

УДК 691.4

**Т. К. Акчурин<sup>а</sup>, Б. К. Гебру<sup>б</sup>, Ю. А. Божко<sup>б</sup>, В. Т. Ерофеев<sup>в</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградский государственный технический университет*

<sup>б</sup> *Донской государственный технический университет*

<sup>в</sup> *Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В ЭФИОПИИ**

В статье рассмотрена перспектива развития местных строительных материалов и технологий строительства в Эфиопии. Федеративная Демократическая Республика Эфиопия располагается в Восточной Африке и не имеет собственного выхода к морю. Она занимает второе место по численности населения в Африке. Бурный рост строительства и интенсивные темпы развития государства требуют технологичных решений и современных строительных материалов. В настоящее время экономика Эфиопии является одной из самых динамично развивающихся в мире. Власти привлекают инвесторов из других государств с целью организации производств и обеспечения дополнительных рабочих мест в стране. На данный момент рассматривается возможность производства стеновых камней на основе местного сырья и отходов производства. Однако для этого необходим полный комплекс исследований по данной теме.

Ключевые слова: строительные материалы, глина, экономика, строительство, Эфиопия.

Строительство является важной отраслью во всем мире. Оно, как правило, определяется как сектор экономики. Промышленность играет важную роль в экономическом росте страны, но в настоящее время она сталкивается со многими проблемами, которые влияют на устойчивый рост экономики. Строительство несет в себе большие риски, включающие широкий спектр мероприятий, связанных с планами, проектированием, строительством, обслуживанием, ремонтом и в конечном итоге сносом зданий [1, 2].

Важность строительной отрасли в экономике любой страны обусловлена следующими факторами: масштаб строительной отрасли, уровень занятости, инвестиции, инициативы по частным финансам, здоровье и безопасность.

Строительная отрасль Эфиопии не отличается по своей природе от других стран. Она играет важную роль в экономике страны, как и другие мировые экономики. Основными проблемами при строительстве в Эфиопии являются задержки проекта, споры и конфликты, проблемы, связанные с планированием и проектированием, коррупция, низкое качество материалов, низкий уровень реализации проекта и отсутствие государственного надзора. Строительная отрасль Эфиопии характеризуется наличием большого числа микропредпринимателей, большинство из которых работают в теневой экономике страны. Официальный строительный сектор Эфиопии включает местные фирмы, а также многочисленные крупные иностранные строительные компании. Строительная промышленность Эфиопии имеет долгую историю, начиная с Аксумского царства и даже раньше. Древние методы строительства в Эфиопии основывались на местных знаниях, полученных благодаря опыту и постоянным практикам. При традиционных методах строительства

в разных частях Эфиопии использовали местное сырье для создания качественных материалов [1].

Что касается строительной отрасли Эфиопии, то рост и увеличение спроса на нее следовали той же закономерности, что и все мировые тенденции. В настоящее время строительство является одним из направлений модернизации и индустриализации Эфиопии. Строительный сектор в Эфиопии, как и во всем мире, вносит вклад в реализацию около пятидесяти процентов от общего капитала страны. Строительство также является двигателем технологий, инноваций и общего развития

Строительный сектор Эфиопии — один из самых динамично развивающихся в Африке. Созрели условия для роста строительства по всей стране. Обновление и строительство новых объектов инфраструктуры, жилых домов и прочего представляют значительный интерес для правительства Эфиопии. Действительно, развитие этих областей во многом входит в план второго роста и преобразований страны. Пятилетние планы роста и преобразований закладывают основу для дальнейшего экономического роста Эфиопии. Таким образом, строительство будет играть ключевую роль в достижении целей экономического процветания страны. По данным Национального банка Эфиопии, строительство составляет половину всей промышленности страны. Более того, отрасль быстро расширяется. Данные Национального банка Эфиопии также показывают, что в 2013/2014 г. строительный сектор вырос на 37 %. Промышленная деятельность составила 15 % от общего объема производства Эфиопии. Используя эту статистику, можно увидеть, что за этот период на строительство приходилось 7,5 % от общего ВВП Эфиопии. Согласно African Economic Outlook (Экономические перспективы Африки), это составляет 9,4 % от общего объема производства в текущих ценах. Это даст строительной отрасли рыночную стоимость около 6 млрд долл. [2—4].

