

От электросети к широкополосному интернету: устойчивые и инновационные энергетические решения для обеспечения связи в сельских районах



**От электросети к
широкополосному интернету:
устойчивые и инновационные
энергетические решения
для обеспечения связи
в сельских районах**

2023



Выражение признательности

Этот отчет подготовлен для Международного союза электросвязи (МСЭ) внешними экспертами г-ном Дональдом Браун-Марке и г-жой Шарлоттой Обен при существенном письменном вкладе сотрудников Бюро развития электросвязи (БРЭ) МСЭ Дезире Карьябвите и Иштвана Божоки (в настоящее время на пенсии).



Просьба подумать об окружающей среде, прежде чем печатать этот отчет

© ITU 2023

Некоторые права защищены. Настоящая работа лицензирована для широкого применения на основе использования лицензии международной организации Creative Commons Attribution-Non-Commercial-Share Alike 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 IGO).

По условиям этой лицензии допускается копирование, перераспределение и адаптация настоящей работы в некоммерческих целях, при условии наличия надлежащих ссылок на настоящую работу. При любом использовании настоящей работы не следует предполагать, что МСЭ поддерживает какую-либо конкретную организацию, продукты или услуги. Не разрешается несанкционированное использование наименований и логотипов МСЭ. При адаптации работы необходимо в качестве лицензии на работу применять ту же или эквивалентную лицензию Creative Commons. При создании перевода настоящей работы следует добавить следующую правовую оговорку наряду с предлагаемой ссылкой: “Настоящий перевод не был выполнен Международным союзом электросвязи (МСЭ). МСЭ не несет ответственности за содержание или точность настоящего перевода. Оригинальный английский текст должен являться имеющим обязательную силу и аутентичным текстом”. С дополнительной информацией можно ознакомиться по адресу: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>.

Правовая оговорка

Употребляемые обозначения, а также изложение материала в настоящей публикации не означают выражения какого бы то ни было мнения со стороны МСЭ или Секретариата МСЭ в отношении правового статуса какой-либо страны, территории, города или района, или их властей, а также в отношении делимитации их границ.

Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей не означает, что они одобряются или рекомендуются МСЭ в предпочтение аналогичных другим компаниям или продуктам, которые не упоминаются. За исключением ошибок и пропусков названия проприетарных продуктов выделяются начальными заглавными буквами.

МСЭ принял все разумные меры для проверки информации, содержащейся в настоящей публикации. Тем не менее публикуемый материал распространяется без каких-либо гарантий, четко выраженных или подразумеваемых. Ответственность за истолкование и использование материала несет читатель.

Заключения, мнения и выводы, представленные в настоящей публикации, не обязательно отражают точку зрения МСЭ или его членов.

ISBN

978-92-61-35964-5 (электронная версия)

978-92-61-35974-4 (версия EPUB)

978-92-61-35984-3 (версия MOBI)

Содержание

Выражение признательности	ii
Предисловие	ix
Резюме	x
1 Общие сведения	1
2 Введение.....	3
3 Ситуация с широкополосным доступом в сельских районах	6
3.1 Урбанизация – миграция населения из сельских районов.....	6
3.2 Инфраструктура в сельских районах	8
3.3 Разрыв в доступности интернета между городскими и сельскими районами: население развивающихся стран, не имеющее доступа в интернет	9
3.4 Достижение универсальной возможности установления соединений	10
3.5 Инфраструктура широкополосной связи в сельских районах	10
3.5.1 Сети беспроводного доступа	11
3.5.2 Покрытие сетей подвижной сотовой связи	12
3.5.3 Инфраструктура широкополосного доступа в сельских районах	13
3.5.4 Сотовые сети подвижной связи	13
3.5.5 Будущие сети 5G – инновационные услуги	16
3.5.6 Технологии с использованием спутников на низкой околоземной орбите – сельские районы, обслуживаемые в недостаточной степени	18
3.5.7 Системы высотных платформ.....	19
3.5.8 Решение по возобновляемым источникам энергии для базовых станций 5G	19
4 Отсутствие доступа к электроэнергии	21
4.1 Энергетические проблемы, ограничивающие распространение широкополосной связи	21
4.2 Устойчивая энергетика для всех	23
4.3 Дефицит электроэнергии в сельских районах развивающихся стран	24
4.4 Переход к инфраструктуре возобновляемых источников энергии	26
4.5 Повышение энергоэффективности – оптимизация потребления	27
5 Возобновляемые источники энергии для электрификации сельских районов	28
5.1 Электроэнергия из возобновляемых источников более конкурентоспособна, чем из ископаемого топлива.....	28
5.2 Солнечная энергия.....	31
5.2.1 Обзор технологий солнечной энергетики	33
5.2.2 Устройство солнечных батарей.....	34
5.3 Выбор размеров солнечных ФЭ-батарей	34
5.3.1 Солнечные инверторы – преобразователи напряжения	36
5.3.2 Преимущество солнечных батарей перед дизель-генераторами.....	36
5.4 Энергия ветра	37
5.5 Топливные элементы	38

5.6	Биомасса	38
5.7	Микро-ГЭС	39
5.8	Сравнение возобновляемых источников энергии – резюме	40
5.9	Автономные возобновляемые источники энергии	42
5.9.1	Мини-сети	43
5.9.2	Автономные системы	46
5.9.3	Сравнение возобновляемых источников энергии и ископаемого топлива для мини-сетей.....	47
5.10	Основные компоненты мини-сетевой установки.....	48
5.11	HorScotch – сельская широкополосная сеть на солнечной энергии в Шотландии	50
5.12	Гибридные энергосистемы	53
5.12.1	Гибридная мини-сеть переменного тока	55
5.12.2	Гибридная мини-сеть постоянного тока	55
5.13	Гибридная солнечно-дизельная генерация	57
5.14	Система на солнечных ФЭ-панелях с дизель-генератором	58
5.15	Решения с использованием накопителей энергии	61
5.15.1	Свинцово-кислотные аккумуляторы.....	62
5.15.2	Литиевые аккумуляторы	62
5.15.3	Проточные батареи	63
5.15.4	Маховики.....	64
5.15.5	Твердотельные аккумуляторы.....	64
5.15.6	Суперконденсаторы	64
5.16	Беспроводная передача энергии	65
5.16.1	Доступ к энергии с использованием беспроводной передачи энергии по радиочастотному лучу	66
5.16.2	Доступ к энергии с использованием беспроводной передачи энергии на основе других технологий	67
6	Финансовые механизмы инвестиций в возобновляемую энергетику	70
6.1	Финансирование сельской инфраструктуры возобновляемых источников энергии	70
6.2	Фонды универсального обслуживания	71
6.3	Внешнее финансирование	72
6.3.1	Продажа углерода	72
6.3.2	Механизм чистого развития (МЧР).....	73
6.3.3	Африканская биржа квот на выбросы углерода (ACCE).....	73
6.3.4	Углеродная биржа (СТХ)	74
6.3.5	Африканский фонд возобновляемых источников энергии (AREF)	74
6.3.6	"Электрификация Африки": инициатива "За пределами единой энергосистемы".....	75
6.3.7	Фонд "Устойчивая энергетика для Африки" (SEFA)	75
6.3.8	Фонд международного развития ОПЕК (OFID).....	76
6.3.9	Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA)	77
6.3.10	Партнерство по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности (REEEP).....	77
6.3.11	Фонд преобразующих инвестиций Министерства по вопросам международного развития (DFID), Соединенное Королевство	78
6.3.12	Устойчивая энергетика для экономического развития (SEED).....	79
6.3.13	Платформа повышения эффективности использования возобновляемых источников энергии (REPP)	80
6.3.14	Сводная таблица вариантов финансирования	82
6.3.15	Финансирование инфраструктуры широкополосной связи для минимизации рисков частных инвесторов	82

6.3.16	Электросвязь и электроснабжение: сотрудничество для устойчивого развития	83
7	Политические механизмы и рекомендации	84
7.1	Введение	84
7.2	Политика в области цифровой инфраструктуры.....	85
7.3	Соображения, касающиеся политики в области цифровой инфраструктуры	86
7.4	Рекомендации по политике в области эксплуатации мини-сетей.....	90
7.5	Особая политика для изолированных районов.....	90
8	Заключение	92
9	Приложения и практические примеры	93
9.1	Энергетические компании	93
9.2	Типовые финансовые, договорные и эксплуатационные решения	95
9.3	Умные зеленые сообщества	96
9.3.1	Умные сообщества	96
9.3.2	Бизнес-модель	97
9.3.3	Ключевые услуги.....	98
9.3.4	Корпоративная социальная ответственность (КСО)	99
9.4	Полезные ссылки	100
	Принятые сокращения.....	102

