баррелей нефти открыто на блоке CI-11. Блок CI-11 расположен примерно в 13 км от берега и в 89 км от Абиджана на глубинах от 45 м до 280 м.

Запас оценивается в 1230 баррелей в сутки; Правом на разработку данного месторождения владеют:

Afren 47,96 % (оператор);

Petroci – 20,14 %;

IFC – 18,94 %;

SK Energy – 12,96 %.

Гравитационная аномалия: –20 мГ.

– Месторождение *Panthere*: запасы оценены в 420 млрд куб. футов расположено на блоке CI-11. Блок CI-11 расположен примерно в 13 км от берега и в 89 км от Абиджана на глубинах от 45 до 280 м. Производственные месторождения *Lion* и *Panthere* были обнаружены Филлипсом в 1980-х годах.

Гравитационная аномалия: –20 мГ.

– Месторождение *Foxtrot* с запасами 940 млрд. куб. футов открыто в оффшорном блоке CI-27. Является крупнейшим добывающим месторождением природного газа в Кот-д’Ивуаре на блоке CI-27. Правом на разработку данного месторождения владеют:

Foxtrot International – 24 % (оператор);

Petroci – 40 %;

SECI – 24 %;

Gaz de France – 12 %.

Гравитационная аномалия: –10мГ.

– Месторождение *Belier* с запасми 20 млн баррелей нефти (блок CI-24) открыто компанией *Exxon* в 1974 г. Месторождение *Bélier* не эксплуатировалось до 1980 г. из-за технических трудностей. В 1981 г. объем производства достиг 10 тыс. баррелей в сутки, а затем к 1986 г. упал до 6 тыс. баррелей в сутки, несмотря на инвестиции *Exxon* в размере 50 млн долларов США на программу закачки воды для поддержания производительности скважин и продления срока эксплуатации месторождения. Сейчас эта программа не проводится (рис. 1).

Гравитационная аномалия: –30 мГ.



Рис. 1. Месторождения бассейна Кот д'Ивуар

– Месторождения Kudu с запасами 207 млрд куб. футов, Eland с запасами 95 млрд куб. футов, Ibeх с запасами 77 млрд куб. футов открыты в блоке CI-01. Блок CI-01 был награжден United Meridian Corporation в 1994 г. и расположен на шельфе в самой восточной части Кот-д'Ивуара, прилегающей к международной границе с Ганой. Он простирается от береговой линии до глубины 1900 м и находится в 52 км от Абиджана. До настоящего времени на блоке были пробурены 16 скважин, в конце 1970-х и середине 1980-х гг. компаниями Esso и Agip, 10 из которых дали притоки с нефтью и газом. Правом на разработку данного месторождения владеют:

Afren – 65 % (оператор);

Petroci – 20 %;

SK Energy Co Ltd – 15 %.

Гравитационная аномалия: –10 мГ.

– В блоке CI-103 приобретение 600 км² новых 3D завершено в конце 2007 г. Потенциальные ресурсы оцениваются в 230 млн баррелей в сутки. Однако операции приостанавливаются после объявления форс-мажорных обстоятельств по блоку с февраля 2011 г. Партнерами в блоке являются:

Tullow Oil – 45 % (оператор);

Анадарко – 40 %;

Petroci Holdings – 15 %.

Гравитационная аномалия: –10 мГ.

– CI-401 и CI-101. Блоки CI-101 и CI-401 расположены на континентальном шельфе Республики Кот-д'Ивуар в глубоководной зоне Гвинейского залива. В 2007 г. на блоках было выполнено в общей сложности 1100 км² 3D сейсмических исследований. В апреле 2010 г. консорциум пробурил свою первую разведочную скважину Orga-1x-bis на блоке CI-401. Блок CI-401 занимает площадь около 929 км². Скважина пробурена на тонкие продуктивные песчаники.

Партнерами в блоке являются:

Группа «ЛУКОЙЛ» – 56,66 % (оператор);

Petroci Holdings – 15 %;

Vanco Energy – 28,34 %.

Гравитационная аномалия: –10 мГ.

– CI-100 : Блок CI-100 расположен примерно в 100 км к юго-востоку от Абиджана на глубинах от 1500 до 3100 м и занимает площадь около 2000 км². Геологоразведочные работы включают в себя трехмерную сейсморазведку на 1000 км², которая в 2012 г. завершит покрытие блока и первое бурение. CI-100 расположен непосредственно к западу от площади, проведенной Даной в Гане, где компания открыла нефть в марте 2000 г. Партнеры в блоке:

Итого – 60 % (оператор);

Petroci – 15 %;

Yams Petroleum – 25 %.

Гравитационная аномалия: –10 мГ [5–12].