Помимо привлечения иностранных инвесторов, правительство обозначило и другие стратегические цели, связанные с развитием строительной отрасли. Как поясняется во втором плане роста и трансформации, правительство установило планы: снизить стоимость проектов за счет увеличения мощности, эффективности и результативности подрядчиков, а также внедрить кайдзен и инструменты системы управления строительными проектами. Эти стратегические направления призваны способствовать развитию конкурентоспособной строительной отрасли в Эфиопии. Само управление проектом предлагает возможность международным подрядчикам выйти на эфиопский рынок. Правительство уделяет больше внимания привлечению иностранных строительных компаний к участию в консалтинге. Конечно, запланированные крупные проекты и инициативы открывают перед зарубежными брендами другие возможности для изучения. Однако, поскольку до 70 % всех строительных материалов, необходимых в Эфиопии, импортируются, особое внимание следует уделять сектору производства строительных материалов. Сюда входят кабели, сталь, керамика, замки, мебель и электрическая арматура. Все они имеют решающее значение для завершения строительства высоких зданий и инфраструктуры страны. Таким образом, иностранные фирмы также могут найти многообещающие возможности в экспортной торговле [5].

В Эфиопии традиционный дом, как правило, является плодом неустанных усилий предыдущих поколений, которые взаимодействовали с натураль-

ными материалами с помощью существующих инструментов. Поэтому фасады домов хорошо гармонируют с местной средой и особенностями ландшафта. Однако внедрение современных строительных технологий повсюду в мире начало менять первоначальный ландшафт, ориентированный на натуральность и первозданность. Этот сдвиг, наоборот, повысил значение наследия. Для сохранения наследия важную роль играют местные строители: ЮНЕСКО (2016) рекомендует структуру, включающую мобилизацию местного населения для подтверждения своей принадлежности к сообществу и укрепления местных экономических сетей, связанных с ремеслами и сохранением. Сообщества в Эфиопии строят приюты по-своему, которые начали много лет назад. Погодные условия Эфиопии в основном делятся на три категории, а именно: низменности, высокогорья и смешанная погода как низменностей, так и высокогорья. Погодные условия и доступность материала определяют, какой тип традиционного жилья следует построить в определенном месте [6, 7].

Основными местными материалами, которые использовались для строительства жилья в Эфиопии, были камни, дерево, глинобитные блоки, бамбук и т. д. Камни используются в качестве основного источника строительных материалов для жилищ в основном в северной, центральной и южной Эфиопии (рис. 1). Песчаник, мрамор, известняк, гранит, базальт, кварцит и т. д. — вот большинство видов камней, используемых в местном строительстве. Люди начали использовать камни в качестве основного источника для строительства убежищ много лет назад. Основными техническими характеристиками, которые сделали камень подходящим строительным материалом, являются его прочность, долговечность, устойчивость к разложению и химическим воздействиям, а также устойчивость к истиранию [8].

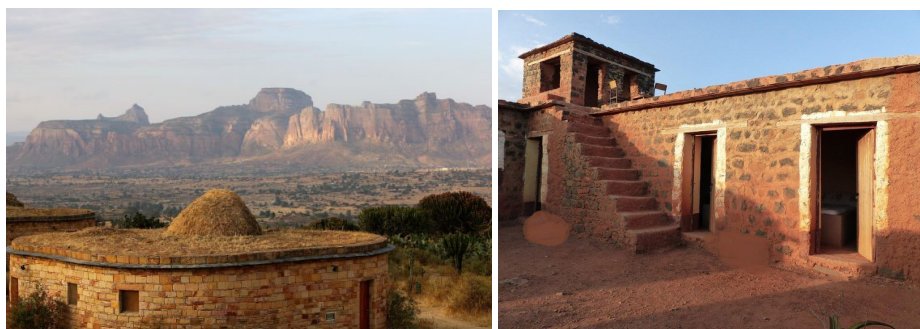


Рис. 1. Камень местного происхождения для строительства жилья

Еще одним местным строительным материалом, используемым в традиционных жилищных постройках в Эфиопии, является древесина. Дерево — один из наиболее часто используемых природных строительных материалов в мире. Ряд ценных свойств, таких как низкая теплопроводность, небольшая насыпная плотность, относительно высокая прочность, способность к механической обработке и т. д., делают древесину известным строительным материалом. Древесину можно использовать наиболее экономично, не тратя впустую какие-либо производные от нее. Даже опилки, полученные при распиловке древесины, также могут использоваться для изготовления

древесноволокнистых плит, бумаги и т. д. Дерево вместе с камнями и другими материалами используется в качестве основного строительного материала в сельских районах Эфиопии. В традиционном способе строительства домов древесина использовалась для горизонтальной и вертикальной поддержки стен в качестве покрытия крыши [9].