Список рисунков, вставок и таблиц

Рисунки

Рисунок 1. Количество физических лиц, пользующихся интернетом, 2005–2022 годы.....	4
Рисунок 2. Процентная доля физических лиц, пользующихся интернетом, 2022 год	5
Рисунок 3. Доля городского населения	6
Рисунок 4. Доля городского населения	7
Рисунок 5. Процентная доля жителей городских и сельских районов, пользующихся интернетом, 2022 год.....	9
Рисунок 6. Схема сети электросвязи.....	11
Рисунок 7. Охват населения услугами подвижной связи в разбивке по типу сети, 2015–2022 годы	13
Рисунок 8. Архитектура сети подвижной связи	15
Рисунок 9. Система с использованием нескольких источников энергии для базовой станции 5G, включая возобновляемые источники.....	20
Рисунок 10. Услуги широкополосной связи в НРС остаются дорогостоящими	21
Рисунок 11. Сельское население, лишенное доступа к электроэнергии.....	25
Рисунок 12. Население, имеющее доступ к электроэнергии (городское и сельское), в процентах.....	26
Рисунок 13. Рост мощностей по производству электроэнергии из возобновляемых источников в период с 2019 по 2024 год (ГВт) в разбивке по технологиям.....	29
Рисунок 14. Действующие и прогнозируемые мощности по производству электроэнергии в разбивке по типам источников, 2000–2040 годы.....	30
Рисунок 15. Затраты на производство возобновляемой энергии в 2018 году.....	31
Рисунок 16. Снижение цен на солнечную фотоэлектрическую энергию.....	32
Рисунок 17. Самые низкие аукционные ставки на солнечную энергию в 2018 году	33
Рисунок 18. Типичный профиль суточной нагрузки в сельском районе	35
Рисунок 19. Глобальная средняя плотность потока солнечного излучения	36
Рисунок 20. Выходная мощность ветряной турбины в зависимости от высоты башни	38
Рисунок 21. Сегмент мини-сети (растущая роль мини-сетей и возобновляемых источников энергии)	43
Рисунок 22. Функциональные возможности мини-сети	49
Прототип базовой станции WindFi на острове Бьют, 2010 год	51
Пример сети НорСкотч, соединяющей отдаленный населенный пункт с IP-магистралью	52
Ежедневная выработка электроэнергии ветрогенераторами и солнечными батареями	53
Рисунок 23. Гибридная мини-энергосистема со связью по переменному току.....	56
Рисунок 24. Гибридная сеть постоянного тока на ветрогенераторах и солнечных ФЭ-панелях	57
Рисунок 25. Иллюстрация различных режимов работы гибридных систем	58
Рисунок 26. Цена литий-ионных аккумуляторов в разбивке по комплектам и элементам.....	63
Рисунок 27. Типичный сценарий беспроводной передачи энергии	65
Рисунок 28. Иллюстрация БПЭ из пункта в пункт	66
Рисунок 29. Эксперимент по передаче электроэнергии из пункта в пункт на расстояние в одну милю с 26-метровой параболической антенной и клистроном 2,388 ГГц мощностью 450 кВт в качестве передатчика и ректенной решеткой размером 3,4 x 7,2 м в качестве приемника	67
Рисунок 30. Блок-схема типичной системы БПЭ на основе магнитной индукции}	68
Рисунок 31. Блок-схема типичной системы БПЭ на основе магнитного резонанса	69
Рисунок 32. Пример фиксированных устройств БПЭ	69
Рисунок 33. Ежегодная экономия затрат в отрасли благодаря переходу на экологически чистые энергетические решения (млрд. долл. США).....	83
Рисунок 34. Энергетические решения ЭСКО в Африке	94
Рисунок 35. Пример договорно-технических решений для компаний электросвязи	95
Рисунок 36. Пример надежного технического решения	96
Рисунок 37. Пример умной зеленой деревни	97
Рисунок 38. Умные зеленые сообщества и ЦУР	100

Вставки

Вставка 1. Строение сети подвижной связи	15
Вставка 2. Huawei – подход на основе многоуровневого спектра	17

Таблицы

Таблица 1. Сравнение типовых скоростей передачи данных фиксированной широкополосной связи.....	12
Таблица 2. Эволюция сетей подвижной связи.....	14
Таблица 3. Преимущества возобновляемых источников энергии	40
Таблица 4. Система отслеживания прогресса в выполнении инициативы SE4ALL во всем мире.....	44
Таблица 5. Меры в области доступа к энергии (EA) и ориентировочные преимущества энергоэффективности (EE) – возможности в отношении EA и EE в соответствующем контексте	45
Таблица 6. Характеристики мини-сетей и автономных систем на возобновляемых источниках энергии, 2012/13 годы	48
Таблица 7. Классификация механизмов политики	87

Предисловие



Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) играют решающую роль в реализации Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года.

Для сектора ИКТ, его услуг и приложений необходима доступная электроэнергия. Электроэнергия требуется для большей части оборудования ИКТ – подзарядки устройств, питания базовых станций сети подвижной связи, работы центров обработки данных, функционирования сетей и многого другого. Отсутствие надежного доступа к недорогой электроэнергии остается серьезным препятствием, особенно в наименее развитых странах (НРС), развивающихся странах, не имеющих выхода к морю (ЛЛДС), малых островных развивающихся государствах (СИДС), а также в сельских и отдаленных районах, где люди могут получить наибольшую выгоду от преобразующей силы ИКТ, но электроэнергия, получаемая из общенациональной энергосистемы, малодоступна, а доходы низки.

Существует симбиотическая связь между электроэнергией и возможностью установления интернет-соединений в местах, которые остаются неподключенными, в частности потому, что бизнес-модели с использованием автономных источников энергии опираются на возможность установления соединений для дистанционного управления. К тому же бизнес-модели, опирающиеся на возможность установления соединений, выигрывают от более широкого использования мобильных услуг, особенно финансовых.

Электроэнергетические сети также можно использовать для расширения национальных и сельских магистралей широкополосной связи. Важным инструментом экономии затрат и расширения охвата услугами может стать совместное и повторное использование инфраструктуры, что подчеркивает важность сотрудничества и координации между секторами ИКТ и энергетики для обеспечения возможности установления соединений в сельских районах.

Хотя существует широкий спектр возобновляемых источников энергии, доставка этой энергии традиционными методами может оказаться дорогостоящим делом. Из-за непомерно высокой стоимости установки и обслуживания линий электропередачи и кабелей множество людей в сельской местности нередко остаются без надежного источника электроэнергии. В таких ситуациях путь к экономически эффективному установлению интернет-соединений могут открыть космическая связь, новые технологии широкополосной спутниковой связи и такие новаторские решения, как системы беспроводной передачи энергии.

МСЭ стремится работать с заинтересованными сторонами над расширением возможности установления широкополосных интернет-соединений, поиском инновационных способов безопасной и эффективной доставки экологически чистой энергии в сельские и отдаленные районы и достижением целей в области борьбы с изменением климата, изложенных в Парижском соглашении 2015 года.

Мы призываем органы государственной власти, директивные и регуляторные органы соответствующим образом пересмотреть свои национальные планы в области широкополосной связи. Руководящие принципы, изложенные в этом документе, направлены на оказание помощи Государствам-Членам, регуляторным органам и заинтересованным сторонам из частного сектора в модернизации их сетей и освоении методов надлежащего использования современных и более энергоэффективных сетей, включая беспроводное электричество (беспроводную передачу электроэнергии) и связь по линиям электропередачи. В частности эти руководящие принципы будут полезны для реализации Повестки дня МСЭ "Соединим к 2030 году" по подключению к интернету каждой школы, больницы, администрации, каждого предприятия и общественного учреждения, а также для оказания странам поддержки в целях активизации разработки более зеленых ИКТ, умных экологических сообществ и умных сетей, которые послужат для создания более контролируемых и эффективных энергосистем.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cosmas Lakisan Zavaza'.

