

УДК 338.49
JEL Q42, Q48

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ В ЭНЕРГИЮ В ГВИНЕЙСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ (КОНАКРИ)

Траоре Мохамед

*Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, Россия,
e-mail: 1032245984@pfur.ru; SPIN-код – нет; ORCID – нет*

Ратнер Светлана Валерьевна

*Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, Россия,
e-mail: ratner_sv@pfur.ru; SPIN-код – 7840-4282; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>*

Аннотация. В данной статье рассматривается анализ управления твердыми бытовыми отходами в Гвинейской Республике (Конакри, Бангуре и т.д.), а также освещаются проблемы, связанные с растущим накоплением отходов и потенциалом для рекуперации энергии. В статье подчеркивается важность внедрения инновационных практик преобразования отходов в энергию, что является насущной необходимостью, учитывая экологические и энергетические проблемы Гвинеи, особенно в плане инфраструктуры и финансирования.

Ключевые слова: рекуперация энергии; коммунальные отходы; экономика замкнутого цикла; производство энергии.

WASTE-TO-ENERGY PROJECT MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF GUINEA (CONAKRY)

Traoré Mohamed

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), Moscow, Russia
e-mail: 1032245984@pfur.ru; SPIN code – no; ORCID – no*

Ratner Svetlana Valerievna

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), Moscow, Russia
e-mail: ratner_sv@pfur.ru; SPIN code – 7840-4282; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>*

Abstract. This article examines the analysis of municipal solid waste management in Conakry, Bangura, etc., and highlights the challenges associated with the growing accumulation of waste and the potential for energy recovery. The article highlights the importance of introducing innovative waste-to-energy practices, which is an urgent need given Guinea's environmental and energy challenges, especially in terms of infrastructure and financing.

Keywords: energy recovery; municipal waste; circular economy; energy production.

Введение. Африканский континент переживает экспоненциальный рост населения, за которым следует увеличение миграции из сельской местности в города, индустриализация и урбанизация, а также улучшение производства товаров и изменение моделей потребления [1] Эти изменения сопровождались

экологическими проблемами, в том числе массовым образованием твердых бытовых отходов (ТБО).

Города в африканских странах все больше страдают от бытовых отходов, производимых их населением [2]. Сокращение ресурсов, выделяемых на их управление, и неадекватность эффективных механизмов утилизации постепенно ухудшают имидж этих городов из-за накопления огромного количества отходов, которые до сих пор были источником загрязнения [3]. Страны Африки к югу от Сахары сталкиваются с проблемой утилизации твердых бытовых отходов [4] на открытых полигонах.

Гвинея, как и другие развивающиеся страны, также сталкивается с серьезными экологическими и административными проблемами, связанными с управлением бытовыми отходами. Страна переживает процесс урбанизации, в котором около 70% населения сосредоточено в крупнейших городах, в том числе 30% в столице Конакри. Это привело к изменению структуры потребления населения, что привело к неоднородному составу отходов и увеличению производства твердых отходов, что привело к антисанитарным условиям в крупных городах, особенно в Конакри [5].

Конакри, как и многие другие города Гвинеи, сталкивается с серьезными экономическими, социальными, экологическими проблемами и проблемами здравоохранения, вызванными быстрой урбанизацией и недостаточным развитием базовой инфраструктуры, особенно в сфере управления твердыми бытовыми отходами. Существующая система сбора отходов крайне неэффективна, охватывая лишь часть города, при этом многие районы остаются без адекватного доступа к услугам по сбору мусора. Предварительный сбор и транспортировка отходов до мест консолидации осуществляется небольшими местными предприятиями (МСП) с использованием моторизованных трехколесных транспортных средств или пешком, и полностью финансируется пользователями системы. Это делает услуги недоступными для населения с низким уровнем дохода. Национальное агентство по санитарии и общественной гигиене (ANASP) отвечает за дальнейшую транспортировку отходов на свалку [6].

