

УДК 553.492.1 + 551.432.88

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА ЗАПАДНОЙ АФРИКИ

© 2020 г. В. И. Мамедов¹, В. А. Зайцев¹, М. А. Макарова^{1,2,*}, В. С. Пашков²

Представлено академиком РАН Д.Ю. Пушаровским 03.02.2020 г.

Поступило 12.01.2020 г.

После доработки 18.02.2020 г.

Принято к публикации 22.02.2020 г.

Детальное картирование и поисково-разведочное бурение на бокситы на территории плато Фута Джалон и гор Мандинго и обобщение данных о последовательности, литологическом составе, фациях и возрасте мезозойско-кайнозойских отложений в краевой части Сенегало-Гвинейской периферической впадины позволили провести геолого-геоморфологическую корреляцию и существенно уточнить схему геоморфологического развития территории Западной Африки и построить карту выровненных поверхностей. Впервые доказано, что в среднем миоцене произошла инверсия базиса эрозии, подъем которого обусловил смену палеогеографических условий с накоплением по всему региону (а не локально) континентальных водноосадочных (аллювиальных и озерных) отложений серии Сангареди, и последующее образование высококачественных бокситов с повышенным содержанием бемита. Эти бокситы впервые использованы как возрастной репер при картировании средне-позднемиоценовой ступенчатой выровненной поверхности.

Ключевые слова: возраст, геоморфологическое развитие, Сенегало-Гвинейская периферическая впадина, выровненная поверхность, Западная Африка, латеритные коры выветривания, бокситы, планация

DOI: 10.31857/S2686739720040118

Общеизвестно, что одним из факторов, контролирующих образование и сохранность бокситоносных латеритных кор выветривания, является геоморфологический. Как видно на карте геоморфологического районирования западной части Гвинейского плоскогорья (рис. 1), самая крупная в мире бокситоносная провинция Фута Джалон-Мандинго (ФДМ) [1] расположена в пределах плато Фута Джалон (запад и центр) и гор Мандинго (восток). Месторождения бокситов в пределах провинции приурочены, как правило, к плоским, плоскоступенчатым и пологоволнистым участкам рельефа на разновысотных водораздельных пространствах и останцовых возвышенностях, получивших местное название боваль. Вершины и пологие склоны бовалей являются фрагментами выровненных поверхностей разновозрастных геоморфологических урвней.

Дискуссионным является возраст этих поверхностей, так как в их пределах нет надежно фаунистически или палинологически датированных отложений.

Традиционная для данной территории схема геоморфологического развития была разработана во второй половине прошлого столетия и связана с именами П. Мишеля [2], М. Ламота и Г. Ружери [3], Ю.П. Селиверстова [4]. Они, так же как Л. Кинг [5] для Центральной и Южной Африки, относят самые высокие поверхности к гондванскому и постгондванскому уровням. Схема П. Мишеля с некоторыми уточнениями Я. Гуннеля [6] принята большинством исследователей. По Х. Зегерсу и Ж.-К. Лепрану [7] существовала только одна Африканская поверхность с бокситами, деформированная на различные высоты, а на пониженных ее участках бокситы заместились железистыми латеритами. Д. Шардон с коллегами [8] считал, что верхние поверхности – Гондванская, Постгондванская и Африканская по П. Мишелю – с бокситоносными латеритными покровами имеют меловой возраст. Низкие участки поверхности типа месторождения Сангареди на западе или бовалей восточнее и западнее Бамако относятся к Африканской (эоценовой) поверхности, а бокситы на них являются переот-

