

УДК 624. 154

ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ НИГЕРИИ

Канд. техн. наук, доц. БОЙКО И. Л., аспиранты АЛХАССАН М., АДЕДЖУМО Т. В.

Белорусский национальный технический университет

Общие сведения о геологии Нигерии. Нигерия – западноафриканская страна, расположенная в тропической зоне в непосредственной близости к экватору от 4° до 14° северной широты и от 2° до 15° восточной долготы. На се-

вере она граничит с Республикой Нигер, на востоке – Республикой Камерун, а на западе – Республикой Бенин. На северо-востоке страны расположено озеро Чад, на юге страна омывается водами Гвинейского залива Атлантическо-

го океана, а север страны расположен на южной окраине пустыни Сахары. Площадь Нигерии составляет 923768 км², население, по сведениям ООН, – около 160 миллионов человек [1].

Климат – жаркий, тропический, влажный на юге и полусухой на севере страны. В климате страны выделяются влажные и сухие (междождиевые) периоды года. Сезонные дожди формируются под влиянием юго-западных муссонных ветров с моря и теплого сухого пыльного северо-восточного пассата называемого (гарматтан) со стороны пустыни Сахары. Геоморфология грунтов Нигерии и их четвертичная история формировались под влиянием интенсивности и периодичности дождей. Грунты Нигерии сложены осадочными и кристаллическими породами, распределенными по территории страны в почти равных пропорциях [2–6] (рис. 1).

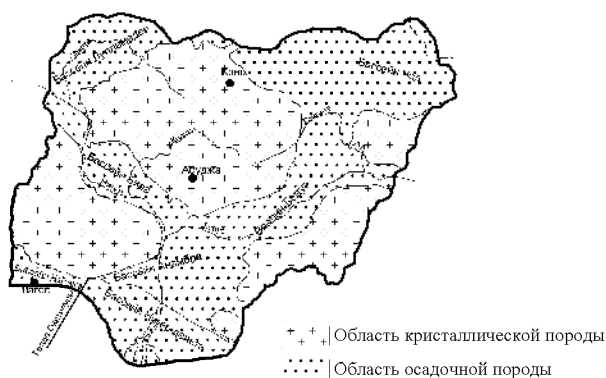


Рис. 1. Геологические формации в Нигерии

Рельеф в зоне распространения кристаллических пород представлен обширными пятнами равнин, над которыми возвышаются крутые склоны холмов. Высота холмов колеблется от нескольких метров и достигает в некоторых местах более 600 м.

Сформированы холмы стойкими к выветриванию горными породами. Образование их связано с процессами выветривания и эрозией окружающих пород в условиях влажного тропического климата. Накопление продуктов эрозии горных пород происходило в междуречьях крупных рек. Породами, слагающими холмы, являются старые и молодые граниты и кварциты [2].

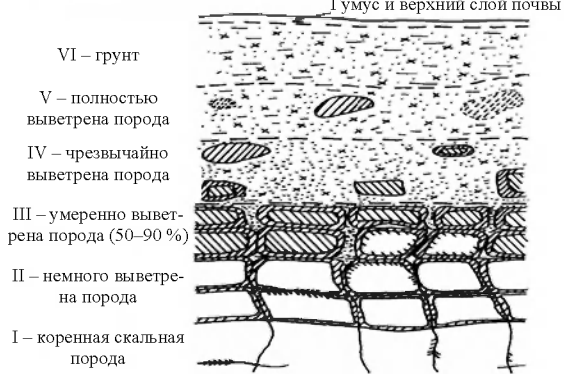
Характерным рельефом участков, занимаемых осадочными породами, являются обширные плоские и очень пологие наклонные равнины, которые разделены остатками плоских, покрытых латеритовыми грунтами, холмов. Высота этих холмов достигает 300 м [2].

Грунтовые условия. Климатические условия тропического региона определяют формирование осадочных грунтов, образование которых происходит в основном путем процесса химического выветривания магматических, осадочных и метаморфических горных пород [7]. Имеют место и процессы физического выветривания [8]. Выветренные непеременные материалы образуют элювиальные отложения. Наиболее важными конечными продуктами выветривания являются глины и кварцевые пески. В этом регионе в конечных продуктах выветривания часто присутствует оксид железа. Он придает красноватую, коричневатую и желтоватую окраску грунтам, обычно называемым латеритами [2]. Наиболее распространены в Нигерии глинистые грунты. Часто встречающиеся элювиальные грунты – суглинки и глины, содержащие оксиды железа и феррасолы, имеющие схожие физико-механические характеристики.

Тропический климат страны способствовал процессам глубокого выветривания горных пород и образованию пологих склонов, мощность продуктов выветривания на которых составляет 30 м от поверхности, а в трещиноватых породах – и более. В засушливой северной части Нигерии мощность слоев грунта, сложенных продуктами выветривания, достигает не более 15 м. Состав и характеристики элювиальных грунтов во многом зависят от состава горных пород, из которых они сформированы [2].

