

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАТЕРИТНОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ МЕЗОЗОЙСКИХ ДОЛЕРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРОВИНЦИИ БОКЕ ГВИНЕЙСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ENGINEERING-GEOLOGICAL FEATURES OF THE LATERITIC WEATHERING CRUST OF MESOZOIC DOLERITES IN THE CENTRAL PART OF THE BOKE PROVINCE IN THE GUINEA REPUBLIC

КУЗИН С.В.

Аспирант кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, заместитель главного геолога проектов ОАО «Мосгипротранс», г. Москва, sereja.kuzin@mail.ru

KUZIN S.V.

Postgraduate student of the department of engineering and ecological geology of the geological faculty of the Lomonosov Moscow State University, deputy chief geologist on projects of the «Mosgiprotrans» OJSC, Moscow, sereja.kuzin@mail.ru

Ключевые слова:

Гвинейская республика; провинция Боке; латеритная кора выветривания; строение; мезозойские долериты; грунты; физические свойства; физико-механические свойства.

Key words:

Guinea Republic; Boke Province; lateritic weathering crust; structure; mesozoic dolerites; soils; physical properties; physical-mechanical properties.

Аннотация

В статье рассматривается строение латеритной коры выветривания мезозойских долеритов в центральной части провинции Боке Гвинейской республики. Выделяются зоны коры. По каждой из них приводится характеристика физических и физико-механических свойств грунтов. Результаты исследований сопоставляются с литературными данными о строении и свойствах латеритной коры выветривания долеритов в других районах Гвинеи.

Введение

Гвинейская республика является одним из наиболее интересных полигонов для изучения процессов химического выветривания горных пород. На ее территории развиты самые разнообразные породы (осадочные, магматические, метаморфические), служащие материнским субстратом для выветривания. Геоморфологические условия на территориях от приокеанической равнины до возвышенных плато Фута-Джаллон также весьма разнообразны. Одними из основных факторов, оказывающих влияние на состав и морфологию латеритных кор выветривания, являются положение выветривающихся пород относительно форм рельефа и их состав.

В данной статье обобщены результаты инженерно-геологических исследований, выполненных сотрудниками ОАО «Мосгипротранс» в 2008 году с участием автора при поиске и предварительной разведке месторождений инертных строительных материалов (песка, песчано-гравийной смеси, щебня) для строительства боксито-глиноземного комбината «Диан-Диан» в Гвинейской республике.

Abstract

The article considers the structure of the laterite weathering crust of mesozoic dolerites in the central part of the Boke Province in the Guinea Republic. Several zones of the crust are distinguished. Physical and mechanical soil properties for each of them are characterized. The research results are compared with published data on the structure and properties of the lateritic weathering crust of dolerites in other regions of Guinea.

Природные условия района исследований

Исследуемая территория находится в районе группы месторождений «Диан-Диан» (Dian-Dian) в провинции Боке (Boke) Гвинейской республики. В геоморфологическом отношении этот район расположен на западной окраине среднегорного массива Фута-Джаллон (рис. 1). Он представляет собой ряд низкогорных массивов (бовалей) с характерными чертами столовых гор с абсолютными отметками 180–260 м, расчлененных долинами рек и временных водотоков с глубиной вреза до 100 м. Склоны речных долин в верхней части часто пологие, в нижней средней крутизны и крутые. Они



интенсивно расчленены глубоко врезаемыми оврагами с крутыми бортами. Днища крупных речных долин часто уплощенные, долины их боковых притоков, как правило, имеют глубоко врезаемые русла. Поверхность бовалей и склонов местами покрыта лесной и саванной растительностью, часто с густым кустарниковым подлеском, местами полностью обнажена. Обширные открытые пространства, лишенные в сухой сезон всякой растительности, характерны для поверхностей плато. На днищах речных долин с постоянными водотоками местами сохранились остатки тропических лесов.

Основной водной артерией района является река Когон (Kogon). Практически все ее притоки, образующие достаточно густую и глубоко врезающую эрозионную сеть, в сухой сезон пересыхают. Исключениями являются наиболее крупные притоки Сорое (Sorohye), Кори-Кори (Kori-Kori), Тотия (Totia) и др., в которых при отсутствии видимого стока к началу сезона дождей сохраняется некоторое количество воды в понижениях русла (за счет разгрузки подземных вод). В сезон дождей расходы в постоянных водотоках возрастают на порядок и более.