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: frolikovam@gmail.com

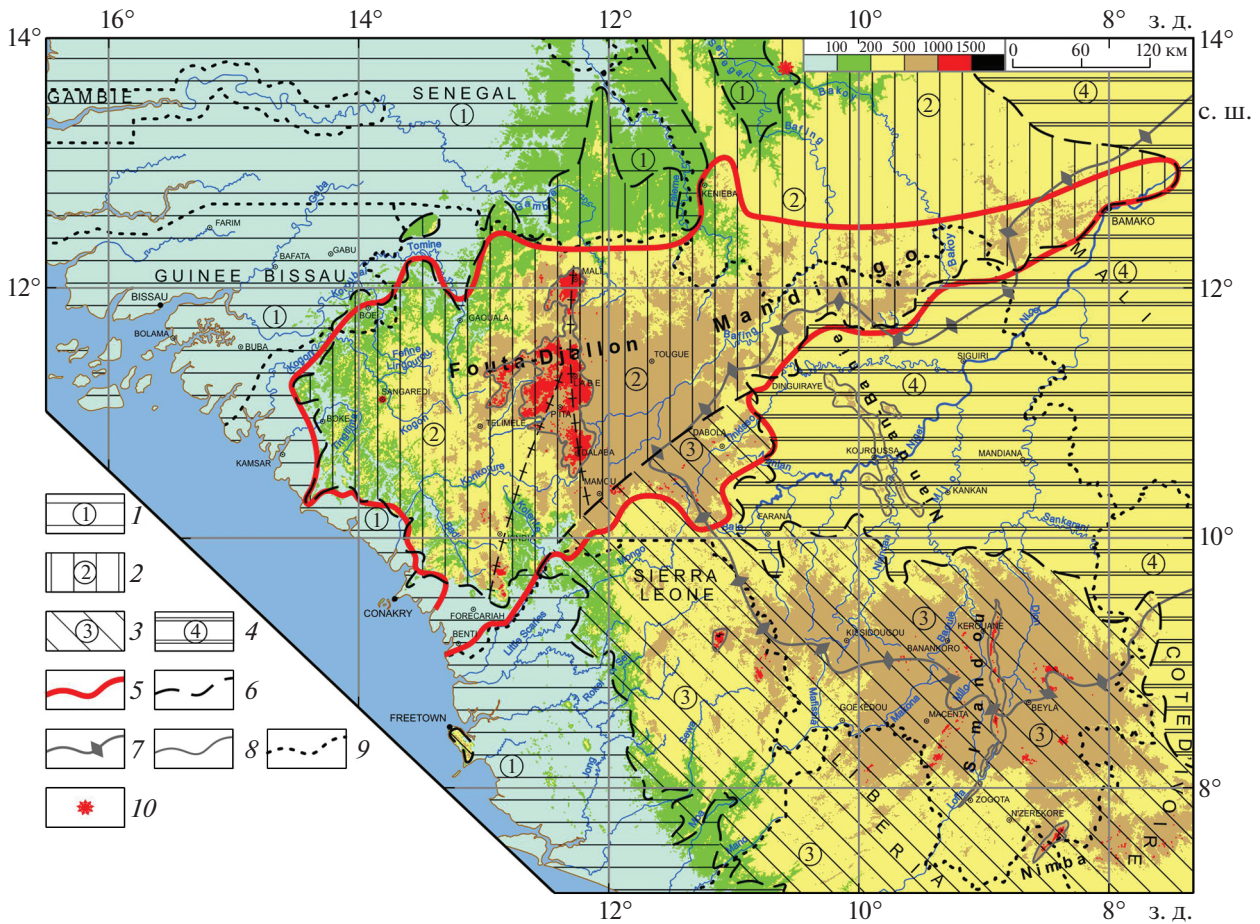


Рис. 1. Геоморфологическое районирование территории провинции Фута Джалон-Мандинго и ее обрамления. 1–4 геоморфологические районы: 1 – Приморская равнина; 2 – плато Фута Джалон-Мандинго; 3 – Гвинейская возвышенность; 4 – Межгорная равнина; 5–8 контуры: 5 – бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго; 6 – геоморфологических районов; 7 – водораздела рек, впадающих в Атлантический океан и в р. Нигер; 8 – возвышенностей; 9 – границы государств региона; 10 – месторождение Ньяколенесирая.

ложенными с верхних меловых уровней. Позже К. Берк и Я. Гуннель [9] предложили объединить три верхних уровня П. Мишеля в единую сложную Африканскую поверхность, на которой образовались бокситы в период 70–40 млн лет (с маастрихта до среднего эоцена). Существует точка зрения, что педименты и педилены южнее Сахары с бокситами и латеритами имеют неогеновый возраст [5]. Определения абсолютного возраста ($^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$) марганцовистых минералов дали в Буркина Фасо значения на поверхности 59–45 млн лет, то есть эоцен [10]. Тем же методом на Юге Африки в Катанге окислы марганца в коре выветривания по марганцовистым карбонатным породам датированы в 10.9–2.6 млн лет [11].