Постоянные сбои в работе системы, вызванные нехваткой ресурсов у МСП и недостаточным финансированием со стороны муниципалитетов, приводят к повсеместному накоплению отходов в городской среде. Это проявляется в виде незаконных свалок на улицах, в водостоках, заводах и вдоль железных дорог, образуя "горы мусора" с тошнотворным запахом, привлекающие мух, комаров и крыс. Нередко отходы сжигаются прямо на улицах рядом с жилыми домами и дорогами. Такая ситуация имеет многочисленные негативные последствия: она способствует распространению заболеваний, таких как малярия и холера, создает другие риски для здоровья, вызывает загрязнение воздуха, почвы и воды, увеличивает риск наводнений, негативно влияет на биоразнообразие и приводит к увеличению выбросов парниковых газов. Следует отметить, что в Конакри и Лабе до сих пор используются неконтролируемые свалки. Более того, смешивание отходов на местах сбора делает их непригодными для дальнейшей переработки и использования в качестве вторичного сырья [7].

Все виды отходов в настоящее время попадают на свалку в Дар-эс-Саламе. Это отходы не только от домохозяйств, но и от компаний и учреждений. Управляющая компания, не имея технологий и финансовых ресурсов, в настоящее время просто сжигает часть отходов, что загрязняет окружающую среду и

негативно сказывается на здоровье населения в близлежащих поселениях. Государство не стимулирует финансово решение проблемы с отходами, а деятельность самой управляющей компании является нерентабельной.

Поэтому Конакри, столкнувшись с растущей нездоровостью и переполнением свалок, таких как в Дар-эс-Саламе, должен в срочном порядке принять инновационные и устойчивые решения. Энергетическая рекуперация неперабатываемых отходов (сжигание и метанизация) представляет собой многообещающую альтернативу, сочетающую сокращение отходов и производство возобновляемой энергии.

Несмотря на наличие Гвинейского экологического кодекса (статья 60), который предписывает адекватную обработку отходов для снижения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду, его применение остается слабым. Муниципалитеты, такие как Койя, сталкиваются с ненадлежащей практикой управления из-за нехватки ресурсов и адекватной инфраструктуры. Это указывает на существенный разрыв между законодательными намерениями и их практической реализацией. Простое наличие нормативно-правовой базы недостаточно; для ее эффективного применения требуются значительные инвестиции в инфраструктуру, наращивание потенциала и обеспечение соблюдения норм. Без этих практических мер законодательство остается неэффективным инструментом для решения проблемы отходов [8].

Технологии переработки отходов. В настоящее время существует несколько промышленно-освоенных технологий генерации энергии их твердых бытовых отходов. Первая – это анаэробное сбраживание (рис. 1). Этот метод основан на естественном разложении органических веществ в бытовых отходах микроорганизмами, при отсутствии кислорода. При этом возможны два варианта:

- Сырье, которое разлагается во влажный продукт, предлагается в виде компоста после нескольких фаз созревания.
- Биогаз состоит примерно на 70% из метана и примерно на 30% из углекислого газа.

Биогаз в виде топлива используется для производства электроэнергии, тепла, топлива или в качестве добавки, закачиваемой в сеть природного газа.

Как работает метанизация



Рис. 1 Технологический цикл анаэробного сбраживания.

Исследования показывают, что смешанные органические отходы являются наиболее эффективным сырьем для производства биогаза в тропическом климате, обеспечивая около 0,15 кубических метров биогаза на килограмм летучих веществ. Это связано с лучшим соотношением углерода к азоту в смешанных отходах. С учетом общего объема образования отходов, органические муниципальные твердые отходы в городах тропического климата могут производить значительные объемы биогаза и метана, что значительно превышает общие энергетические потребности региона. Например, в одном из недавних исследований показано, что общий объем смешанных органических ТБО мог бы производить 865 000 м³ биогаза или 537 000 м³ метана в год [9].

Вторая распространённая технология – это сжигание ТБО. Завод по переработке отходов преобразует твердые отходы заводов в электричество или пар для промышленной обработки и систем централизованного теплоснабжения. Завод работает, сжигая отходы при высоких температурах и используя тепло для производства пара. Затем пар вращает турбину, которая вырабатывает электричество.