Район исследований характеризуется практически сплошным развитием бокситоносных латеритных кор выветривания мезозойских (Mz) долеритов и терригенных пород девонской свиты Фаро (Dfr) с мощной кирасой сверху. Только по долинам наиболее крупных постоянных и временных водотоков латеритные коры перекрыты современными пролювиально-делювиальными и аллювиальными отложениями. Местами латеритные коры под руслами рек размыты [1].

Девонские отложения свиты Фаро занимают основные площади западной окраины плато Фута-Джаллон. В нижней части они представлены мелкозернистыми кварцевыми песчаниками с подчиненными прослоями тонкоплитчатых ожелезненных алевролитов, в средней — тонкоплитчатыми серыми и бурыми алевролитами, в верхней — пестроцветными мелкозернистыми тонкоплитчатыми кварцевыми и кварц-полевошпатовыми песчаниками с подчиненными прослоями бурых плотных алевролитов и темных аргиллитов [5].

Мезозойские (Mz) интрузии долеритов и габбро-долеритов широко распространены к северо-востоку и востоку от города Боке. Они представлены как пластовыми интрузиями (силлами), так и дайками и иногда образуют высокие вертикальные уступы в руслах рек и на склонах. Силлы и дайки сложены тонкозернистыми и мелкозернистыми серыми долеритами и габбро-долеритами. Текстура у них массивная, структура офитовая. В состав пород входят ромбический пироксен, плагиоклаз, биотит, рудные минералы [1].

Современные представления о строении и свойствах латеритных кор выветривания долеритов в провинциях Киндия и Канкан Гвинейской республики

В научной литературе информации о строении и особенно свойствах грунтов латеритных кор выветривания долеритов очень мало. Одной из первых была описана такая кора вблизи деревни Коленте (Kolente) в гвинейской провинции Киндия (Kindia) (Р. Мэньеном в 1958 году [9]) (см. рис. 1). Р. Мэньен выделил в ней следующие горизонты (сверху вниз):

- 0–25 см — гравийный, представленный железистыми конкрециями с супесчаным заполнителем (мусорный горизонт);
- 25–250 см — красно-коричневая кираса;
- 250–350 см — формирование кирасы, состоящей из многочисленных прочных коричнево-красных конкреций в красной глинистой матрице;
- 350–420 см — пестроцветный глинистый с небольшим содержанием конкреций;
- 420–600 см — красный глинистый;
- 600–700 см — охристо-желтый пористый низкой плотности;
- 700 см и ниже — слабоизмененных долеритов [9].

Среди работ советских исследователей выделяется статья «О некоторых инженерно-геологических особенностях тропического элювия (на примере Гвинеи)», автором которой является С.И. Скиба [7]. В ней рассмотрено строение латеритной коры выветривания долеритов долины реки Бауле в провинции Канкан (см. рис. 1). С.И. Скиба выделяет следующие ее основные зоны и горизонты:

1) зона относительно сохранных пород;

2) трещинная зона:

- горизонт I, характеризующийся широким развитием процессов выветривания вдоль трещин (ниже, за пределами данной зоны, порода практически не подвержена процессам выветривания);

3) обломочная зона:

- горизонт разборной скалы II-A мощностью не более 2 м, представленный глыбами слабовыветрелых пород, разобленных глинами, суглинками или супесями, развившимися вдоль трещин выветривания;
- горизонт рыхляка II-B мощностью от 0,2 до 3 м, представленный хрупким охристо-желтым ферралитом, сформировавшимся в результате глубокого выветривания долеритов;



Рис. 1. Районы изучения латеритных кор выветривания долеритов. Провинции: 1 — Боке, 2 — Киндия, 3 — Канкан. Площадки изучения: а — Диан-Диан, б — Коленте, в — Бауле

Литологический разрез	Мощность (м)	Зона	Возраст	Описание грунтов
	4-6	4б	e _{кв} II-IV	Кираса от низкой прочности до малопрочной
	3-7	3б		Дресвяный грунт красновато-коричневый с суглинистым заполнителем средней степени водонасыщения, с щебнем более 30%, дресвы и щебень скального латерита
	3-12	3а		Глины и суглинки пестроцветные от тугопластичных до твердых, в кровле с включениями дресвы и щебня скального латерита, в подошве — с глыбами долерита
	1-3	2		Супесь охристо-зеленовато-желтая пластичная, со структурой долерита, с глыбами слабывветрелых долеритов
	0,5-3	1	mbMZ	Долерит средней прочности трещиноватый
	-	0		Долерит прочный, средней прочности слаботрещиноватый