Глина — еще один местный строительный материал, используемый в Эфиопии для строительства жилищ. Низкая стоимость и пластичность глины делают ее идеальным строительным материалом. Но популяризация использования глинистого сырья возможна только в том случае, если будут преодолены такие недостатки, как высокое водопоглощение высушенных изделий. В большинстве равнинных сельских районов глина по-прежнему является основным источником местного строительного материала. Что придает материалу такое большое потенциальное значение в Эфиопии, с ее большим населением, нуждающимся в убежище, так это его дешевизна и широкая доступность. Учитывая дефицит и высокую стоимость обычных строительных материалов, таких как кирпич, цемент и сталь, одним из способов решения острой нехватки жилья в стране является переход на глину. Она имеет и другие неотъемлемые преимущества: она чрезвычайно пластична и обеспечивает лучшую изоляцию, чем стальные и бетонные конструкции, она децентрализует процесс строительства, поскольку использует местные материалы и технологии и тем самым позволяет избежать необходимости в сложных технологиях и консультациях на высоком уровне, а также намного меньше стоит содержание глиняных построек [10]. Но есть проблемы, связанные с глиной как сырьем для домов, и наиболее серьезной из них является ее уязвимость для воды. Строения из высушенной глины лучше всего переносят погодные условия в чрезвычайно засушливом климате (рис. 2). Она имеет низкую прочность на разрыв и легко разделяется, что затрудняет изготовление глиняных крыш, а глиняные стены делает уязвимыми для грызунов и воров.



Рис. 2. Глиняные блоки в строительстве местного жилья

Как и в других странах мира, керамические камни и изделия из глины в Эфиопии имеют долгую историю. Природные камни использовались в качестве основного источника строительных материалов в северной части страны и в других частях, где природные камни доступны. Однако в тех частях страны, где натуральный камень недоступен, изделия из глины были основным источником строительных материалов. К ним относятся утрамбованная земля, глиняные блоки, глинобитные блоки и кирпичи из спрессованной земли.

Позже на рынок были выведены изделия из обожженного кирпича, несмотря на их энергоемкость. К сожалению, традиционные строительные методы, которые практикуются в большинстве частей Эфиопии для строительства глиняных домов, имеют серьезные недостатки. Основные дефекты или проблемы: стены могут легко вымываться дождем и страдать от обширных усадочных трещин [11].

Использование грунтового строительства в качестве строительных технологий очень хорошо подходит для применения в развивающихся странах, включая Эфиопию, по нескольким причинам. Во-первых, все они основаны на земляных материалах, не требующих значительной промышленной обработки. Они позволяют строить дома с гораздо меньшим ущербом для глобальной энергии и ресурсов. Во-вторых, все они полагаются на материалы, которые доступны на местном уровне в подавляющем большинстве регионов мира, и сводят к минимуму использование энергии для транспортировки. В-третьих, это, как правило, промежуточные технологические решения. Для их строительства не требуется сложного оборудования или специальных знаний, и их можно построить быстро по сравнению с традиционными методами жилищного строительства.

Х. Молла в своем исследовании «Стабилизированный глиняный блок как строительный материал» обсуждал, что керамическое строительство является экономически наиболее эффективным средством жилищного строительства в развивающихся странах с наименьшей потребностью в ресурсах [12]. Основным недостатком традиционных методов строительства домов из глины является то, что они подвергаются воздействию или разрушению дождевой водой и трещинами усадки. Поэтому их необходимо постоянно обслуживать, чтобы поддерживать их в хорошем состоянии. Автор исследовал влияние промышленных стабилизаторов на улучшение способности керамического строительства. Испытания проводились на образцах, взятых из местного сырья, чтобы оценить его характеристики, такие как прочность на сжатие и общее водопоглощение, от которых зависит долговечность блоков. Было оценено влияние цемента и содержания волокон соломы в стабилизированной смеси, и были проведены сравнения. Исследование показало, что блоки, изготовленные с использованием цемента и соломенного волокна в качестве стабилизаторов, имеют более высокие показатели прочности на сжатие, сухой усадки и водопоглощения [12, 13].