Д-р Космас Лакисан Завазава
Директор Бюро развития электросвязи (БРЭ)
Международный союз электросвязи (МСЭ)

Резюме

Доступ к электроэнергии является ключом к преодолению цифрового разрыва в сельских районах и развитию информационного общества для всех. Отсутствие надежного доступа к недорогой электроэнергии остается серьезным препятствием, особенно в наименее развитых странах мира (НРС), развивающихся странах, не имеющих выхода к морю (ЛЛДС), и малых островных развивающихся государствах (СИДС), а также в сельских и отдаленных районах. Доступ к электроэнергии и широкополосной связи, включая услуги и приложения, основанные на информационно-коммуникационных технологиях (ИКТ), играет важную роль в усилиях по достижению Целей в области устойчивого развития (ЦУР) и обеспечению возможности установления соединений для 2,7 миллиарда человек во всем мире, которые все еще не имеют доступа в интернет.

Без электроэнергии люди не могут получить доступ в интернет и, таким образом, извлечь выгоду из цифровой трансформации современной экономики, в том числе в сфере образования, здравоохранения, сельского хозяйства и торговли.

В этом отчете рассматриваются проблемы, связанные с обеспечением доступа к электроэнергии, который имеет жизненно важное значение для обеспечения возможности установления интернет-соединений в сельских районах.

Основная проблема – отсутствие доступа к электроэнергии в сельских районах

- Доступ к электросетям:
 - отсутствует;
 - ненадежен;
 - неприемлем в ценовом отношении.
- Причины экономической нецелесообразности расширения энергосистем в сельских и отдаленных районах:
 - высокая стоимость и большая протяженность сетей передачи и распределения электроэнергии;
 - низкая плотность населения, рассеянное население – рассредоточенные дома;
 - бедное население – низкие тарифы;
 - медленный возврат инвестиций;
 - недостаточные инвестиции в инфраструктуру и финансирование.

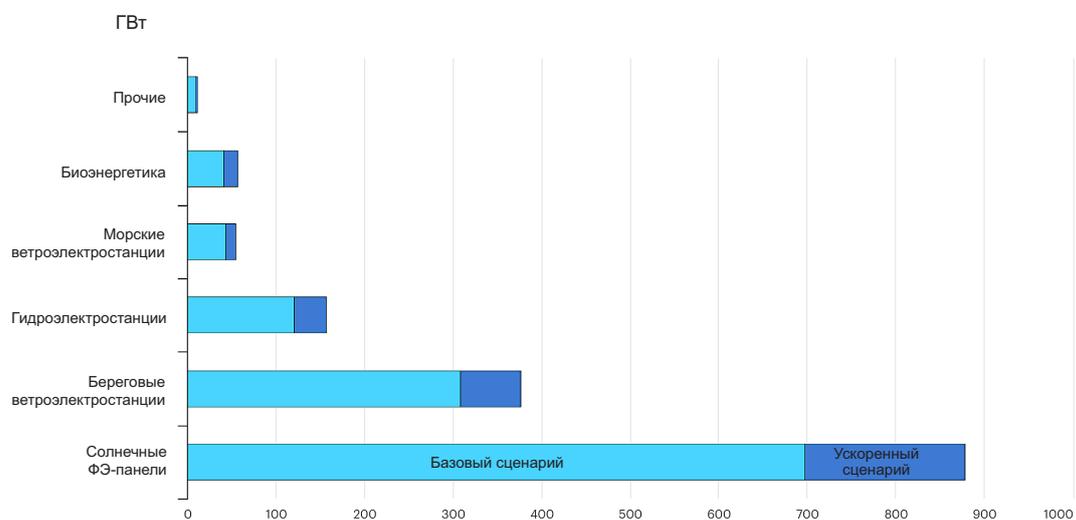
Инфраструктурные проблемы электрификации сельских районов

- Отдаленные труднодоступные территории и сложный и рельеф местности.
- Отсутствие надежной, приемлемой в ценовом отношении и безопасной прилегающей инфраструктуры, такой как электросети.
- Отсутствие покрытия мобильного интернета или сетей фиксированного широкополосного беспроводного доступа, а также отсутствие доступа к международной полосе пропускания.
- Отсутствие средств ИКТ в сельских сообществах.
- Ограниченное количество пунктов зарядки мобильных устройств и устройств ИКТ, подключенных к интернету, и их удаленность.
- Ограниченные возможности применения автономных энергоустановок – нестабильное питание от дизель-генераторов и прерывистая подача электроэнергии от возобновляемых источников.

Проблемы расширения энергосистем в сельских районах

- Общациональная энергосистема может развертываться только в густонаселенных районах.
- Необходим достаточный потенциальный спрос, чтобы оправдать высокие инвестиционные затраты на линии передачи и распределения электроэнергии.
- Розничные тарифы на сетевую электроэнергию – субсидируемые и несубсидируемые.

Чтобы облегчить доступ к электроэнергии, необходимы устойчивые и инновационные электроэнергетические решения для обеспечения возможности установления соединений в сельских районах, ориентированные на возобновляемые источники энергии для электрификации сельских районов, наиболее дешевые источники, такие как солнечная энергия (фотоэлектрические элементы) и энергия ветра, а также другие источники чистой энергии (гидроэлектростанции, геотермальная энергия и биомасса). На приведенном ниже графике показаны прогнозы роста мощностей по производству электроэнергии из возобновляемых источников во всем мире в период с 2019 по 2024 год.

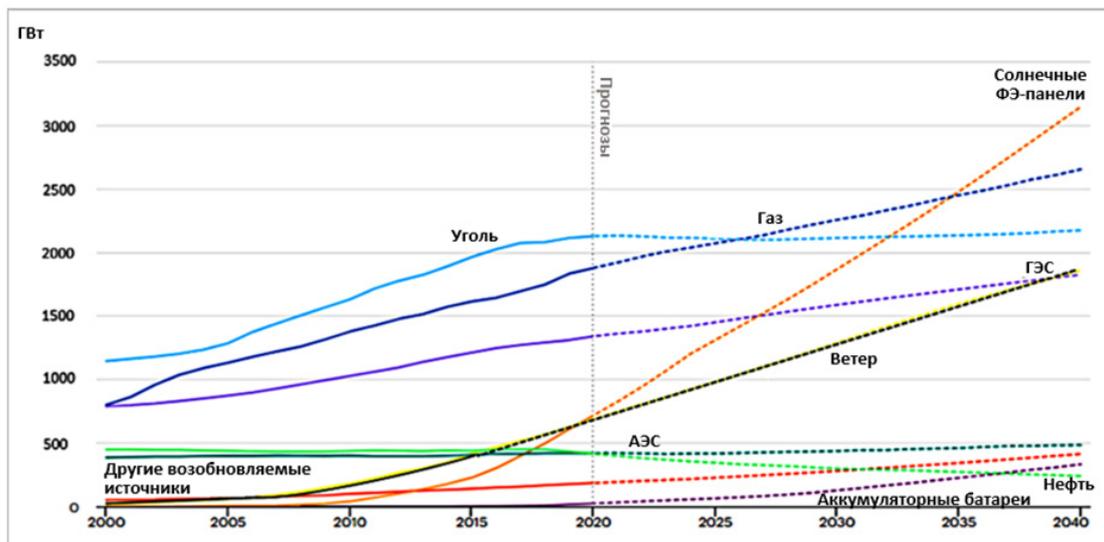


IEA, Licence: CC BY 4.0

● Базовый сценарий ● Ускоренный сценарий

Источник: МЭА, Рост мощностей по производству электроэнергии из возобновляемых источников в период с 2019 по 2024 год в разбивке по технологиям.

Действующие и прогнозируемые мощности по производству электроэнергии в разбивке по типам источников, 2000–2040 годы



В этом контексте для обеспечения экономически эффективного доступа в интернет можно рассмотреть новую технологию, такую как беспроводная передача энергии (БПЭ). Разработанные МСЭ стандарты умных решений в области энергетики, такие как Рекомендация МСЭ-Т L.1380, посвящены умным энергетическим решениям для объектов электросвязи, касающимся, в частности, производительности, безопасности, энергоэффективности и воздействия на окружающую среду, когда система работает с использованием энергии разных типов, например фотоэлектрической (ФЭ) энергии, энергии ветра, топливных элементов и электрической сети. В Рекомендации рассматривается также умное управление энергопотреблением; например, порядок управления потоками энергии для достижения более высокого уровня энергоэффективности и использование экологически чистых источников энергии, в случае если электрическая сеть вышла из строя.

В Рекомендации МСЭ-Т L.1210 определены решения по энергоснабжению для сетей 5G, оборудования и сетей конвергированного беспроводного и проводного доступа с учетом их более высоких требований к готовности и надежности услуг, а также новых сценариев развертывания наряду с экологическим воздействием предлагаемых решений. Эта Рекомендация применяется в области энергоснабжения элементов сетей подвижного и фиксированного доступа, в особенности оборудования, которое имеет аналогичные конфигурации и потребности.