Обобщения данных о последовательности, литологическом составе, фациях и возрасте мезозойско-кайнозойских отложений в краевой части Сенегало-Гвинейской периокеанической впадины [1, 12, 13], а также детальное картирование и

широкий фронт поисково-разведочного бурения на бокситы на соседней территории плато Фута Джалон, позволили провести геолого-геоморфологическую корреляцию и существенно уточнить схему геоморфологического развития ФДМ.

На континентальной части Гвинеи Бисау наименее удаленные от отрогов плато Фута Джалон (в 150 км к западу) отложения нижнего и верхнего (до маастрихта) мела подсечены скважиной CF-1 (рис. 2).

За достаточно длительный период с апта по кампан, 50 млн лет, по смене осадков в краевой части впадины можно говорить о двух-трех циклах относительной геодинамической стабилизации, которые сменялись активизацией размыва с накоплением песков и алевритисто-глинистых отложений.

В маастрихте морской бассейн распространился на восток, и в это же время происходит подъем Фута Джалона и активный размыв интен-

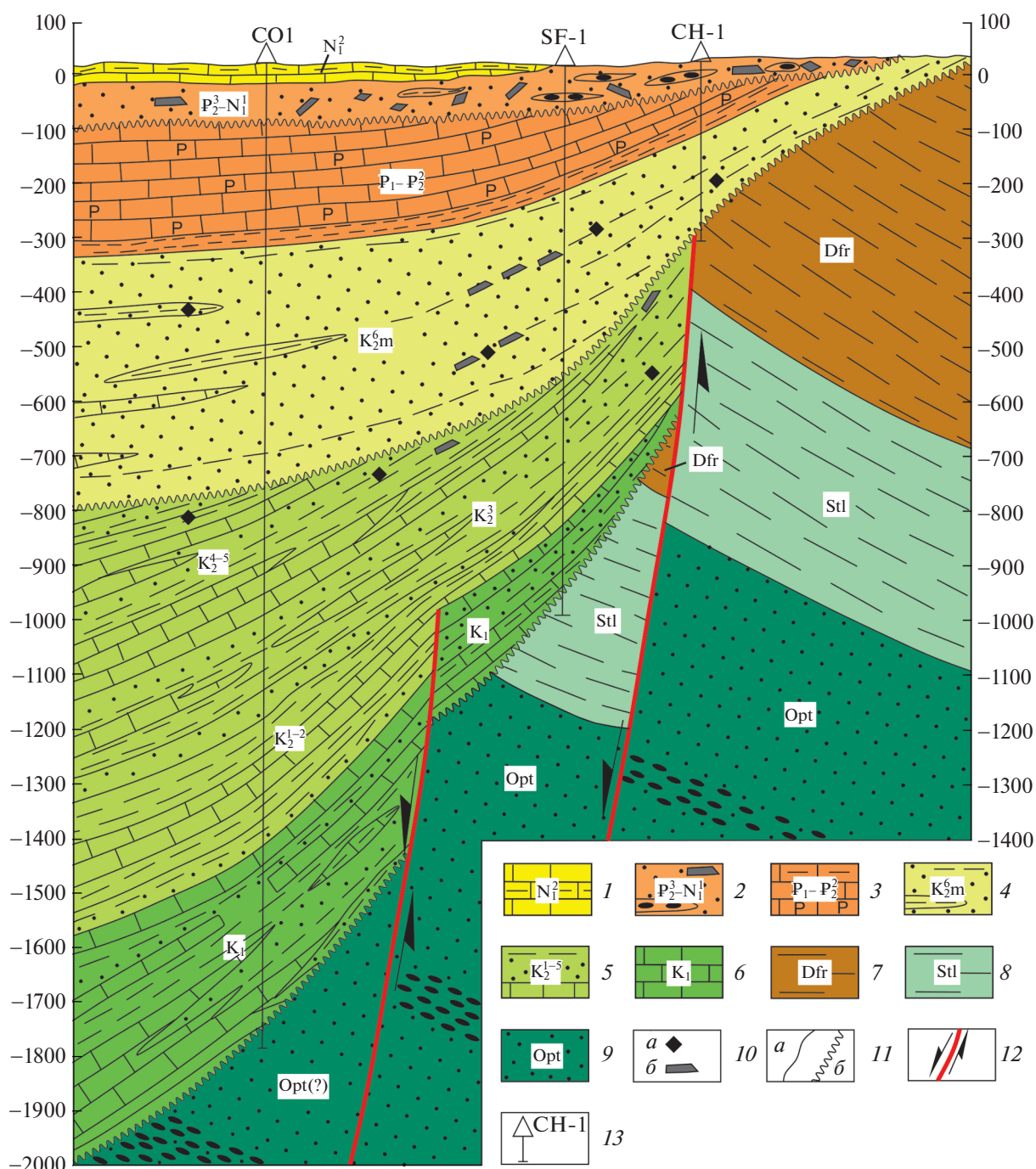


Рис. 2. Геологический разрез через восточную часть Сенегало-Гвинейской периокеанической впадины (Гвинея–Бисау): 1 – отложения среднего миоцена: известняки со слабой фосфатной минерализацией, мергели, глины; 2 – отложения олигоцен-нижнемиоценовые: пески кварцевые с обломками обугленной древесины, линзами латеритного гравия и глин; 3 – отложения палеоцена-среднего эоцена: известняки с фосфатной минерализацией, мергели, глины; 4 – отложения маастрихта: пески кварцевые с прослоями глин, лигнитов; 5 – отложения верхнего мела (домастрихско-го): пестрое переслаивание глин, песчаных глин, известняков, песчаников с карбонатным цементом, песков; в восточной части больше песчанно-глинистых отложений, в западной – карбонатных; 6 – отложения нижнего мела: переслаивание песчанно-глинистых и карбонатных отложений; на западе больше известняков; 7 – отложения девона (свита Фаро): мелкозернистые песчаники внизу и алевро-аргиллиты вверх; 8 – отложения силура (свита Телимеле): алевро-аргиллиты, аргиллиты (так называемые граптолитовые сланцы); 9 – отложения ордовика (свита Пита): разнозернистые кварцевые песчаники с прослоями кварцевых гравелитов и конгломератов; 10 – включения: а) сингенетического пирита или марказита, б) линз лигнита; 11 – разломы; 12 – границы геологические: а) согласные, б) с размывом; 13 – глубокие скважины и их номера.