Преобразование отходов в энергию путем сжигания имеет ряд преимуществ. Они участвуют в производстве энергии, которая считается возобновляемой, потому что поступает из биомассы. Преобразование отходов в энергию также способствует надежности энергоснабжения. По данным SEWER, энергоёмкость отходов, переработанных на заводах по переработке отходов в энергию в 2012 году, была эквивалентна 19% импорта российского газа в том же году. Исследование, проведенное по заказу CE Delft для перерабатывающей компании, показало, что выбросы CO₂ от транспортировки на 300 км к высокопроизводительному мусоросжигательному заводу незначительны по сравнению с выбросами CO₂, которых удалось избежать за счет более эффективного преобразования отходов в энергию. Тем не менее, есть некоторые недостатки в производстве энергии из отходов. Отходы не могут напрямую конкурировать с ископаемым топливом из-за низкой энергетической ценности и неоднородного состава, что требует полной очистки дымовых газов. Действительно, исследование, опубликованное в 1996 году, привело к выводу, что с точки зрения производства энергии переработка бытовых отходов более эффективна, чем их утилизация путем сжигания. Переработка экономит энергию, необходимую для извлечения первичного сырья и его преобразования в потребительские товары [10].

Сравнительный анализ двух ключевых технологий переработки отходов – сжигания отходов с получением энергии (Waste-to-Energy, WtE) и анаэробного сбраживания (АД) – показывает, что анаэробное сбраживание является более предпочтительным вариантом для Конакри. Этот выбор обусловлен высоким содержанием органических веществ в составе городских отходов, значительными экологическими преимуществами, включая сокращение выбросов метана и производство ценных органических удобрений, а также потенциальными социальными выгодами, такими как создание рабочих мест и повышение продовольственной безопасности [11]. Несмотря на то, что обе технологии требуют значительных капиталовложений и сталкиваются с проблемой низких тарифов на электроэнергию в Гвинее, АД предлагает более устойчивое решение, соответствующее национальным целям Гвинии в области климата и сельского хозяйства.

Оценка затрат и доходов проекта по управлению ТБО. Надежные и общедоступные данные о затратах на анаэробное сбраживание (АД) трудно найти, и они часто отсутствуют в открытых источниках. Стоимость коммерческого анаэробного дигестера может варьироваться от 400 000 до 5 000 000 долларов США, в зависимости от масштаба объекта и используемой технологии. Средняя стоимость установки АД на ферме в США составляет около 1,2 миллиона долларов США. В Африке, например, проект по переработке отходов в биогаз в Нигерии мощностью 15 364 м³ биогаза в месяц имел оценочные капитальные затраты в 234 000 долларов США, а в Южной Африке капитальные затраты на АД-установки варьируются в зависимости от мощности, при этом доминируют затраты на дигестер, когенерационную установку и периферийное оборудование [12].

Эксплуатационные расходы также варьируются. Для небольшого дигестера они могут составлять от 11 000 долларов США в год, а для крупного завода — до 51 000 долларов США в год (данные начала 2000-х годов). В Южной Африке средние эксплуатационные расходы составляют 253 рандов в час на кВтч. Многие исследования показывают, что анаэробное сбраживание может быть неэкономичным без дополнительной государственной поддержки, такой как капитальные гранты. Однако финансовая жизнеспособность может быть значительно улучшена при наличии больших объемов сырья, высоких затрат на управление отходами (например, высокие сборы за захоронение) и высоких потребностей в энергии на месте или в непосредственной близости [13].