Рекомендация МСЭ-Т L.1382 служит для ускорения развертывания сетей, сокращения капитальных (CAPEX) и текущих (OPEX) расходов, оптимизации эффективности инвестиций и задания направления трансформации и оптимизации отрасли ИКТ. Новая архитектура построения сетей, новые технологии энергоснабжения и спецификации в Рекомендации МСЭ-Т L.1382 также будут эффективно содействовать совершенствованию технологий в этом секторе.

И последнее, но не менее важное: к одной системе может быть подключено несколько источников энергии, таких как фотоэлектрические панели, ветряные турбины, топливные элементы, электросеть, электрогенераторы и аккумуляторные батареи. В Рекомендации МСЭ-Т L.1381 рассматриваются способы умного управления этими разнообразными источниками энергии, призванные повысить энергоэффективность и сократить выбросы углерода. Кроме того, применительно к умным системам охлаждения в этой Рекомендации рассматривается использование наружного воздуха для охлаждения и способы оптимизации технологий охлаждения оборудования ИКТ, например охлаждение стоек ИКТ, методы охлаждения по рядам и жидкостное охлаждение.

1 Общие сведения

На Всемирной конференции по развитию электросвязи 2022 года (ВКРЭ-22), состоявшейся в Кигали (Руанда), в качестве приоритета номер один для Сектора развития электросвязи МСЭ (МСЭ-D) была принята "возможность установления приемлемых в ценовом отношении соединений". Цель этого приоритета заключается в использовании современных, имеющихся в наличии, защищенных, доступных и приемлемых в ценовом отношении соединений благодаря развертыванию инфраструктуры и услуг электросвязи/информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для преодоления цифровых разрывов. Задача этого приоритета – содействовать развитию инфраструктуры и услуг, используя существующие, а также новые и появляющиеся услуги и технологии электросвязи/ИКТ и новые бизнес-модели. В ходе данного процесса Государствам-Членам предоставляется помощь для повышения и укрепления доверия и безопасности при использовании электросвязи/ИКТ.

По состоянию на 15 ноября 2022 года в мире проживало 8 миллиардов человек и около 5,3 миллиарда человек – около 66% населения мира – уже пользовались интернетом. Но это означает, что около 2,7 миллиарда человек во всем мире не имеют какого бы то ни было подключения к интернету; таким образом, в наименее развитых странах и развивающихся странах, не имеющих выхода к морю, где, согласно публикации МСЭ "Факты и цифры" за 2022 год, вышедшей 30 ноября 2022 года, в среднем только 36% населения имеют доступ в интернет, универсальная возможность установления соединений все еще остается отдаленной перспективой.

И хотя данные отражают медленный, но неуклонный рост числа абонентов фиксированной широкополосной связи, в качестве предпочтительной платформы доступа в интернет продолжает доминировать подвижная связь, особенно в странах с низким уровнем дохода, где услуги кабельной связи могут быть дефицитными и дорогостоящими, особенно для тех, кто живет за пределами крупных городов¹.

Связь – энергоемкая технология, которая не может развиваться при отсутствии доступа к электроэнергии, в частности к приемлемым в ценовом отношении, надежным и масштабируемым источникам электропитания. По данным Организации Объединенных Наций² мир продолжает двигаться к достижению целей устойчивой энергетики. Но для достижения цели 7 в области устойчивого развития (ЦУР 7), которая заключается в обеспечении к 2030 году всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех, нынешних темпов прогресса недостаточно. Соответственно усилиям в этом направлении необходимо придать мощный импульс.

Задача 7.1 ЦУР 7 заключается в обеспечении всеобщего доступа к недорогому, надежному и современному энергоснабжению, а показатель 7.1.1 отражает долю населения, имеющего доступ к электроэнергии. Задача 7.2 заключается в значительном увеличении доли энергии из возобновляемых источников в мировом энергетическом балансе. Задача 7.3 заключается в удвоении глобального показателя повышения энергоэффективности к 2030 году.

Для достижения цели обеспечения приемлемой в ценовом отношении универсальной возможности установления соединений, особенно в развивающихся странах, потребуются согласованные глобальные усилия. В настоящее время внимание всего мира сосредоточено на усилиях по достижению "реальной универсальной возможности установления соединений", направленных на пропаганду преимуществ онлайн-участия при одновременном смягчении потенциальных недостатков цифровой связи. В своем докладе за 2019 год Комиссия Организации Объединенных Наций по широкополосной связи в интересах устойчивого развития признала доступность услуг широкополосной связи критически важным компонентом усилий по достижению ЦУР. Помимо их простого наличия, услуги широкополосного доступа должны быть доступными, актуальными и приемлемыми в ценовом отношении, а также безопасными, надежными, расширяющими возможности пользователей и оказывающими положительное воздействие³.

¹ ITU, Measuring digital development: Facts and Figures 2022.

² Организация Объединенных Наций, [Доклад о целях в области устойчивого развития, 2022 год](#).

³ ITU/UN, ITU/UNESCO, The State of Broadband: Broadband as a Foundation for Sustainable Development, ITU/UNESCO, 2019.

Основным фактором, сдерживающим распространение услуг широкополосной связи, является то, что большая часть населения, не имеющего возможности установления соединений, проживает в сельских и отдаленных районах, где нет энергосистемы, которая служила бы приемлемым в ценовом отношении источником электроэнергии для базовых станций сети подвижной связи. МСЭ определил, что распространение услуг цифровой электросвязи в сельских и отдаленных районах в первую очередь обусловлено технико-экономическими факторами, касающимися предоставления услуг подвижной связи.

Кроме того, помимо технико-экономических факторов, расширение цифрового проникновения служит ключом к достижению нескольких ЦУР в сферах образования, здравоохранения, распространения финансовых услуг, расширения прав и возможностей женщин, доступа к знаниям, услугам и товарам. Инновации в области информационных и экологически чистых технологий направлены на сокращение цифрового разрыва.

2 Введение

Широкополосный доступ в интернет может коренным образом изменить качество жизни и создать новые возможности, что окажет положительное социально-экономическое воздействие на сообщества и семьи⁴, ⁵. Высококачественные услуги высокоскоростной передачи данных могут способствовать структурным изменениям в жизненно важных секторах экономики. Это не просто удобство: широкополосная связь обеспечивает необслуживаемым или обслуживаемым в недостаточной степени сообществам доступ к жизненно важной информации и услугам, а также открывает новые благоприятные возможности для местного бизнеса, образования, здравоохранения и улучшения условий жизни.

Комиссия по широкополосной связи в интересах устойчивого развития рассматривает широкополосную связь как основу для решения глобальных проблем, обозначенных в ЦУР. Комиссия считает широкополосную связь одним из самых мощных и эффективных инструментов для реализации преобразующих решений, способствующих устойчивому развитию, решению проблемы гендерного неравенства и развитию низкоуглеродной экономики.

По оценкам МСЭ, в 2022 году⁶ интернетом пользовались 66% населения мира, или 5,3 миллиарда человек (см. рисунок 1). На региональном уровне в странах Европы, Содружества Независимых Государств (СНГ) и Северной и Южной Америки интернетом пользуется от 80% до 90% населения. В арабских странах и странах Азиатско-Тихоокеанского региона интернетом пользуются около двух третей населения (соответственно 70% и 64%), в то время как в среднем по Африке этот показатель составляет лишь 40% населения.

Если сгруппировать страны по уровню развития, то становится понятным, что в НРС и ЛЛДС, где в настоящее время доступ в интернет имеют только 36% населения (см. рисунок 2), универсальная возможность установления соединений остается отдаленной перспективой. Неравенство в доступности услуг фиксированной связи между странами проявляется намного сильнее, чем в случае подвижной связи. Если в странах с доходами выше среднего и высоким уровнем доходов услуги фиксированной связи получили широкое распространение среди домохозяйств, то в странах с низким уровнем доходов они практически недоступны из-за высоких цен и отсутствия инфраструктуры.

Органы государственного управления, промышленные предприятия и общественные круги признают, что отсутствие доступа к приемлемой в ценовом отношении электроэнергии представляет собой серьезное препятствие для дальнейшего проникновения услуг широкополосной связи в сельские и отдаленные районы развивающихся стран⁷. Таким образом, важным шагом к обеспечению всеобщего доступа к услугам широкополосной связи в этих обслуживаемых в недостаточной степени и/или необслуживаемых сообществах является обеспечение доступа к недорогим источникам электроэнергии.