сивно выветрелых пород — в составе отложений маастрихта преобладают кварцевые пески. С палеоцена по средний эоцен накапливается довольно мощная пачка карбонатных пород — известняков с фосфатной минерализацией и мергелей. На сопряженной суше процессы размыва и выноса материала в акваторию затухают. На фоне подъема базиса эрозии продукты переотложения с топографически выше залегающих кор выветривания должны были накапливаться, заполняя долины и перекрывая низкие ступени маастрихтского рельефа, образуя аккумулятивные поверхности. В результате продолжающегося отступания склонов и аккумуляции к концу среднего эоцена сформировалась Африканская наиболее выравненная поверхность.

С позднего эоцена наступает неотектонический этап подъема, его первая фаза, которая продолжается до конца раннего миоцена и которой соответствует снова (как и в маастрихте) накопление толщи кварцевых песков с обломками обугленной древесины и с линзами латеритного гравия. На плато Фута Джалон и Мандинго происходит расчленение Африканской поверхности и ступенчатый врез, образующий лестницу педипленов промежуточного рельефа.

В среднем миоцене обстановка контрастно меняется на стабилизацию с накоплением во впадине снова известняков и мергелей, а внутри Фута Джалона происходит подъем базиса эрозии. Материал из разрушаемых латеритных кор выветривания заполнял долины, а затем и низкие водораздельные пространства. Среднемиоценовые водноосадочные аллювиальные и аллювиально-озерные отложения частично сохранились к настоящему времени и выделены в серию Сангареди [4, 14]. В процессе детального картирования на северо-западе провинции ФДМ было выявлено более 190 тел и залежей этих отложений, которые благодаря латеритизации превращены в высококачественные бокситы. Литологические типы этих бокситов отражают пестрый первичный литологический состав отложений серии Сангареди от галечников и гравийников до песчаных илов и глин.

Этими континентальными отложениями была сложена аккумулятивная равнина, прилегающая к склонам досреднемиоценового рельефа плато Фута Джалона и гор Мандинго.