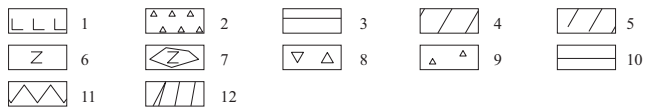


Рис. 2. Строение латеритной коры выветривания долеритов в центральной части провинции Боке Гвинейской республики. Грунты: 1 — кираса; 2 — дресвяный грунт с суглинистым заполнителем; 3 — глины; 4 — суглинки; 5 — супеси; 6 — долериты. Включения: 7 — глыб долерита; 8 — щебня скального латерита; 9 — дресвы скального латерита. Границы: 10 — согласные; 11 — несогласные. Прочие обозначения: 12 — трещиноватость

4) дисперсная зона:

- *горизонт элювия долеритов III-A*, представленный глинами преимущественного каолинового состава;
- *горизонт элювия долеритов III-B*, отличающийся от нижележащих горизонтов полной дезинтеграцией реликтового структурного скелета глин и суглинков и обогащенностью гидроксидами железа;

5) зона цементации:

- *горизонт структурного боксита IV-A*, образовавшийся в результате замещения основных породообразующих минералов (долеритов-плагиоклазов и пироксенов) гиббситом и гетитом, с залеганием боксита в виде крупных блоков, разобщенных вертикальными «карманами», выполненными красной глиной с латеритной дресвой и конкрециями;
- *горизонт крепкой кавернозной породы IV-B (кираса)*, образовавшийся при цементации грунтов гидроксидами железа, а также аморфным кремнеземом в результате выпадения этих компонентов в осадок из грунтовых вод (в связи с неоднородной цементацией крепость этой породы изменяется в широких пределах: слабые разности кирасы разрабатываются киркой, крепкие — только пневматическим молотком [7]).

С.И. Скиба также характеризует влажность и физические свойства грунтов в каждом выделенном горизонте [7].

Состав и строение пород латеритной коры выветривания долеритов в провинции Боке Гвинейской республики

В ходе полевых работ при поиске и разведке инертных строительных материалов в районе группы месторождений «Диан-Диан» были выбраны и тщательно изучены долины двух правых притоков реки Когон — Тотия и Кори-Кори.

Обе долины — V-образной формы с узким (5–15 м) дном, заросшим тропическими деревьями и кустарником, и крутыми бортами, сплошь заросшими высоким густым кустарником и высокой травой. Глубина вреза — 45–55 м. Долериты обнажаются в руслах рек в виде массивных плит с отдельными выступающими над водой глыбами.

В дополнение к инженерно-геологическим изысканиям были изучены химический и минеральный состав, магнитная восприимчивость, скорость продольных и поперечных волн для образцов кирасы, латерита, каолиновых глин и долерита.

Сводный разрез изученной грунтовой толщи представлен следующими образованиями (снизу вверх) (рис. 2).

0. Зона сохранных долеритов. Представлена зеленовато-серыми слаботрещиноватыми долеритами с массивной однородной текстурой (рис. 3, а). Их кристаллы часто анизометричные, имеют минимальный размер 0,2 мм, максимальный — 2 мм, преобладающий — 0,4–0,5 мм. Порода представлена плагиоклазом (светлыми вытянутыми кристаллами длиной около 1 мм и шириной примерно 0,1–0,3 мм) и пироксенами (цветными редкими кристаллами неправильной формы, достигающими 2 мм, разбитыми системами микротрещин) (рис. 3, б) с примесью рудных минералов (табл. 1). Из этой зоны был отобран 41 образец долеритов. Все образцы были прочными и средней прочности. Среднее значение предела прочности на одноосное сжатие прочных образцов в водонасыщенном состоянии составило 58 МПа, образцов средней проч-



Рис. 3. Строение долерита: а — общий вид структуры; б — кристалл пироксена (в центре), разбитый микротрещинами (увеличение в 10 раз)



Таблица 1

ности — 47 МПа. Их средняя плотность была 3,03 и 3,02 г/см³ соответственно.