Рост сектора возобновляемых источников энергии создает огромные возможности для создания автономных, местных источников экологически чистой энергии, использующих солнечную энергию, энергию ветра и другие возобновляемые источники. Обеспечение доступа к этим надежным источникам приемлемой в ценовом отношении электроэнергии не только понизит эксплуатационные расходы на узлы электросвязи и системы ИКТ, но и будет способствовать искоренению нищеты и содействовать социально-экономическому развитию сельских общин.

⁴ OECD, *Broadband and The Economy, Ministerial Background Report DSTI/ICCP/IE(2007)3/ FINAL*.

⁵ World Bank, *Connecting for Inclusion: Broadband Access for All*, September 18, 2015.

⁶ ITU, *Measuring digital development: Facts and Figures 2022*.

⁷ http://broadbandcommission.org/Documents/ITU_discussion-paper_Davos2017.pdf

Рисунок 1. Количество физических лиц, пользующихся интернетом, 2005–2022 годы

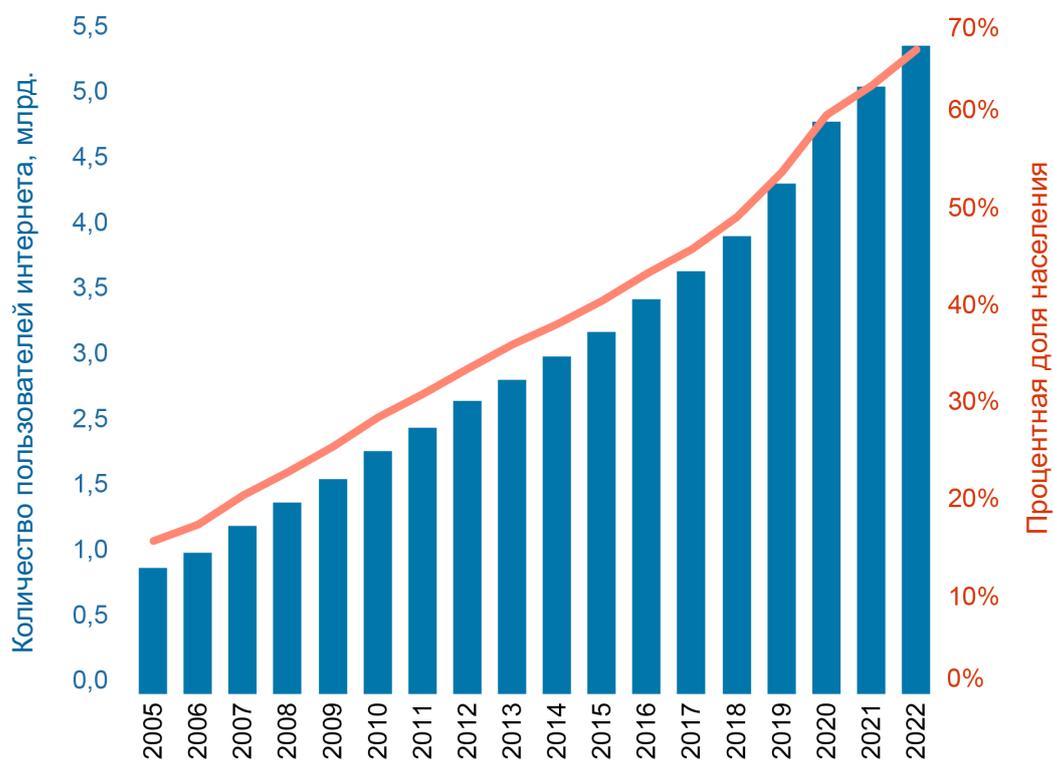
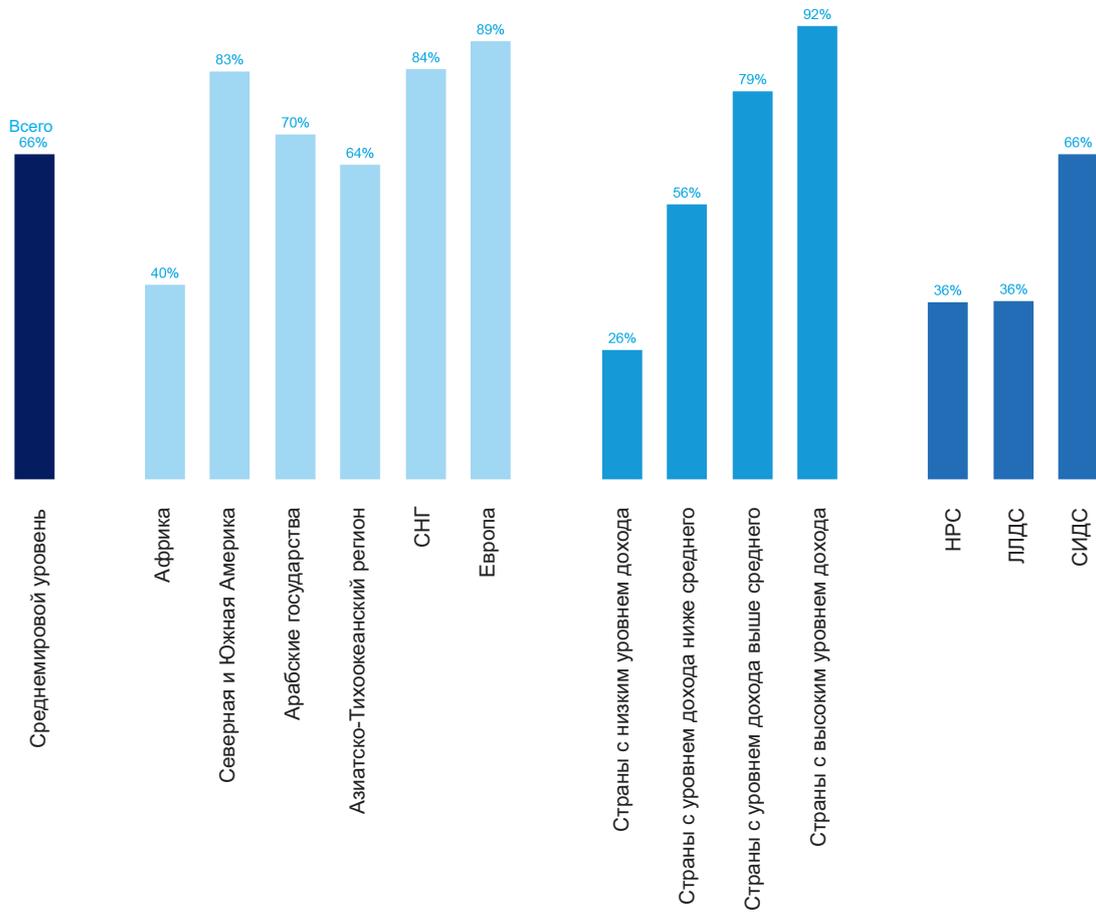


Рисунок 2. Процентная доля физических лиц, пользующихся интернетом, 2022 год



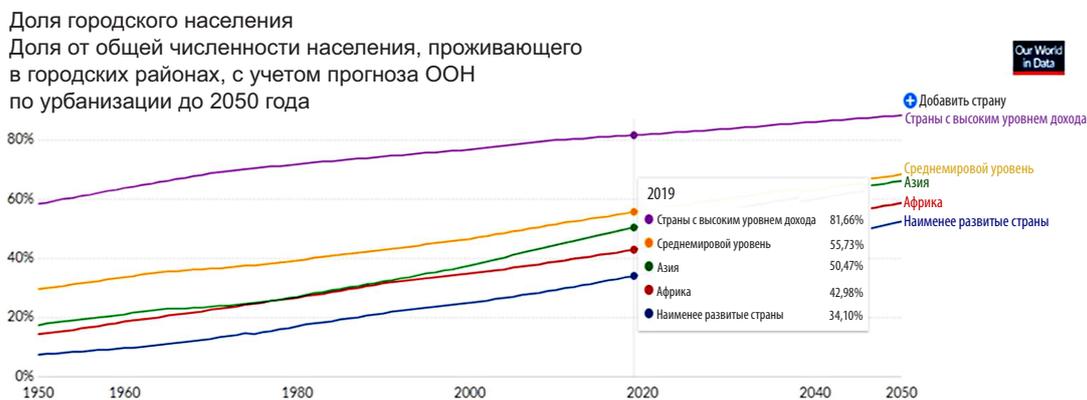
3 Ситуация с широкополосным доступом в сельских районах

3.1 Урбанизация – миграция населения из сельских районов

Согласно статистическим данным Организации Объединенных Наций, в 2018 году 4,2 миллиарда человек, или 55% населения мира, проживали в городах. В Азии уровень урбанизации составил около 50%, в то время как Африка, где в городах проживает 43% населения, по-прежнему остается главным образом сельской (см. рисунок 3).