К концу среднего миоцена снова (как и к концу среднего эоцена) произошло формирование обширной выравненной поверхности сложного эрозионно-денудационного и аккумулятивного генезиса.

Начавшийся в позднем миоцене подъем территории привел к расчленению и размыву аккумулятивной равнины с опусканием уровня грунтовых вод и выводом отложений серии Сангареди

в зону латеритной бокситизации. По глинам серии Сангареди и по обеленым подстилающим коренным породам образовались гелеморфные афанитовые и оолитовые бокситы, отличающиеся очень высоким качеством (Al_2O_3 55–65 до 70%) и повышенным содержанием бёмита. Эти крепкие породы лучше сохранились, чем бокситизированные отложения серии Сангареди.

В классических латеритных корях выветривания данной провинции повышенного содержания бёмита и наличия гелеморфных и оолитовых бокситов не фиксировалось. Они встречаются только в связи с латеритизацией обеленных отложений серии Сангареди или с совместно латеритизированными подстилающими породами. Этот минералого-петрографический и геохимический признак пород коры выветривания был использован при составлении первой карты выравненных поверхностей региона (рис. 3).

Белые гелеморфные бокситы с повышенным содержанием бёмита известны не только в районе месторождения Сангареди на западе ФДМ, но и в приосевой возвышенной части Фута Джалона (на высотах до 1150–1200 м) и на восточном его склоне (на высотах 800–950 м) и еще восточнее на плато Мандинго вплоть до бовалей с отметками 450–550 м района Восточное Бамако. Это однозначно свидетельствует о едином геоморфологическом уровне, где были распространены отложения серии Сангареди и связанные пространственно и генетически с ними белые гелеморфные бокситы.

Следует считать доказанным, что в постсреднемиоценовое время произошли существенные дифференцированные дислокации рельефа. За последние десятилетия многие исследователи ([9, 15] и др.) указывают на наиболее активные деформации именно в период 12–10...2–3 млн лет, то есть в постсреднемиоценовое время, и связывают их с длинноволновыми деформациями и конвективными движениями в подкоровом и мантийном веществе.

По оси поднятия Фута Джалона высотные отметки достигают 1538 м. Средне-позднемиоценовый рельеф здесь находится на абсолютных отметках до 1150–1200 м. Выше остаются менее 400 метров, в которые можно вложить только рельеф позднеэоценового-олигоценового возраста, а также Африканской поверхности.

Не только гондванская поверхность, но и постгондванский рельеф вряд ли могли сохраниться до нашего времени. Из собственных расчетов и анализа данных других исследователей скорость планации — плоскостной денудации составляет не менее 5 м/млн лет. Соответственно, за почти 150 млн лет с момента формирования Гондванской поверхности [5] планацией срезано мини-