1. Трещинная зона долеритов. Представлена зеленовато-серыми слабыветрелыми трещиноватыми долеритами средней прочности и прочными мощностью до 3 м (эта зона часто отсутствует в профиле). Характеризуется развитием выветривания вдоль трещин, заполненных дисперсным материалом или открытых.

2. Обломочная зона (зона рухляка). Представлена пластичными супесями от зеленовато-серых до охристо-желтых (ферралитом) мощностью 2–4 м с включением слабыветрелых глыб долерита размером до 1 м (но нередко глыбы в профиле отсутствуют). Зона сформировалась в результате глубокого выветривания долеритов. В процессе полевых работ из нее было отобрано 6 образцов. Для них характерны высокая плотность частиц (в среднем 3,08 г/см³), низкая плотность скелета грунта (1,22 г/см³), довольно большой угол внутреннего трения (19°) и достаточно высокое удельное сцепление (0,043 МПа).

3а. Зона каолиновых грунтов. Сложена пестроцветными (красновато-бежевыми) глинами и суглинками от твердой до тугопластичной консистенции с включением дресвы и щебня до 15%. Мощность зоны — от 3 до 10 м. Она была вскрыта во всех скважинах, пробуренных на площадках проектируемых карьеров, за исключением приустьевых скважин. В процессе полевых работ из этой зоны было отобрано 33 образца. Из них 11 в соответствии с ГОСТ 25100-2011 являются глинами твердыми и полутвердыми, 6 — глинами тугопластичными, 9 — суглинками твердыми и полутвердыми, 5 — суглинками тугопластичными. Для грунтов этой зоны, как и для всех каолиновых глин, характерны высокие значения пределов текучести (62% для глин, 54% для суглинков) и пределов пластичности (42% для глин, 41% для суглинков). Их отличительная особенность — низкие значения плотности скелета грунта (1,15–1,25 г/см³).

3б. Зона латеритов. Представлена красновато-коричневым дресвяным грунтом с суглинистым, реже супесчаным заполнителем, насыщенным водой и средней степени водонасыщения мощностью от 3 до 7 м. Дресва скальных латеритов представлена алюможелезистыми минералами, такими как гиббсит, гетит, гидрогетит, гематит (см. табл. 1). В химическом составе преобладают оксид алюминия (36,79%), оксид железа (20,57%) и диоксид кремния (22,28%) (табл. 2). В ходе полевых работ из этой зоны было отобрано 7 образцов. Анализ их гранулометрического состава показал, что в дресвяном грунте содержится от 22,8 до 38,6% (в среднем

Минеральный состав грунтов зоны кирасы, латерита и долерита				
Минералы	Содержание (%) в образцах			
	1-1 (светлая часть)	1-2 (красная часть)	2 (включения)	3
	Кираса (зона 4б)		Латерит (зона 3б)	Долерит (зона 0)
Анортит	-	-	-	25,5
Бемит	3,7	-	-	-
Гиббсит	91,2	59,3	70,3	-
Гетит	1,5	9,0	16,6	-
Гидрогетит	-	-	10,0	-
Гематит	-	30,7	3,1	1,8
Альбит	-	-	-	49,6
Анализ	3,6	1,0	-	-
Доломит	-	-	-	2,5
Кварц	-	-	-	7,4
Иллит	-	-	-	6,9
Каолинит	-	-	-	6,3

31,5%) частиц крупнее 10 мм (щебня), а количество заполнителя варьирует от 23,2 до 44,2% (составляя в среднем 35,5%).

4б. Зона кирасы. Сложена красновато-коричневой с бежевыми пятнами крепкой кавернозной трещиноватой породой. Средняя мощность кирасы составляет 4–6 м, на приустьевых участках долин рек кираса мощностью до 2 м залегает непосредственно на долеритах. Она состоит из обломков прочных разновидностей ферритов, боксит-ферритов и железных руд различных форм и размеров, сцементированных железистым цементом (рис. 4, 5). Светлая часть кирасы представлена в основном гиббситом (91,2%) с примесью гетита, бемита и анатаза. В ее химическом составе преобладают оксид алюминия (21,51%) и диоксид кремния (47,38%), а содержание оксида железа в ней составляет всего 2,25%. Красная часть состоит из гиббсита (59,3%) и гематита (30,7%) с небольшим количеством гетита и анатаза. В ее химическом составе преобладают оксид алюминия (32,77%), оксид железа (32,28%) и диоксид кремния (14,54%) (см. табл. 1, 2). В ходе полевых работ из зоны кирасы было отобрано 15 образцов. Это были грунты от низкой прочности (4 образца имели среднее значение предела прочности в водонасыщенном