С учетом региональной геологии Кот-д'Ивуар считается больше рудной провинцией, чем нефтяной. Действительно, страна почти полностью занята рудоносными породами. Осадочные породы, способные генерировать нефть и вмещать ее, занимают слишком узкую прибрежную зону для того, чтобы определить достаточный резерв для привлечения иностранных компаний. Однако, это дает возможность более мелким и средним предприятиям инвестировать без вмешательства со стороны крупных международных фирм. После первых исследований страна представляла небольшой интерес для нефтяных организаций. Перспективы нефтегазоносности Кот-д'Ивуар до сих пор мало изучены, однако страна сохраняет шансы быть нефтеэкспортирующей, учитывая запасы нефтегазовых месторождений Gazelle, Ibaix, Kudu, Eland и Foxtrot и др.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Список источников

1. Атсе Я. Д. Б. Нефтегазоносность бассейна Кот-д'Ивуар и оценка потенциала материнских пород // Нефтегазовые технологии и новые материалы (Проблемы и решения). Вып. 5(10). Уфа : Монография, 2016. № 5. С. 128–136.
2. Васильев В. И. и др. Особенности технологии геохимических исследований при комплексировании с геофизическими методами при нефтегазопроисковых работах в Восточной Сибири // Геология, геофизика и минеральное сырьё Сибири. Материалы 1-й науч.-практ. конф. Новосибирск : СНИИГГиМС, 2014. Т. 2. С. 6–9.
3. Karim Allek Abderrahmane Bouguern Mohamed Hamoudi Spatial association analysis between hydrocarbon fields and sedimentary residual magnetic anomalies using Weights of Evidence: An example from the Triassic Province of Algeria. *Journal of Applied Geophysics*. Vol. 135, December 2016. Pp. 100–110.
4. Michael E. Brownfield and Ronald R. Charpentier, *Geology and Total Petroleum Systems of the Gulf of Guinea Province of West Africa* Geology, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2006. Pp. 2–16.
5. Energy-pedia news. URL : <https://www.energy-pedia.com/news/cote-divoire/new-161991>.
6. URL: <https://www.energy-pedia.com/news/cote-divoire/ophir-energy-spuds-ayam%C3%A9--1x-exploration-well--offshore-cote-d%E2%80%99ivoire-170581>.
7. Offshore energy today.com. URL: <http://www.offshoreenergytoday.com/ophir-enters-african-petroleums-ivory-coast-block>.
8. URL: <http://www.offshoreenergytoday.com/pgs-starts-seismic-survey-offshore-cote-divoire/>.
9. Offshore technology.com. URL: <http://www.offshore-technology.com/projects/gazelle-field/gazelle-field3.html>.
10. IMRA. URL: <http://www.imra-group.com/about-us/major-projects/fpso-baobab-ivoirien-mv-10>.
11. Oil and Gas – Mergers and Acquisition Review. URL: <http://mergersandacquisitionreview.com.blogspot.ru/2011/05/cote-divoire-oil-and-gas-discoveries.html>.
12. Trading economics. URL: <http://www.tradingeconomics.com/ivory-coast/crude-oil-production>.

References

1. Atse Ya. D. B. Oil and gas potential of the Ivory Coast basin and assessment of the potential of parent rocks // Collection of scientific papers "Oil and gas technologies and new materials (Problems and solutions)". Iss. 5(10) Ufa: LLC «Publishing House of scientific and technical literature "Monograph"». 2016;(5):128-136. (In Russ.).
2. Vasiliev V. I. et al. Features of the technology of geochemical research when integrating with geophysical methods during oil and gas exploration in Eastern Siberia. *Geologiya, geofizika i mineralnoe syre Sibiri. Materialy 1-y nauchno-prakticheskoy konferentsii = Geology, geophysics and mineral raw materials of Siberia. Materials of the 1st scientific-practical conference*. Vol. 2. Novosibirsk: SNIIGGiMS, 2014:6-9 (In Russ.).
3. Karim Allek Abderrahmane Bouguern Mohamed Hamoudi Spatial association analysis between hydrocarbon fields and sedimentary residual magnetic anomalies using Weights of Evidence: An example from the Triassic Province of Algeria. *Zhurnal prikladnoy geofiziki = Journal of Applied Geophysics*, Vol. 135, December 2016:100-110. (In English).
4. Michael E. Brownfield and Ronald R. Charpentier, *Geology and Total Petroleum Systems of the Gulf of Guinea Province of West Africa* Geology, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2006:2-16. (In English).
5. Energy-pedia news. URL : <https://www.energy-pedia.com/news/cote-divoire/new-161991>.
6. URL: <https://www.energy-pedia.com/news/cote-divoire/ophir-energy-spuds-ayam%C3%A9--1x-exploration-well--offshore-cote-d%E2%80%99ivoire-170581>.
7. Offshore energy today.com. URL: <http://www.offshoreenergytoday.com/ophir-enters-african-petroleums-ivory-coast-block>.
8. URL: <http://www.offshoreenergytoday.com/pgs-starts-seismic-survey-offshore-cote-divoire/>.

9. Offshore technology.com. URL: <http://www.offshore-technology.com/projects/gazelle-field/gazelle-field3.html>.
10. IMRA URL: <http://www.imra-group.com/about-us/major-projects/fpso-baobab-ivoirien-mv-10>.
11. Oil and Gas – Mergers and Acquisition Review. URL: <http://mergersandacquisitionreviewcom.blogspot.ru/2011/05/cote-divoire-oil-and-gas-discoveries.html>.
12. Trading economics. URL: <http://www.tradingeconomics.com/ivory-coast/crude-oil-production>.

Информация об авторах

В. Ю. Абрамов – кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Мамаду Диоманде – аспирант, стажер.

Information about the authors

V. Yu. Abramov – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Associate Professor;
Diomande Mamadou – PhD student, interne as assistant professor.

Статья поступила в редакцию 27.12.2021; одобрена после рецензирования 09.02.2022; принята к публикации 22.02.2022.

The article was submitted 27.12.2021; approved after reviewing 09.02.2022; accepted for publication 22.02.2022.