В более новом технико-экономическом обосновании, проведенном группой исследователей в Эфиопии, была дана оценка «технологических решений для производства прессованного кирпича в Северной Эфиопии» [14]. В этом технико-экономическом обосновании описываются общие характеристики строительной отрасли Федеративной Демократической Республики Эфиопия. Показано, что на данном этапе развития Эфиопия остро нуждается в различных видах строительных материалов и изделий, в частности в стеновых изделиях — кирпиче. В силу определенных особенностей региона проблема обеспечения стройматериалами стоит особенно остро в северной Эфиопии в городе Мекелле, который является столицей провинции Тыграй, где расположены цементный и металлургический заводы. Эти предприятия могут стать базой для организации новых предприятий по производству строительных материалов. Аналитические и маркетинговые исследования показали,

что наиболее перспективным направлением в технико-экономическом плане развития производства стеновых изделий в провинции Тыграй является организация производства прессованного кирпича на основе карбонатных пород местных карьеров и отходов металлургического завода. Экономическое развитие Федеративной Демократической Республики Эфиопия в настоящее время не позволяет организовать технологически сложное и дорогое производство, а выпускаемая продукция должна иметь минимальную стоимость. Таким образом, технологические линии по производству прессованного кирпича на базе оборудования российского производства, отличающегося относительной простотой, надежностью и невысокой стоимостью, могут стать оптимальным решением для Федеративной Демократической Республики Эфиопия по увеличению выпуска стеновых изделий.

Бамбук также используется в качестве альтернативного местного строительного материала в некоторых районах из-за его широкой доступности и пригодности для использования в сельской местности (рис. 3). В древности люди также использовали пещеры как убежище. Традиционные строительные методы в Эфиопии напрямую связаны с доступными на месте строительными материалами. На протяжении всей своей истории местные жители использовали различные методы и навыки для создания удобных, прочных, эстетически приемлемых и устойчивых к погодным условиям. Примеры традиционных строительных технологий были названы в честь материалов, использованных для их строительства, например глиняный дом (чика бет), каменный дом (хидмо), деревянный дом (годзе бет) и т. д., более поздние — с указанием местных условий для домов, построенных с использованием соответствующих местных строительных материалов [8, 9].



Рис. 3. Бамбук как строительный материал

В Эфиопии процветает строительство, на долю которого в последние годы приходится 18 % ВВП страны. Правительство вложило миллионы долларов в социальное жилье, что стало неожиданной удачей как для иностранных, так и для местных строительных подрядчиков, а строительный сектор

в настоящее время является крупнейшим работодателем в стране, где более двух миллионов человек работают на постоянной и временной основе.

Однако перед строительной отраслью стоит множество проблем: от растущего долга до трудностей с поиском подходящих материалов. Инфраструктурные и жилищные проекты широко охватывают все территории современной Эфиопии. Повышение экономических стандартов страны превзошло ожидания опросов и мнений многих инвесторов во всем мире. Помимо быстрого экономического роста и текущего прогресса в сельскохозяйственном секторе страны, строительный сектор Эфиопии превратил финансовые потребности страны в огромные возможности для иностранных предприятий, особенно из европейских стран и Китая. Многочисленные проекты изменили экономический спад Эфиопии, особенно в городе Аддис-Абеба [15].

В настоящее время страна находится в центре экономической эволюции Африки из-за высокого спроса в подотраслях строительства. Волна строительства в Аддис-Абебе перекинулась на другие города Эфиопии, заставив инвесторов принять серьезные меры по расширению своего бизнеса в стране. У растущего числа строительных проектов в Эфиопии есть некоторые недостатки, которые требуют пристального внимания:

- затраты на строительство дороги из-за импортных пошлин;
- высокие обменные курсы требуют дальнейшего финансирования в частном и государственном секторах Эфиопии;
- руководители проектов Эфиопии не так искусны, как другие европейские или китайские менеджеры; таким образом, затрудняется управление проектами;
- низкое качество и покрытие инфраструктуры, низкий рейтинг ведения бизнеса, периодические задержки в доступе к иностранной валюте, отсутствие морских портов, потенциально долгое время импорта (до 75 дней на поставку).