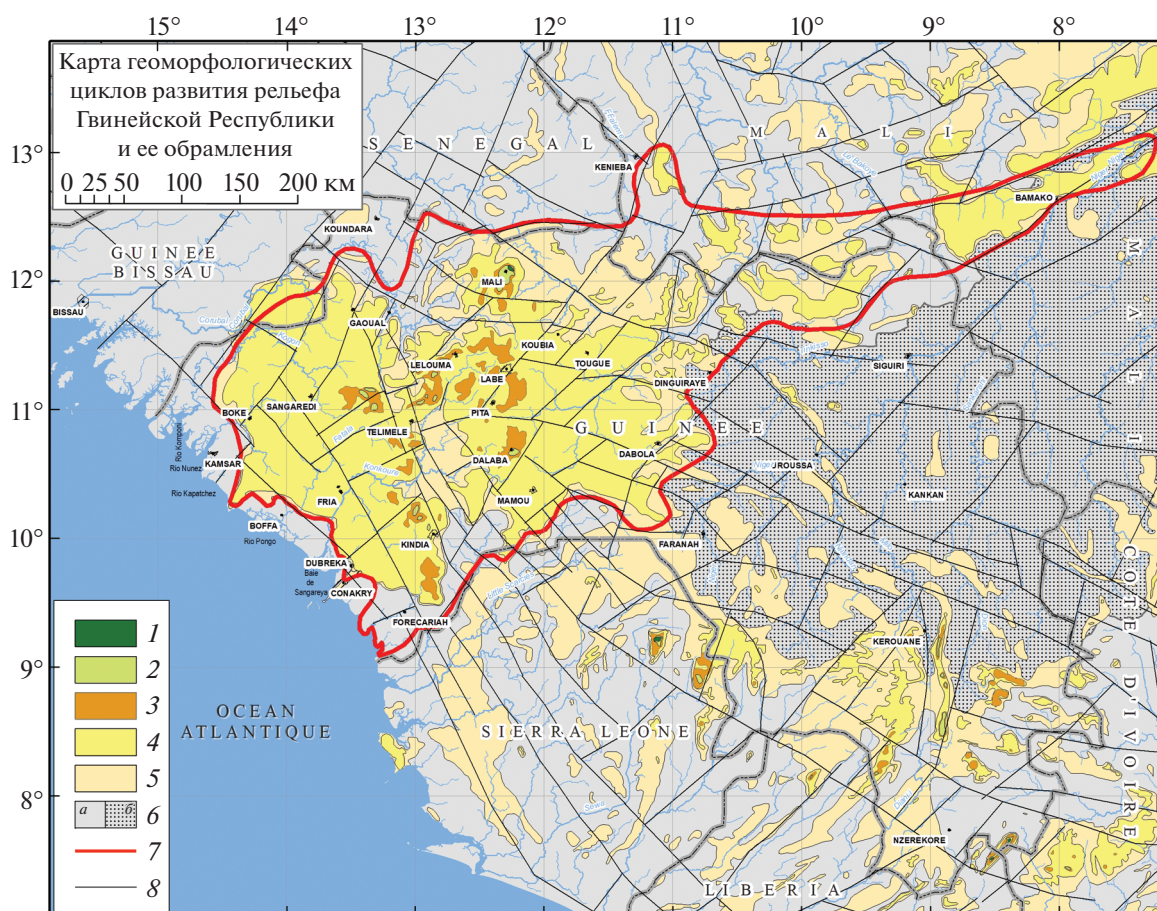


Рис. 3. Карта геоморфологических циклов развития рельефа Гвинейской Республики и ее обрамления: 1–6 – площади с сохранившимися фрагментами господствующих в рельефе выровненных поверхностей различного возраста: 1 – позднемиоценового (до маастрихтского), 2 – маастрихт-среднеэоценового (африканская поверхность), 3 – позднеэоцено-раннемиоценового (промежуточный рельеф или первой фазы неотектонического этапа), 4 – средне-позднемиоценового (главная бокситоносная поверхность), 5 – плиоцен-раннеплейстоценового (педестальный уровень), 6 – средне-плейстоцен-голоценового (а – на Приморской и б – на Межгорной равнинах); 7 – контур бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго; 8 – линеаменты.

мум 750 м, а с момента Постгондванской – не менее 500 м.

Древний рельеф существовал в соответствии с Гондванским и Постгондванским геоморфологическими циклами, но к настоящему времени он никак не мог сохраниться. К аналогичному выводу для Центральной и Южной Африки пришел Ф. Гайоши с коллегами [15].

В уточненной нами схеме геоморфологического развития (рис. 4) останцы над Африканской поверхностью отнесены к остаткам позднемиоценового (предмаастрихтского) рельефа, чтобы отдать должное идее поступательного циклического геоморфологического развития региона.

В заключении выделим принципиально новые подходы и полученные результаты существенно-го уточнения геоморфологического развития региона ФДМ.

Впервые доказано, что в среднем миоцене произошла инверсия базиса эрозии, смена палеогеографических условий с накоплением по всему региону (а не локально) континентальных аллювиальных и озерных отложений серии Сангареди. Латеритизация переотложенного субстрата и обеленных коренных пород ложа привели к образованию белых очень высококачественных с повышенным содержанием бёмита бокситов. Эти бокситы впервые использованы как возрастной репер при картировании средне-позднемиоценовой выровненной поверхности.