ООН прогнозирует постепенный отток населения из сельских районов в города, так что к 2050 году в них переедут еще 2,5 миллиарда человек. Предполагается, что большая часть этого прироста (по некоторым оценкам 90%) придется на Азию и Африку. В 2018 году сельское население во всем мире выросло до 3,4 миллиарда человек; после нескольких лет дальнейшего роста прогнозируется снижение его численности к 2050 году до 3,1 миллиарда человек, как показано на рисунке 4.

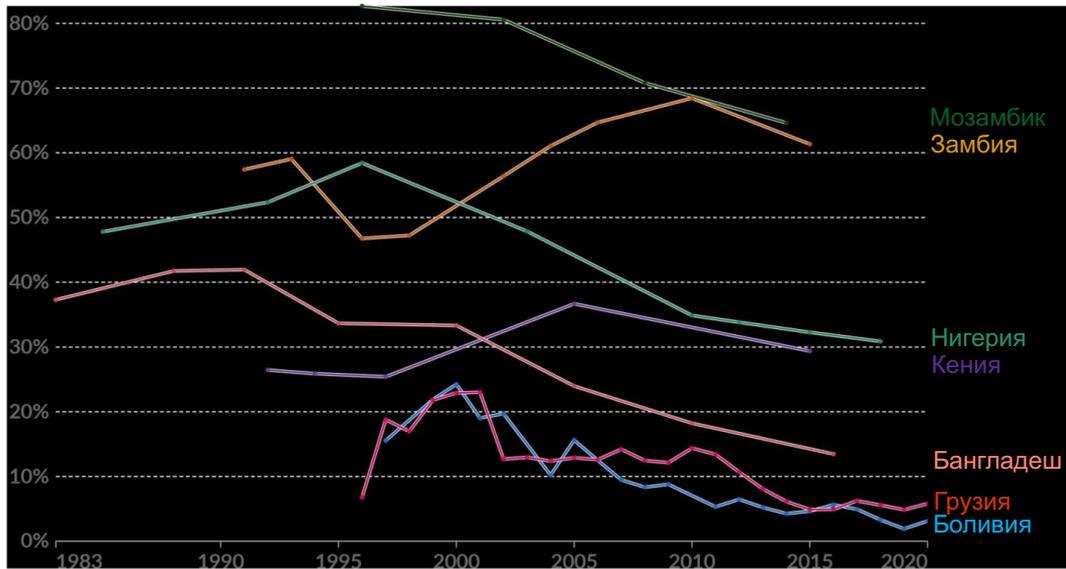
Рисунок 3. Доля городского населения



Источник: Our World in Data (<https://ourworldindata.org/>).

Доля населения, живущего в условиях крайней нищеты, 1983–2020 годы

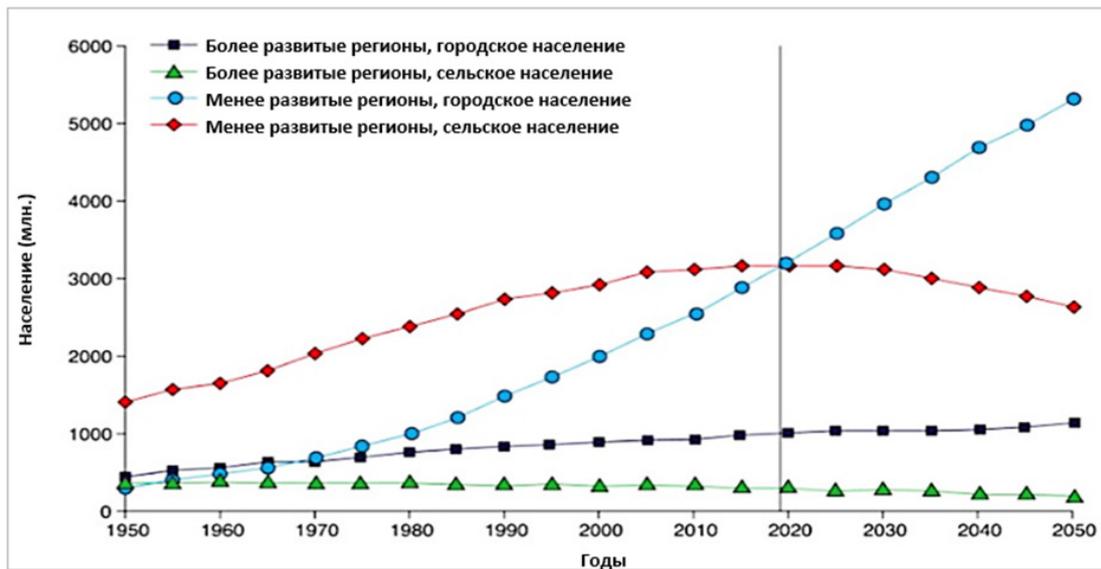
Крайняя нищета определяется как проживание менее чем на 2,15 долл. США в день (порог, установленный для международной черты бедности). Эти данные скорректированы с учетом инфляции и различий в стоимости жизни между странами.



Источник: World Bank Poverty and Inequality Platform.

Примечание. Данные в международных долларах США в ценах 2017 года. Они относятся к располагаемому доходу или расходам на душу населения (точные определения варьируются).

Рисунок 4. Доля городского населения



Источник: Our World in Data. На основе публикации ООН World Population Prospects 2018 года и исторических источников. Городские районы очерчены на основе национальных определений.

3.2 Инфраструктура в сельских районах

Инвестиции в инфраструктуру играют важную роль в экономическом развитии: дороги, производство и доставка электроэнергии, другие коммунальные услуги, связь и цифровая широкополосная инфраструктура – все это лежит в основе усилий по устойчивому развитию и экономических преобразований в странах с формирующейся экономикой. В целях содействия всеобщему процветанию важно, чтобы социально-экономические блага, которыми пользуются городские жители, на равной основе распространялись и среди сельского населения, чтобы уменьшить миграцию из сельских районов в города. Для того чтобы преимущества экономического развития и цифрового общества были доступны всем гражданам, проживают ли они в городских, сельских районах или на отдаленных островах, крайне важно развивать взаимосвязанную и интегрированную инфраструктуру, охватывающую городские и сельские районы, которая устранил разрыв между городским населением с его более высокими заработками и населением бедных сельских общин.

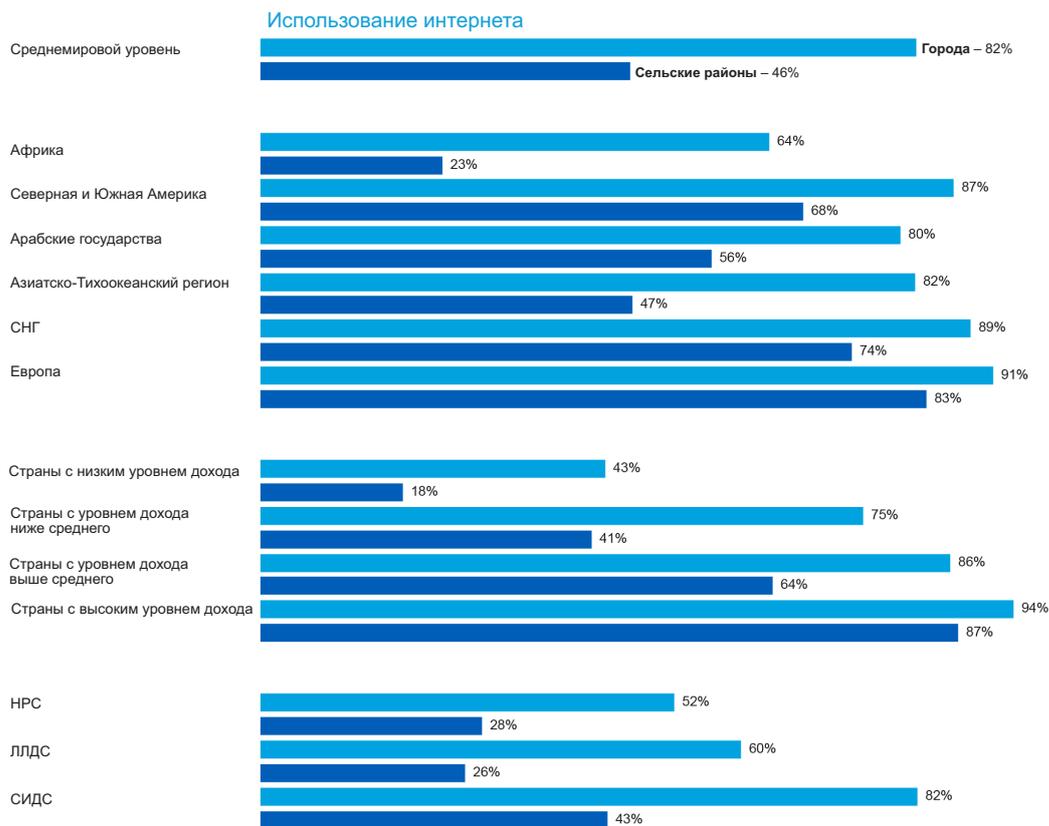
Недоступность электроэнергии в сельских районах оказывает пагубное воздействие на социально-экономическое развитие и приводит к ограничению возможностей. Доступ к приемлемой в ценовом отношении электроэнергии и инфраструктуре широкополосной связи привнесет преобразующую силу цифровой экономики в сельские, отдаленные и островные сообщества.