Несмотря на эту неэффективность и проблемы, возможности для бизнеса в строительном секторе Эфиопии продолжают открываться. Страна привлекательна для большого числа иностранных инвесторов [12—15]. В свою очередь, это открывает возможности для европейских, китайских и других компаний по всему миру для расширения своего бизнеса и повышения уровня занятости в стране. Возможности включают следующее:

- молодое, растущее население;
- огромные инвестиции в инфраструктуру, жилье и другие строительные проекты;
- одна из самых быстрорастущих экономик мира, несмотря на недавно начавшуюся гражданскую войну в стране;
- сильная зависимость от импорта жизненно важных строительных материалов;
- растущий спрос на международный опыт, знания и продукты в строительной отрасли;
- правительство за прямые иностранные инвестиции.

#### **Выводы**

Рост населения и урбанизация привели к увеличению потребности в жилищном строительстве, и было уделено особое внимание важности местных



строительных материалов и технологий. Рост и увеличение спроса на строительную отрасль в Эфиопии следовали той же схеме, что и мировые тенденции. Строительная промышленность Эфиопии состоит из взаимозависимых секторов. Строительная промышленность не рассматривалась как самостоятельный сектор национальной экономики в прошлой истории Эфиопии, и этому сектору экономики не уделялось достаточного внимания. Эта особенность изменилась после падения режима Дерга, и строительной отрасли уделяется особое внимание в политике страны. В это время особое внимание уделяется как местным, так и импортным строительным материалам и технике. Несмотря на это, строительная отрасль Эфиопии по-прежнему страдает от недостатка опыта и несоответствия между спросом и предложением на рынке. Большинство материалов импортируются, что создает дополнительную нагрузку на рынок. Правительство приняло различные корректирующие меры для решения проблемы. Иностранные инвесторы приглашаются к участию в импорте материалов, строительстве и консультациях. Приветствуется использование доступных на местном уровне материалов и технологий для строительства инфраструктуры, чтобы справиться с растущим дефицитом строительных материалов на рынке. Одним из перспективных направлений развития отрасли конструкционных материалов является производство керамических камней на основе местного сырья.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ayele A., Woldearegay K., Meten M.* A review on the multi-criteria seismic hazard analysis of Ethiopia: with implications of infrastructural development // *Geoenvironmental Disasters*. 2021. Vol. 8. No. 1. DOI: 10.1186/s40677-020-00175-7.
2. *Ali M. S.* Alternative Building Materials for Sustainable Development in Ethiopian Construction, 2020.
3. *Philippe T., Le André R., Assefa T.* Étude des possibilités de fabrication de briques de terre crue à partir de sols Éthiopiens // *Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*. 1987. Vol. 36. No. 1. Pp. 69—79.
4. *Amena S.* Experimental study on the effect of plastic waste strips and waste brick powder on strength parameters of expansive soils // *Heliyon*. 2021. Vol. 7. No. 11. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08278.
5. *Kinutia J. M.* Unbaked clay materials and structures // *Book Chapter: University of South Wales*. Elsevier, 2016. 256 c.
6. *Legese A. M., Kenate T. G., Feyessa F. F.* Termite mound soils for sustainable production of bricks // *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2021. Vol. 43. No. 2. Pp. 142—154.
7. *Shimizu N.* “Traditional” technique and local knowledge on Hidmo house construction in Tigray, Ethiopia // *Journal of Architecture and Planning*. 2019. Vol. 84. Iss. 758. Pp. 1017—1027.
8. *Tekle G.* Study of compressed cement and lime stabilized soil block as an alternative wall making material. Addis Ababa, Ethiopia, 2018. Pp. 187—195.
9. *Molla H.* Study of a stabilized mud block as an alternative building material and the development of models. Addis Ababa University, 2012. Pp. 144—158.
10. *Heath A., Walker P., Fourie K., Lawrence M.* Compressive strength of extruded unfired clay masonry units // *Proceedings of the Institute of Civil Engineers: Construction, Materials*. 2009. Vol. 162. No. 3. Pp. 105—112.
11. *Gebru B. K., Kotlyar V. D., Bozhko Yu. A., Kurilova S. N.* Promising technological solutions for the production of pressed bricks in Northern Ethiopia // *Innovations and technologies in construction. BUILDINTECH BIT 2021*. Springer, Cham, 2021. Vol. 151. Pp. 282—288.
12. *Beckett Z.* Cash register, Bamboo: alternative building material for urban Ethiopia. San Luis Obispo, 2009. 125 p.
13. *Bamboo Resources in Ethiopia: Their value chain and contribution to livelihoods / Zenebe Mekonnen, et al.* // *Ethnobotany Research and Applications*. 2014. Vol. 12. 207 c.