Впервые расчетами и геоморфологическим построением доказано, что в пределах осевой части поднятия Фута Джалон не мог сохраниться древний Гондванский и Постгондванский рельеф,

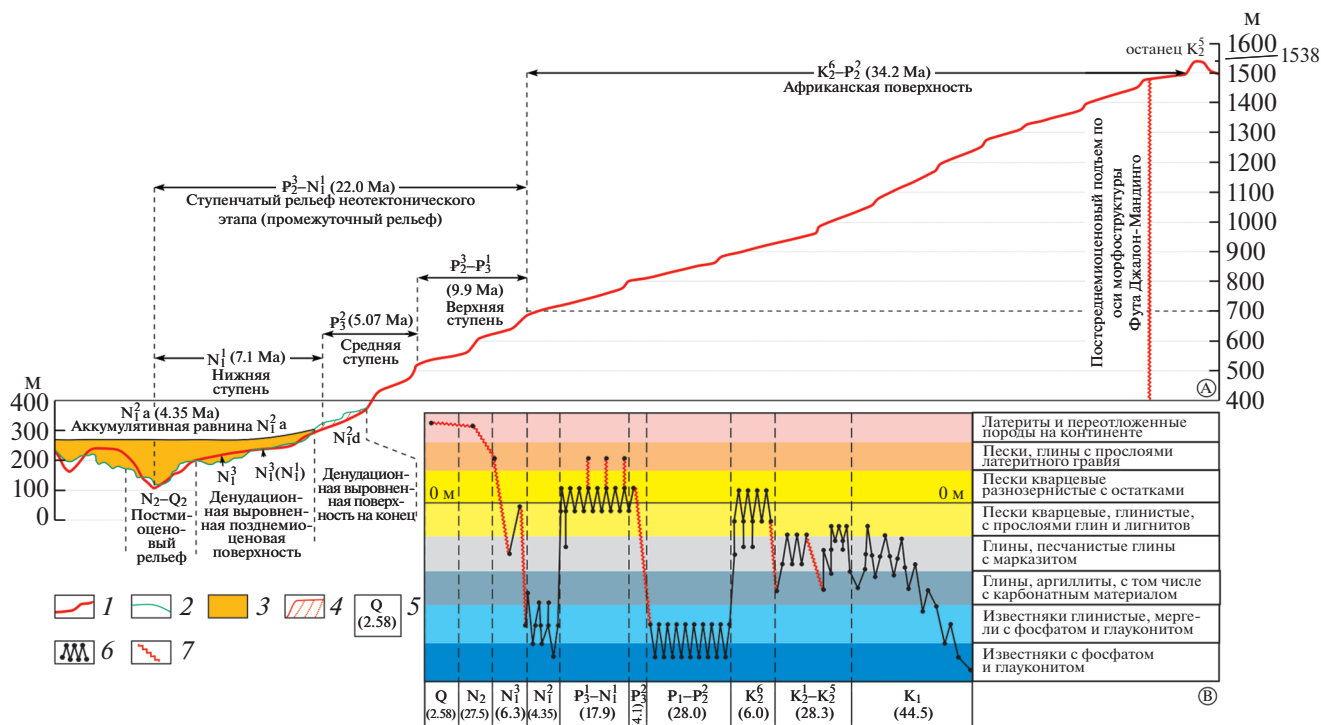


Рис. 4. Схема развития геоморфологической «лестницы» выравненных поверхностей на западном склоне морфо-структуры Фута Джалон-Мандинго (А) и литологические типы отложений в сопредельной (краевой) части Сенегало-Гвинейской периокеанической впадины (В): 1 – контур современного рельефа; 2 – контур рельефа на конец раннего миоцена в западной части морфо-структуры; 3 – аллювиальные и аллювиально-озерные среднемиоценовые отложения серии Sangaredi; 4 – врезы денудационной среднемиоценовой поверхности в раннемиоценовый и позднеолигоценый рельеф; 5 – продолжительность в млн лет; 6 – преобладающие литологические типы отложений для различных возрастных подразделений; 7 – периоды активизации подъема сопредельной суши и размыва кор выветривания.

что отражено в новой схеме геоморфологического развития региона (рис. 4) и на первой для региона карте выравненных поверхностей (рис. 3).