Например, в Африке 620 миллионов из 900 миллионов человек все еще не имеют доступа к электроэнергии. Это приводит к ежегодной потере двух процентных пунктов роста и к миллиардным расходам на ископаемое топливо для электрогенераторов, загрязняющих окружающую среду. Для необходимой электрификации всей Африки до 2030 года требуются 63 млрд. долларов США в год. Однако фактические капиталовложения составляют всего 8 млрд. долларов США в год. Без постепенного внедрения инновационных энергетических решений в Африке скоро будет насчитываться 300 тысяч вышек сотовой связи, работающих на дизельном топливе.

3.3 Разрыв в доступности интернета между городскими и сельскими районами: население развивающихся стран, не имеющее доступа в интернет

В 2022 году две трети населения мира имели доступ в интернет, что позволяло всем этим людям участвовать в глобальной цифровой экономике и пользоваться преобразующими социально-экономическими возможностями цифровой экосистемы. Однако треть населения мира по-прежнему не подключена к интернету и лишена преимуществ цифровой эпохи.

Рисунок 5. Процентная доля жителей городских и сельских районов, пользующихся интернетом, 2022 год



Доступ к услугам широкополосной цифровой связи в сообществах, обслуживаемых в недостаточной степени, смягчит некоторые социально-экономические проблемы, с которыми сталкиваются сообщества, не имеющие возможности установления соединений. Сельские предприятия и кустарные промыслы будут процветать – они получают доступ к широкому спектру услуг и смогут более эффективно и результативно предоставлять собственные услуги, что позволит им успешнее конкурировать на более широком рынке.

Расширение покрытия сетей подвижной связи во всем мире привело к резкому росту предложения услуг передачи данных в интернете, что обусловлено наличием недорогих устройств, удешевлением тарифных планов и увеличением масштабов использования интернета растущим средним классом, который может позволить себе оплачивать предлагаемые услуги⁸. Сокращение цифрового разрыва между городскими и сельскими районами путем подключения тех, кто еще не подключен, является приоритетом Комиссии по широкополосной связи в интересах устойчивого развития.

⁸ McKinsey&Company, 2014, offline-and-falling-behind-barriers-to-internet-adoption.

3.4 Достижение универсальной возможности установления соединений

Комиссия по широкополосной связи в интересах устойчивого развития прогнозирует, что для повсеместного распространения интернета потребуется более двух десятилетий. В этот период будут развиваться крупномасштабные сети интернета вещей, что возвестит о наступлении того, что Клаус Шваб назвал четвертой промышленной революцией, – когда целый ряд новых технологий объединит физический, цифровой и биологический миры, оказав влияние на все области знания, экономику и отрасли промышленности⁹. Эти достижения будут в значительной степени базироваться на развертывании интернет-сети для обеспечения универсального доступа.

Широкополосная связь стала краеугольным камнем умной инфраструктуры, и правительства государств ставят цели по обеспечению универсального доступа к услугам широкополосной связи.

3.5 Инфраструктура широкополосной связи в сельских районах

Необходимы эффективные стратегии и политика для сокращения разрыва в использовании интернета в развивающихся регионах мира, особенно в сельских районах. Успешные решения могут воспроизводиться и масштабироваться для расширения возможности установления соединения в сельских районах с большой численностью неподключенного населения при минимальных затратах.

Основные проблемы, препятствующие предоставлению услуг электросвязи в сельских районах, вызваны техническими и экономическими факторами. Основные технологии передачи данных для предоставления услуг широкополосного доступа в интернет – это волоконно-оптические системы, сети на основе меднопроводных цифровых абонентских линий (xDSL)/коаксиального кабеля, сети наземной сотовой подвижной широкополосной связи, сети фиксированного беспроводного доступа на базе наземной микроволновой связи и спутниковые сети. Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и недостатки, которые в сочетании с нормативно-правовой базой, коммерческими целями и режимом финансирования влияют на решение относительно того, в какой области применение этой технологии будет наиболее целесообразным.

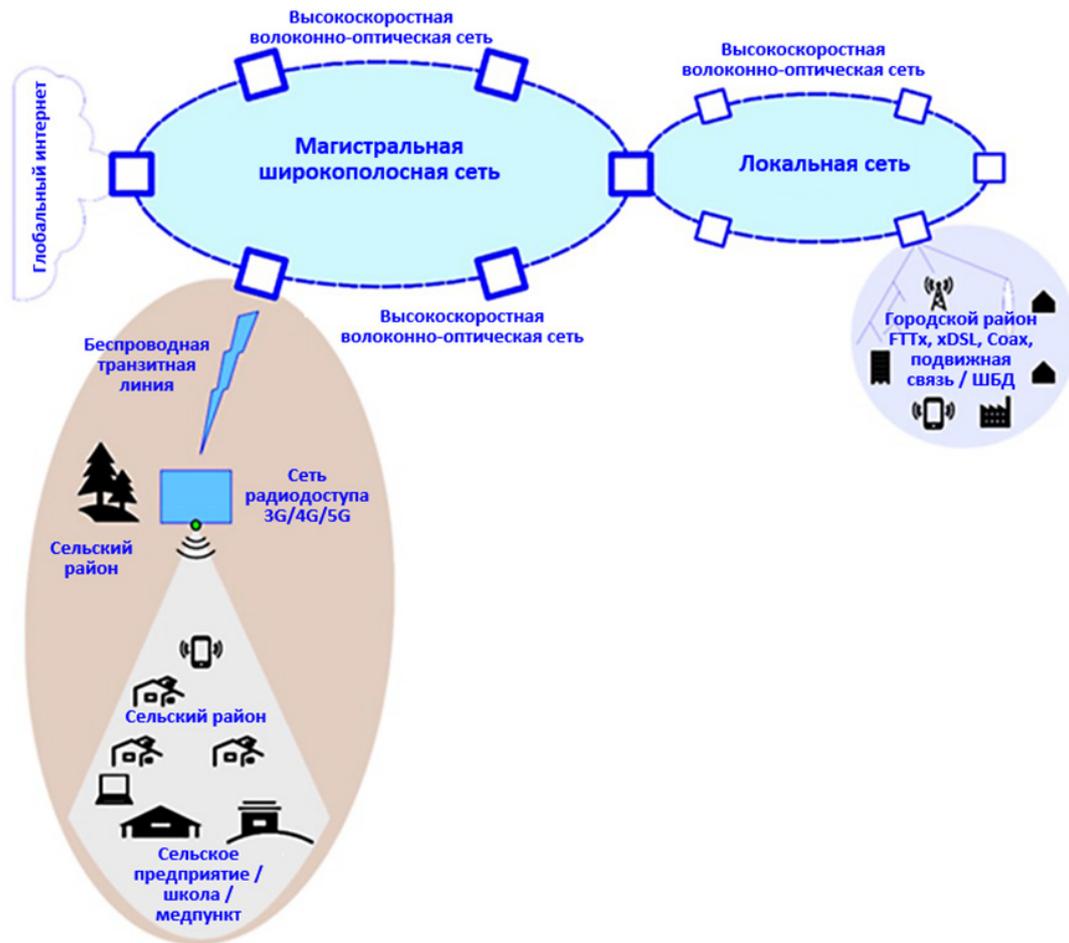
В городских районах для подключения домов и офисов к услугам интернета чаще всего предпочитают решения широкополосной связи на базе кабельной инфраструктуры, такие как волоконно-оптические сети, коаксиальный кабель (coax) и меднопроводные DSL.