Влияние на свойства элювиальных грунтов как оснований фундаментов оказывает не только состав их материнских (коренных) пород, но и текстура, состоящая из различных слоев, залегающих почти параллельно поверхности земли. Эти горизонты генетически связаны и отражают процессы выветривания. Текстура элювиальных грунтов является важным аспектом, оказывающим значительное влияние на строительные свойства грунтов основания. Геологические разрезы отражают степень выветривания грунтов по глубине, начиная от коренных пород к умеренно и чрезвычайно выветренным породам и заканчивая полностью выветренными породами, растительными грунтами и гумусом верхнего слоя почвы. Геологические разрезы могут значительно различаться по типам и составам материнских пород, скорости эрозии, зависящей от региональных климатических условий [9]. Постепенный переход на инженерно-геологическом разрезе от корен-

ной породы до полностью выветренного грунта



демонстрирует рис. 2.



Рис. 2. Типичный геологический разрез для тропического климата Нигерии

Элювиальные грунты имеют лучшие строительные свойства в сравнении с делювиальными, поэтому использование их в качестве оснований фундаментов более предпочтительно [8]. Делювиальные грунты (слаборазвитые и гидроморфные) наиболее широко распространены в Нигерии вдоль берегов рек и в прибрежных районах.

В северо-восточной части страны в прибрежной зоне озера Чад встречаются относящиеся к тропическим элювиальным грунтам вертисоли, которые отличаются способностью значительно набухать или уменьшаться в объеме при изменении влажности. Основные типы грунтов Нигерии и их распространение на территории страны представлены на рис. 3 [9].



Рис. 3. Типы грунтов Нигерии и их распространение на территории страны

На территории Нигерии можно выделить четыре группы грунтов:

- слабые (слаборазвитые и гидроморфные);
- вертисоли (значительно изменяющие объем при изменении влажности);
- ферралитические (суглинки и глины с достаточной несущей способностью);

- железистые тропические (с высокой несущей способностью).

Слабые грунты распространены вдоль рек и в прибрежной зоне океана. Представлены кварцевыми песками в смеси с глинами, состоящими из каолинита и гидрослюда. Физические и механические свойства слабых грунтов имеют значительные отличия, поскольку охватывают различные генетические группы [9, 10]. Недавние отложения в основном часто являются слабыми грунтами и могут залегать на значительную глубину. Такие грунты имеют высокую пластичность и невысокую прочность, что ограничивает их использование в качестве основания плитных фундаментов. Исследование органических глин в районе Лагоса показало, что их физико-механические характеристики лежат в следующих пределах: природная влажность $W = 15-120\%$; влажность на границе текучести $W_L = 20-150\%$; влажность на границе раскатывания $W_p = 10-50\%$; удельный вес частиц $\gamma_s = 25-26 \text{ кН/м}^3$; удельное сцепление $C = 3-31 \text{ кПа}$; угол внутреннего трения $\phi = 0^\circ-7^\circ$; удельный вес при природной влажности $\gamma_b = 16-19 \text{ кН/м}^3$; коэффициент пористости $e = 0,65-1,20$; степень влажности $S_r = 0,55-1,00$; модуль деформации $E = 6-16 \text{ МПа}$.

Вертисоли представлены черными тяжелыми глинистыми грунтами, сформировавшимися в относительно сухом саванновом климате и состоящими из пород, богатых кальцием. Механические свойства вертисолей определяет преобладание в их составе глинистых частиц из монтмориллонита. Их отличают низкая водопроницаемость, высокая пластичность, набухание и усадка. При исследовании вертисолей северо-восточной Нигерии были определены следующие пределы физико-механических характеристик: природная влажность $W = 8-40\%$; влажность на границе текучести $W_L = 78-93\%$; влажность на границе раскатывания $W_p =$

= 21–31 %; показатель текучести $I_L = 47–72$ %; удельное сцепление $C = 120–220$ кПа; угол внутреннего трения $\varphi = 4^\circ–12^\circ$; линейные деформации набухания – 11–21%; удельный вес частиц $\gamma_s = 25,0–25,6$ кН/м³; набухание без приложения нагрузки – 50–90 %; давление набухания – 120–130 кПа; удельный вес при природной влажности $\gamma_b = 19–21$ кН/м³; коэффициент пористости $e = 0,35–1,30$; степень влажности $S_r = 0,5–1,0$; модуль деформации $E = 7–18$ МПа.

Использование вертисолей в качестве оснований фундаментов приводит к недопустимым деформациям, появлению трещин в надземных конструкциях и развитию аварий зданий и сооружений даже при применении конструктивных мер, компенсирующих неравномерность осадок. В силу этого вертисоли в основании фундаментов заменяются другими грунтами с хорошими строительными свойствами, либо прорезаются сваями.