14. *Federico L., Chidiac S. E.* The use of waste material in the manufacturing of clay brick // 10<sup>th</sup> Canadian Masonry Symposium. Banff, Alberta, 2005.

15. *Otiy E., Kinutia J. M., Bai J.* The use of slag for brick masonry from unbaked clay // Materials ICE. J Constr Mater. 2008. Vol. 161 (CM4): Pp. 147–155. DOI: 10.1680/coma.2008.161.4.147.

© Акчурин Т. К., Гебру Б. К., Божко Ю. А., Ерофеев В. Т., 2022

Поступила в редакцию  
в январе 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Акчурин Т. К., Гебру Б. К., Божко Ю. А., Ерофеев В. Т. Перспективы развития местных строительных материалов и технологий строительства в Эфиопии // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 1(86). С. 153–162.

Об авторах:

**Акчурин Талгат Кадимович** — канд. техн. наук, проф., зав. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Scopus ID: 57190967539; info@vgasu.ru

**Гебру Берхане Кумени** — аспирант каф. строительных материалов, Донской государственной технической университет (ДГТУ). Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; berhanekumenit@gmail.com

**Божко Юлия Александровна** — ассистент каф. строительных материалов, Донской государственной технической университет. Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; ovdun\_urs@mail.ru

**Ерофеев Владимир Трофимович** — действительный член РААСН, д-р техн. наук, проф., декан архитектурно-строительного факультета, зав. каф. строительных материалов и технологий, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68; fac-build@adm.mrsu.ru

**Talgat K. Akchurin<sup>a</sup>, Berhane K. Gebru<sup>b</sup>, Yulia A. Bozhko<sup>b</sup>, Vladimir T. Erofeev<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> *Volgograd State Technical University*

<sup>b</sup> *Don State Technical University*

<sup>c</sup> *National Research Mordovian State University*

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LOCAL BUILDING MATERIALS AND CONSTRUCTION TECHNOLOGIES IN ETHIOPIA

The article considers the prospect of developing local building materials and construction technologies in Ethiopia. The Federal Democratic Republic of Ethiopia is located in East Africa and does not have its own access to the sea. It has the second largest population in Africa. The rapid growth of construction and the intensive pace of development of the state require technological solutions and modern building materials. At the moment, Ethiopia's economy is one of the most dynamically developing in the world. The authorities attract investors from other states in order to organize production and provide additional jobs in the country. At the moment, the possibility of producing wall stones based on local raw materials and production waste is being considered. However, this requires a full range of research on this topic.

**Key words:** building materials, clay, economy, construction, Ethiopia.

*For citation:*

Akchurin T. K., Gebru B. K., Bozhko Yu. A., Erofeev V. T. [Prospects for the development of local building materials and construction technologies in Ethiopia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 1, pp. 153–162.

*About authors:*

**Talgat K. Akchurin** — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Scopus ID: 57190967539; info@vgasu.ru

**Berhane K. Gebru** — Postgraduate Student, Don State Technical University (DSTU). 1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation; berhanekumenit@gmail.com

**Yulia A. Bozhko** — Assistant of Building Materials Department, Don State Technical University (DSTU). 1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation; ovdun\_yrs@mail.ru

**Vladimir T. Erofeev** — Doctor of Engineering Sciences, Professor, full member of the RAASN, National Research Mordovian State University. 68, Bolshevistskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; fac-build@adm.mrsu.ru