Таблица 2

Химический состав грунтов зон кирасы, латеритов и долеритов												
Зона	Образец	Содержание (%) макрокомпонентов										
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	S	п.п.п.*
Кирасы (4б)	1-1 (светлая часть)	47,38	21,51	2,25	-	0,27	3,46	0,03	0,07	0,08	0,02	24,93
	1-2 (красная часть)	14,54	32,77	32,28	0,06	3,92	2,59	0,03	0,19	следы	-	13,62
Латеритов (3б)	2 (включения)	22,28	36,79	20,57	0,05	2,50	1,54	0,11	0,26	0,02	-	15,88
Долеритов (0)	3	40,67	27,56	9,17	14,55	4,40	1,12	1,28	0,32	0,21	-	0,72

* п.п.п. — потери при прокаливании.

Таблица 3

Средние значения влажности и показателей физико-механических свойств грунтов лагритной коры выветривания долеритов провинции Боке Гвинейской республики																			
№ зоны	Грунт	Природная влажность W_p , д.ед.	Граница текучести W_L , д.ед.	Граница раскатывания W_p , д.ед.	Плотность грунта при естественной влажности ρ , г/см ³	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	Коэффициент водонасыщения S_r , д.ед.	Коэффициент пористости e , д.ед.	Угол внутреннего трения ϕ , град.	Удельное сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа	Предел прочности на одноосн. сжатие $R_{сж}$, МПа		Коэффициент размягчаемости $k_{собр}$ д.ед.	Магнитная восприимчивость χ , 10^{-3} ед. СИ	Скорость волн, км/с		Коэффициент Пуассона μ	Динамический модуль упругости $E_{дин}$ ГПа
												в сухом сост.	в водонасыщ. сост.			V_p	V_s		
46	Кираса малопрочная	0,04	-	-	2,40	3,15	-	-	-	-	-	10,1	7,2	0,71	0,09	3,9	2,2	0,32	22
	Кираса пониженной прочности	0,04	-	-	2,05	3,11	-	-	-	-	-	4,9	3,8	0,78	-	-	-	-	-
	Кираса низкой прочности	0,05	-	-	1,83	3,03	-	-	-	-	-	3,9	2,8	0,72	-	-	-	-	-
36	Древесный грунт с сульфидным заполнителем	0,15	0,54*	0,41*	2,07	2,90	0,71	0,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Глины твердые	0,38	0,62	0,42	1,73	2,85	0,85	1,27	18	30	27	-	-	-	0,03	2,1	1,2	0,24	5
	Глины тугопластичные	0,48	0,59	0,41	1,70	2,85	0,92	1,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3а	Суглинки твердые	0,39	0,54	0,41	1,72	2,83	0,86	1,29	17	27	25	-	-	-	-	-	-	-	-
	Суглинки тугопластичные	0,43	0,50	0,37	1,68	2,83	0,86	1,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Супесь пластичная	0,39	0,41	0,35	1,69	3,08	0,78	1,53	19	43	12	-	-	-	-	-	-	-	-
0	Долерит средней прочности слаборециноватый	-	-	-	3,02	3,11	-	-	-	-	-	54,0	47,0	0,87	5,99	6,2	2,6	0,38	56
	Долерит прочный слаборециноватый	-	-	-	3,03	3,15	-	-	-	-	-	67,0	58,0	0,87	-	-	-	-	-

* Для заполнителя.



состоянии 2,8 МПа) до малопрочных (6 образцов — 7,2 МПа). Их средняя плотность составила 1,83 и 2,40 г/см³ соответственно.