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования проведены при выполнении госзадания ИГЕМ РАН 0136–2018–0025.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mamedov V.I., Boufeev Y.V., Nikitine Y.A. Geologie de la republique de Guinee. Min. des Mines et de la Geologie de la Rep. De Guinee; GEOPROSPECTS Ltd; Univ. d’Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Geol.) Conakry. Moscou: Aquarel, 2010. 320 p.
2. Michel P. L’evolution geomorphologique dess bassins du Senegal et de la Haut-Gambie // Rev. Geomorphol. Dyn. 1960. №5–12. P. 117–143.
3. Lamotte M., Rougerie G. Les niveaux d erosion interieur dans I Ouest Airicain // Rech. Afric. Et guineennes. 1961. No 4. P. 51–69.
4. Селиверстов Ю П. Эволюция рельефа и покровных образовании влажных тропиков Сахарской платформы. Л. Недра. 1978. 240 с.

5. King L. Морфология Земли. Пер. с англ. Москва, Прогресс. 1967. 560 с.
6. Gunnell Y. Radiometric ages of laterites and constraints on long-term denudation rates in West Africa // Geology. 2003. № 31 P. 131–134
7. Zeegers H. Leprun J.C. Evolution des concepts en al-téologie tropicale et conséquences potentielles pour les prospections géochimiques en Afrique occidentale soudano-sahélienne / Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières. 1979. № 2. P. 229–239.
8. Chardon D., Chevillotte V., Beauvais A., Grandin G., Boulange B. Planation, Bauxite and Epeirogeny: One or Two Paleosurfaces on the West African Margin? // Geomorphology. 2006. V. 82. P. 273–282.
9. Burke K., Gunnell Y. The African Erosion Surface: A Continental-scale Synthesis of Geomorphology, Tectonics and Environmental Change over the Past 180 Million Years // Geological Society of America Memoirs // 2008. V. 201. P. 66.
10. Beauvais A., Ruffet G., Hénocque O., Colin F. Chemical and Physical Erosion Rhythms of the West African Cenozoic Morphogenesis: The ³⁹Ar–⁴⁰Ar Dating of Super-gene K-Mn Oxides // Journal of Geophysical Research. 2008. V. 113. F04007.
11. De Putter T., Ruffet G., Yans J., Mees F. The Age of Super-gene Manganese Deposits in Katanga and Its Impli-

- cations for the Neogene Evolution of the African Great Lakes Region // *Ore Geology Reviews*. 2015. V. 71. P. 350–362.
12. *Teixeira I. E.* Geologia da Guine portuguesa. Curso de Geologia do ultramar. Lisboa. 1968. 38 p.
13. *Мамедов В.И.* Геология и полезные ископаемые Республики Гвинеи-Бисау / М.: Зарубежгеология. 1980. 196 с.
14. *Акаемов С.Т.* Литология и генезис бокситов Сангареди (Западная Африка) // Проблемы генезиса бокситов. М.: Наука, 1975. С. 235–246.
15. *Guillocheau F., Simon B., Baby G., Bessin P., Robin C., Dauteuil O.* Planation Surfaces as a Record of Mantle Dynamics: The Case Example of Africa // *Gondwana Research*. 2018. V. 53. P. 82–98.

NEW INSIGHTS IN GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF RELIEF OF WESTERN AFRICA

V. I. Mamedov^a, V. A. Zaitsev^a, M. A. Makarova^{a,b,#}, and V. S. Pashkov^b

^a *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

^b *Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

[#] *E-mail: frolikovam@gmail.com*

Presented by Academician of the RAS D.Y. Pushcharovsky February 22, 2020

The detailed mapping and the prospecting drilling for bauxites in the territory of Fouta-Djallon Plateau and Mandingo Mountains and the compilation on succession, lithology, facies, and age of the Mesozoic–Cenozoic deposits of the peripheral zone of Senegal–Guinea Periocenic Depression have allowed performing the geological-geomorphological correlation and essential updating the scheme of geomorphologic evolution of the western Africa territory, as well as producing the map of planation surfaces. It has been first demonstrated that base level inverted in the Middle Miocene, and its emergence was responsible for paleogeographic changes and related regional (not local) accumulation of alluvial and lacustrine sediments of the Sangaredi Group, with subsequent formation of high-grade bauxites with elevated boehmite. These bauxites were first used as an age indicator in mapping the Middle–Late Miocene stepwise planation surface.

Keywords: age, geomorphologic evolution, Senegal–Guinea Periocenic Depression, planation surface, Western Africa, lateritic mantles, bauxites, planation