Железистые и ферралитические грунты широко распространены в Нигерии и относятся к надежным основаниям. Это, как правило, плотные элювиальные глинистые грунты, в которых с увеличением глубины происходит постепенный переход от полностью выветренного грунта к коренной породе. В разрезе часто встречаются выщелоченные или осажденные в нем в виде пятен конкреций или латеритового гравия свободные оксиды железа. Этот процесс называется латеритизацией и является обычным в тропиках. Грунт в основном состоит из каолинита, остаточного кварца и свободных оксидов железа, преобразовавшихся в неактивные формы [9]. Такие грунты обычно называют красными тропическими и считают хорошим основанием. Они являются грунтами средней пластичности и не подвержены набуханию и усадке благодаря составу слагающих их минералов. При исследовании железистых и ферралитических грунтов Нигерии были определены следующие пределы физико-механических характеристик: природная влажность $W = 6,55–38$ %; влажность на границе текучести $W_L = 36–50$ %; влажность на границе раскатывания $W_p = 18–44$ %; показатель текучести $I_L = 6–26$ %; удельный вес частиц $\gamma_s = 25,3–27,0$ кН/м³; удельное сцепление $C = 24–140$ кПа; угол внутреннего трения $\varphi = 18^\circ–26^\circ$; удельный вес при природной влажности $\gamma_b = 17–21$ кН/м³; коэффициент пористости $e = 0,5–0,8$; степень влажности $S_r = 0,3–1,0$; модуль деформации $E = 8–29$ МПа.

Предельное давление для такого грунта составляет 240–310 кПа [10], а при большом содержании латеритового гравия – до 500 кПа.

ВЫВОДЫ

1. Инженерно-геологические условия Нигерии представлены различными грунтами, строительные свойства которых меняются в значительных пределах. На территории страны можно выделить четыре основные группы грунтов: слаборазвитые и гидроморфные; вертисоли (значительно изменяющие объем при изменении влажности); ферралитические (суглинки и глины с достаточной несущей способностью); железистые тропические с высокой несущей способностью.

2. На строительные свойства грунтов решающее влияние оказали состав горных пород, из которых они сформировались, климат и рельеф местности, структура и текстура грунта. В связи со значительным разнообразием строительных свойств грунтов при проектировании и строительстве зданий и сооружений на территории страны следует выбирать тип и конструкции фундаментов, обеспечивающих надежную эксплуатацию зданий и наименьшие затраты на их устройство.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/AFRICAEXT/NIGERIAEXTN-18/05/2011>.
2. **Durotoye, B.** Geomorphology and Quaternary deposits of Nigeria / B. Durotoye // Tropical soils of Nigeria I Engineering Practice / edited by S. A. Ola – A. A. – Balkema-Rotterdam, 1983. – P. 1–17.
3. **Rahaman, M. A.** Sedimentary and crystalline rocks of Nigeria / M. A. Rahaman, S. Malomo // Tropical soils of Nigeria I Engineering Practice / edited by S. A. Ola – A. A. Balkema-Rotterdam, 1983. – P. 18–38.
4. **Shitta, K. A.** Lithostratigraphy of Nigeria-Review / K. A. Shitta: Proceedings of 32nd seminar on Engineering Geothermal Reservoir. – Stanford University – Stanford, California, 2007. – P. 1–9.
5. **McCurry, P. A.** General Review of the Geology of the Precambrian to Lower Palaeozoic Rocks of Northern Nigeria / P. A. McCurry // Geology of Nigeria-2nd edition / edited by C. A. Kogbe. Abiprint & Pak Ltd. Ibadan, Nigeria, 1989. – P. 13–38.
6. **Rahaman, M. A.** Review of the Basement Geology of South-western Nigeria / M. A. Rahaman // Geology of Nigeria-2nd edition / edited by C. A. Kogbe. Abiprint & Pak Ltd. – Ibadan, Nigeria, 1989. – P. 39–56.
7. **Xuat, W. W. K.** Foundation Engineering in Tropical soils / W. W. K. Xuat // Foundation Engineering: Design and Construction in Tropical soils / W. W. K. Xuat, F. Haj. Ali-Taylor & Francis Group. – LLC-London, 2006. – P. 1–11.
8. **Bowles, J. E.** Analysis and Design of Foundations / J. E. Bowles – 5th ed. – McGraw-Hill Company. – New York, 1997. – 1207 с.
9. **Malomo, S.** Weathering and weathering products of Nigerian rocks-Engineering implications / S. Malomo // Tropical soils of Nigeria I Engineering Practice / edited by S. A. Ola – A. A. Balkema-Rotterdam, 1983. – P. 39–60.

10. **Carter, M.** Correlation of soil properties / M. Carter,
S. Bentley: Pentech press publishers. – London, 1991. – 130 с.

Поступила 28.03.2012