Финансовая жизнеспособность проекта анаэробного сбраживания может обеспечиваться за счет нескольких ключевых источников дохода:

1) Плата за утилизацию (типинг-фи): Введение платы за утилизацию отходов, поступающих на предприятие, является фундаментальным источником дохода. Эта плата должна быть экономически обоснованной для покрытия операционных расходов и части капитальных затрат, но при этом социально приемлемой для населения и муниципалитетов [14]. Учитывая, что текущие расходы местных органов власти на управление отходами в Конакри крайне низки (0,5-0,8 долл. США на душу населения для капитальных затрат), а предварительный сбор финансируется пользователями, потребуется тщательный анализ готовности платить и, возможно, поэтапное внедрение или государственные субсидии для обеспечения ее приемлемости и устойчивости.

2) Продажа электроэнергии/биометана: Биогаз, произведенный на установке АД, будет использоваться для выработки электроэнергии, которая будет продаваться в национальную электросеть. Несмотря на то, что национальная энергетическая компания EDG нерентабельна и зависит от государственных субсидий [15], а тарифы на электроэнергию в Гвинее низки, необходимо будет заключить долгосрочное соглашение о покупке электроэнергии (PPA) с EDG по согласованным тарифам. Эти тарифы должны быть достаточно высокими, чтобы обеспечить возврат инвестиций, возможно, за счет специальных тарифов на покупку возобновляемой энергии.

3) Продажа дигестата: Дигестат, богатый питательными веществами побочный продукт АД, будет коммерциализироваться в качестве органического удобрения для сельского хозяйства. Учитывая деградацию почв и нехватку доступных удобрений в Гвинее, ожидается значительный спрос на этот продукт, что создаст важный дополнительный источник дохода и будет способствовать продовольственной безопасности.

4) Продажа углеродных кредитов: Проект, сокращающий выбросы метана (мощного парникового газа) со свалок, имеет потенциал для получения доходов от продажи углеродных кредитов на международном рынке. Это соответствует целям Гвинеи по сокращению выбросов, изложенным в ее национальных климатических инициативах [16].

Схемы привлечения финансирования. В качестве возможных схем финансирования проекта по переработке ТБО с помощью анаэробного сбраживания можно предложить государственно-частное финансирование, международное сотрудничество и государственную поддержку.

Модели ГЧП. Учитывая, что государственно-частное партнерство является новшеством для Гвинеи, необходимо разработать надежную и прозрачную структуру ГЧП, которая будет четко определять роли и обязанности всех сторон, механизмы распределения рисков и долгосрочные обязательства [17]. Это поможет преодолеть проблемы, связанные с нехваткой местного потенциала и потенциальным политическим вмешательством.

Международное финансирование. Проект должен активно привлекать средства от международных финансовых институтов, таких как Всемирный банк (который уже поддерживает проекты в Гвинее), Европейский инвестиционный банк, а также фонды климатического финансирования (например, Зеленый климатический фонд, который уже поддерживает Гвинею). Эти источники могут предоставить льготные кредиты, гранты и техническую помощь, необходимые для реализации крупномасштабного проекта в условиях ограниченных внутренних финансовых ресурсов Гвинеи [18].

Государственная поддержка. Для обеспечения долгосрочной жизнеспособности проекта потребуется значительная государственная поддержка. Это может включать предоставление государственных гарантий по кредитам, субсидирование платы за утилизацию отходов, установление гарантированных тарифов на покупку электроэнергии (РРА), а также предоставление налоговых льгот и других стимулов.

Учитывая финансовые ограничения Гвинеи и незрелость рынка ГЧП, проект должен активно привлекать международное финансирование и искать государственные гарантии для снижения рисков и обеспечения долгосрочной жизнеспособности. Это является ключевым фактором успеха, поскольку внутренние ресурсы и опыт в области крупномасштабных ГЧП пока недостаточны.

Выводы. Проблема управления твердыми бытовыми отходами в Конакри является многогранной и острой, требующей немедленных и комплексных решений. Текущая ситуация, характеризующаяся неэффективным сбором, неконтролируемыми свалками и повсеместным открытым сжиганием, создает серьезные экологические и санитарные угрозы, подрывая потенциал устойчивого развития города.