В дополнение отметим, что показатели прочностных свойств долеритов, кирасы и глинистых грунтов определялись в лаборатории исследования строительных материалов и конструкций Политехнического института Конакрийского университета (г. Конакри, Гвинейская республика). Пределы прочности на одноосное сжатие устанавливались на гидравлическом прессе российского производства ПГ-4-500. Исследования физических свойств глинистых и крупнообломочных грунтов проводились в полевой грунтово-химической лаборатории ОАО «Мосгипротранс» по стандартным методикам. Определение химического и минерального состава, магнитной восприимчивости, скорости прохождения продольных и поперечных волн проводилось на кафедре инженерной и экологической геологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Химический состав образцов изучался с помощью спектрометрического флуоресцентного метода и прибора «Спектроскан МАХ-GV». Минеральный состав определялся путем рентгенодифракционного количественного анализа на рентгеновском дифрактометре Ultima-IV производства фирмы Rigaku (Япония). Для ускорения съемки и повышения качества экспериментальных данных использовался полупроводниковый детектор нового поколения DTex/Ultra. Магнитная восприимчивость образцов устанавливалась на приборе «Каппаметр КТ-6». Скорости прохождения продольных и поперечных волн определялись для каждого образца в трех разных плоскостях на приборе «Ультразвук».

Средние значения влажности и физико-механических свойств грунтов по зонам приведены в табл. 3.

Результаты определения строения и свойств латеритной коры выветривания долеритов района месторождения «Диан-Диан» в провинции Боке весьма схожи с данными, представленными в работах С.И. Скибы [7] и Р. Мэньена [9], проводивших исследования на реке Бауле в провинции Канкан и вблизи деревни Коленте в провинции Киндия (соответственно). Можно предположить, что установленные закономерности строения и свойств грунтов этой коры будут характерны и для других районов Гвинеи.

Выводы

В строении латеритной коры выветривания, сформировавшейся на мезозойских долеритах в центральной части провинции Боке Гвинейской республики, выделяется шесть зон (сверху вниз): кирасы (мощностью 4–6 м), латеритов (3–7 м), каолиновых грунтов (3–12 м), ферраллитная (1–3 м), трещиноватых долеритов (0,5–3 м) и сохранных долеритов. Породы, слагающие эти зоны, весьма разнообразны — скальные, полускальные, дисперсные (глины, суглинки, дресвяные грунты и др.).

В процессе химического выветривания долеритов происходит полное преобразование материнской структуры с замещением породообразующих минералов долерита в первую очередь глинистыми, а затем и алюможелезистыми минералами.



Рис. 4. Образец кирасы

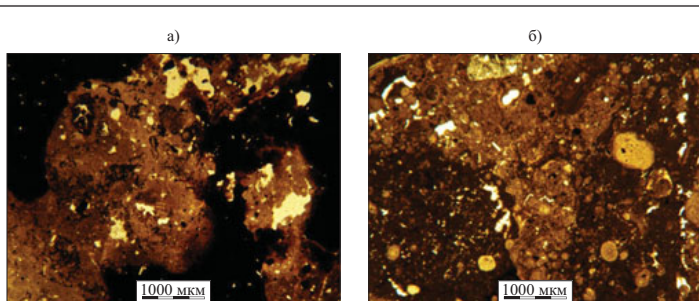


Рис. 5. Строение кирасы (увеличение в 10 раз)

Однотипность строения латеритной коры выветривания долеритов в разных исследованных провинциях Гвинейской республики позволяет предположить, что выявленные закономерности ее строения и свойств характерны для всех районов этой страны, а также для смежных с ней территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев М.И. и др. Поиск и предварительная разведка месторождений инертных строительных материалов (песка, ПГС и щебня) для строительства БГК Диан-Диан в Гвинейской республике: отчет. М.: Мосгипротранс, 2008. 186 с.
2. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. М.: Стандартинформ, 2012. 25 с.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2011. 63 с.
4. Конне А.М. Строение, состав и свойства латеритных кор выветривания Леоно-Либерийского массива и их использование в дорожном строительстве: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. М.: 2012. 25 с.
5. Мамедов В.И., Буфеев Ю.В., Никитин Ю.А. Геология Гвинейской республики. Том 1. М.: Акварель, 2010, 320 с.
6. Михайлов Б.М. Геология и полезные ископаемые западных районов Либерийского щита. М.: Недра, 1969. 180 с.
7. Скиба С.И. О некоторых инженерно-геологических особенностях тропического элювия (на примере Гвинеи) // Геология и разведка. 1979. № 10. С. 107–112.
8. Boski T., Paere R. Quantitative mineralogy of bauxite profiles in se Guinea Bissau // Catena. 1988. № 15. С. 417–432.
9. Maignien R. Review of research on laterites. Paris: Unesco, 1966. 148 p.