Анализ показал, что из двух рассмотренных технологий, анаэробное сбраживание (АД) является наиболее подходящим вариантом для Конакри. Это обусловлено высоким содержанием органических веществ в ТБО города, значительными экологическими преимуществами АД, такими как сокращение выбросов метана и производство ценных органических удобрений, а также потенциальными социальными выгодами, включая создание рабочих мест и повышение продовольственной безопасности. В отличие от сжигания, АД менее

капиталоемко и не создает проблем с токсичной золой, а его побочный продукт – дигестат – имеет четкий и востребованный рынок в местном сельском хозяйстве.

Для успешной реализации проекта АД в Конакри необходим комплексный и стратегический подход, учитывающий как технические, так и финансовые, институциональные и социальные аспекты.

Литература

1. Chimuka L., Ogola J. Leading the way: Directions of municipal solid waste management in South Africa //Future directions of municipal solid waste management in Africa. – 2015. – С. 176-199.
2. Topanou A. Gestion des déchets solides ménagers dans la ville d'Abomey-Calavi (Bénin): caractérisation et essais de valorisation par compostage : дис. – Aix-Marseille, 2012.
3. Ammar S. B. Les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix des traitements adaptés dans les pays en développement: résultats de la caractérisation dans le grand Tunis mise au point d'un méthode adaptée : дис. – Institut National Polytechnique de Lorraine, 2006.
4. Tini A. La gestion des déchets solides ménagers à Niamey au Niger: essai pour une stratégie de gestion durable : дис. – Lyon, INSA, 2003.
5. Kple M. et al. Etude des voies de valorisation des déchets Ménagers au Bénin : дис. – EPAC/UAC, 2015.
6. <https://scrapad.com/fr/blog/valorisation-des-dechets-et-ses-avantages/> (дата обращения 25.06.2025)
7. Improving solid waste management in Conakry, Guinea - AETS Consultants <https://aets-consultants.com/news/improving-solid-waste-management-in-conakry-guinea> (дата обращения 25.06.2025)
8. Environmental Impacts of Uncontrolled Waste Collection Points in the Urban Municipality of Coyah, Guinea, West Africa - Scientific Research Publishing, <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=140185> (дата обращения 25.06.2025)
9. Getahun T. et al. The potential of biogas production from municipal solid waste in a tropical climate //Environmental monitoring and assessment. – 2014. – Т. 186. – №. 7. – С. 4637-4646.
10. Waste-to-Energy Technology Case Study - Babcock & Wilcox <https://www.babcock.com/home/about/resources/success-stories/waste-to-energy-technology-affaldplus-pch-201-107-case-study> (дата обращения 25.06.2025)
11. Azis M. M., Kristanto J., Purnomo C. W. A techno-economic evaluation of municipal solid waste (MSW) conversion to energy in Indonesia //Sustainability. – 2021. – Т. 13. – №. 13. – С. 7232.
12. Anaerobic Digestion Costs, <https://anaerobic-digestion.com/anaerobic-digestion-plant-design/anaerobic-digestion-costs/> (дата обращения 25.06.2025)
13. Plus Gate Fees and and Other Rules of Thumb - Anaerobic Digestion Cost, <https://anaerobic-digestion.com/anaerobic-digestion-cost-gate-fees/> (дата обращения 25.06.2025)
14. Ратнер С.В., Аксюк Т.Д. Зарубежный опыт стимулирования микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии: организационно-экономические аспекты // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 4. С. 104-113.
15. DRAFTING THE FIRST GUINEA-BISSAU BIENNIAL TRANSPARENCY REPORT (BTR1) CHAPTER II INFORMATION NEEDED TO MONITOR

- PROGRESS IN THE IM - UNFCCC,
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CHAPTER%20II%20BTR1_GUINEA%20BISSAU_NDC.pdf (дата обращения 25.06.2025)
16. Ратнер С.В. Влияние региональных инновационных систем на успешность реализации программ по энергосбережению и повышению энергоэффективности // Инновации. 2015. № 7 (201). С. 60-69.
 17. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Стоимостные барьеры диффузии технологий альтернативной энергетики в России // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 40 (343). С. 25-33.
 18. Guinea, Republic of | Climate & Clean Air Coalition,
<https://www.ccacoalition.org/partners/guinea-republic> (дата обращения 25.06.2025)

References

1. Chimuka L., Ogola J. Leading the way: Directions of municipal solid waste management in South Africa //Future directions of municipal solid waste management in Africa. – 2015. – С. 176-199.
2. Topanou A. Gestion des déchets solides ménagers dans la ville d'Abomey-Calavi (Bénin): caractérisation et essais de valorisation par compostage : дис. – Aix-Marseille, 2012.
3. Ammar S. B. Les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix des traitements adaptés dans les pays en développement: résultats de la caractérisation dans le grand Tunis mise au point d'un méthode adaptée : дис. – Institut National Polytechnique de Lorraine, 2006.
4. Tini A. La gestion des déchets solides ménagers à Niamey au Niger: essai pour une stratégie de gestion durable : дис. – Lyon, INSA, 2003.
5. Kple M. et al. Etude des voies de valorisation des déchets Ménagers au Bénin : дис. – EPAC/UAC, 2015.
6. <https://scrapad.com/fr/blog/valorisation-des-dechets-et-ses-avantages/> (Accessed 25.06.2025)
7. Improving solid waste management in Conakry, Guinea - AETS Consultants <https://aets-consultants.com/news/improving-solid-waste-management-in-conakry-guinea> (Accessed 25.06.2025)
8. Environmental Impacts of Uncontrolled Waste Collection Points in the Urban Municipality of Coyah, Guinea, West Africa - Scientific Research Publishing, <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=140185> (Accessed 25.06.2025)
9. Getahun T. et al. The potential of biogas production from municipal solid waste in a tropical climate //Environmental monitoring and assessment. – 2014. – Т. 186. – №. 7. – С. 4637-4646.
10. Waste-to-Energy Technology Case Study - Babcock & Wilcox <https://www.babcock.com/home/about/resources/success-stories/waste-to-energy-technology-affaldplus-pch-201-107-case-study> (Accessed 25.06.2025)
11. Azis M. M., Kristanto J., Purnomo C. W. A techno-economic evaluation of municipal solid waste (MSW) conversion to energy in Indonesia //Sustainability. – 2021. – Т. 13. – №. 13. – С. 7232.
12. Anaerobic Digestion Costs, <https://anaerobic-digestion.com/anaerobic-digestion-plant-design/anaerobic-digestion-costs/> (Accessed 25.06.2025)
13. Plus Gate Fees and and Other Rules of Thumb - Anaerobic Digestion Cost, <https://anaerobic-digestion.com/anaerobic-digestion-cost-gate-fees/> (Accessed 25.06.2025)
14. Ratner S.V., Akshuk T.D. Foreign experience in stimulating microgeneration based on renewable energy sources: organizational and economic aspects // Scientific and

- technical statements of the St. Petersburg State Polytechnical University. Economic sciences. 2017. Vol. 10. No. 4. P. 104-113.
15. DRAFTING THE FIRST GUINEA-BISSAU BIENNIAL TRANSPARENCY REPORT (BTR1) CHAPTER II INFORMATION NEEDED TO MONITOR PROGRESS IN THE IM - UNFCCC,
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CHAPTER%20II%20BTR1_GUINEA%20BISSAU_NDC.pdf (Accessed 25.06.2025)
 16. Ratner S.V. The Impact of Regional Innovation Systems on the Successful Implementation of Energy Saving and Energy Efficiency Programs // Innovations. 2015. No. 7 (201). P. 60-69.
 17. Ratner S.V., Iosifov V.V. Cost Barriers to the Diffusion of Alternative Energy Technologies in Russia // Economic Analysis: Theory and Practice. 2013. No. 40 (343). P. 25-33.
 18. Guinea, Republic of | Climate & Clean Air Coalition,
<https://www.ccacoalition.org/partners/guinea-republic> (Accessed 25.06.2025)

Поступила в редакцию 27 июня 2025 г.