В сельских районах часто более рентабельными оказываются беспроводные технологии, в том числе сотовые сети подвижной связи, сети фиксированного беспроводного доступа и спутниковые технологии, которые позволяют быстрее развернуть приемлемые в ценовом отношении услуги широкополосного доступа¹⁰. Наиболее рентабельными и эффективными технологиями для подключения сельских и отдаленных населенных пунктов к базовой сети считаются решения для обеспечения транзитных соединений с использованием радиоволн микроволнового и миллиметрового диапазона (см. рисунок 6). Транзитные каналы соединяют несколько географически разнесенных узлов доступа, агрегируя локальный городской или сельский трафик на пути к базовой сети.

⁹ <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>

¹⁰ Веб-страница МСЭ-D, посвященная инициативам для сельских районов. <http://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Pages/RuralCommunications.aspx>

Рисунок 6. Схема сети электросвязи



Хотя волоконно-оптические технологии обеспечивают наивысшую пропускную способность на больших расстояниях, высокие затраты на установку (рытье траншей, планирование, получение разрешений и т. д.), а также длительное время реализации проектов делают нецелесообразным их применение в качестве недорогого инфраструктурного решения для сельских районов. Однако волоконно-оптические технологии можно использовать для расширения совместно используемой инфраструктуры широкополосной связи с очень высокой пропускной способностью для охвата региональных центров и узлов агрегации в конкретной стране, находящихся на значительном расстоянии от базовой сети. Эти технологии часто используют для магистральных сетей, соединяющих разные сегменты базовой сети, муниципалитеты и региональные сети.

3.5.1 Сети беспроводного доступа

К преимуществам технологий фиксированного беспроводного доступа и подвижной связи в сельских районах относятся:

- короткий срок реализации проекта, поскольку развертывание сети сопряжено с меньшими сложностями и обходится дешевле, чем развертывание кабельной сети; абоненты могут подключаться к сети быстрее, чем при использовании волоконно-оптических технологий; и беспроводные сети могут обеспечить быструю окупаемость инвестиций;
- простота развертывания – беспроводной доступ подходит для малонаселенных или отдаленных районов, а также для городской и пригородной зоны и может использоваться в различных сценариях развертывания;
- простота подключения – терминалы фиксированного беспроводного доступа просты в установке;

- низкая стоимость – существующие вышки сотовой связи можно адаптировать как для антенн фиксированного беспроводного доступа, так и для антенн подвижной связи.

Таблица 1. Сравнение типовых скоростей передачи данных фиксированной широкополосной связи

Технология	Максимальная скорость передачи данных	Средняя скорость передачи данных, доступная пользователю
VDSL2	200 Мбит/с	30 Мбит/с
LTE ФБД	600 Мбит/с	50 Мбит/с
Оптоволокно (FTTH)	1 Гбит/с	100 Мбит/с

Источник: Ovum.

3.5.2 Покрытие сетей подвижной сотовой связи

Подвижный широкополосный доступ (3G или выше) является основным, а зачастую и единственным способом подключения к интернету в большинстве развивающихся стран. Сегодня 95% населения мира охвачено сетями 3G и выше.

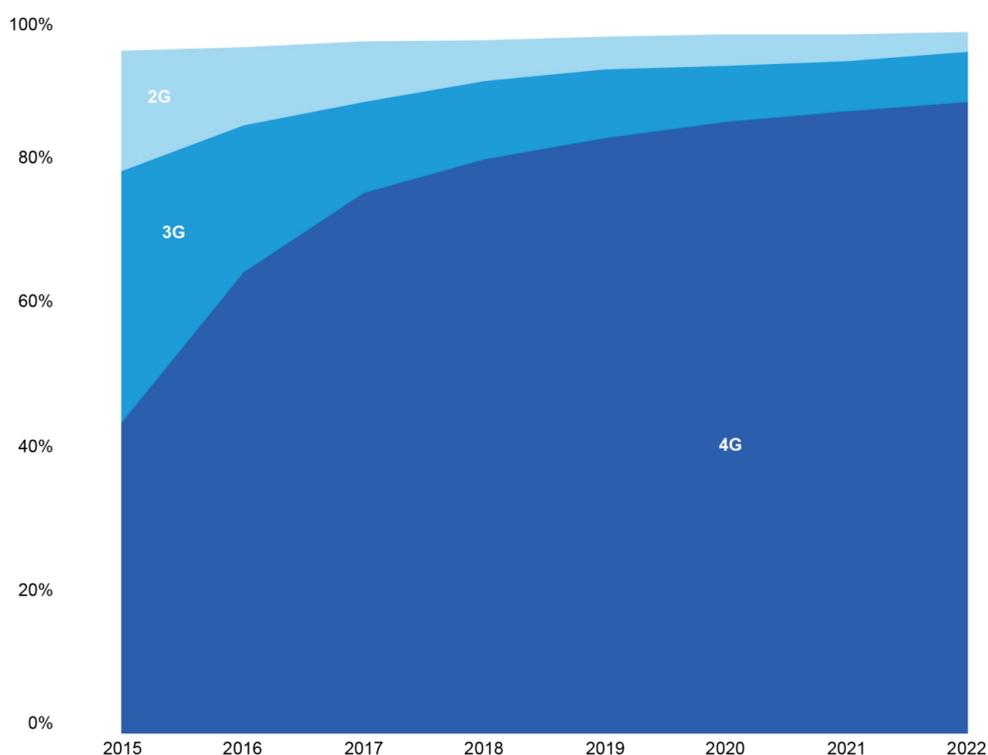
В период с 2015 по 2022 год покрытие сетей 4G увеличилось вдвое, охватив 88% населения мира (см. рисунок 7). На региональном уровне технология 4G в настоящее время доступна более чем 90% населения стран Северной и Южной Америки, Азиатско-Тихоокеанского региона, СНГ и Европы. В арабских государствах доля населения, все еще не имеющего доступа к сетям 4G, составляет четверть, тогда как в Африке доступа к сетям 4G лишена половина населения.

Во многих странах Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона сети старого поколения заменяются сетями, позволяющими развивать цифровую экосистему, совместимую с технологией 5G. Это особенно касается сетей 3G, которые часто отключают, оставляя для устаревших устройств технологию 2G.

В других регионах мира эта тенденция менее заметна главным образом потому, что сети 2G и 3G сохраняют значительное присутствие.

Сетью подвижной широкополосной связи охвачены почти все городские районы мира. Но в сельских районах еще сохраняются многие пробелы. Например, в Северной и Южной Америке для 22% сельского населения сигнал подвижной связи вообще недоступен, а еще у 5% имеется доступ только к сети 2G, это означает, что 27% населения не имеют доступа в интернет. В Африке соответствующие цифры составляют 15% (покрытие полностью отсутствует) и 14% (только сети 2G).

Рисунок 7. Охват населения услугами подвижной связи в разбивке по типу сети, 2015–2022 годы



Источник: ITU, Measuring digital development: Facts and Figures 2022.

3.5.3 Инфраструктура широкополосного доступа в сельских районах

В сельских и отдаленных малонаселенных районах недорогие широкополосные сети недоступны. Основными препятствиями для развития инфраструктуры широкополосной связи в сельских районах являются высокая стоимость расширения инфраструктуры высокоскоростной связи, низкая окупаемость инвестиций и отсутствие доступа к электроэнергии, получаемой из энергосистем.

Задачу внедрения услуг широкополосного доступа в интернет в сельских районах, где отсутствует доступ к электросетям, легче понять, рассмотрев архитектуру сетей широкополосного доступа, обслуживающих эти районы.

В крупных городских центрах широко используются кабельная инфраструктура (меднопроводные и волоконно-оптические кабели) и инфраструктура высокоскоростного фиксированного беспроводного доступа для предоставления услуг широкополосной связи предприятиям и бытовым потребителям, в то время как сети подвижной связи с готовностью предоставляют услуги широкополосной связи потребителям – физическим лицам как в городских, так и в сельских районах.

3.5.4 Сотовые сети подвижной связи

В развивающихся странах большинство людей устанавливают интернет-соединения через сотовые сети подвижной связи; операторы приобретают лицензии на использование спектра подвижной связи, используют сети базовых станций/вышек сотовой связи и предлагают преимущественно предоплаченные услуги передачи голоса и данных.

В малонаселенных сельских районах для широкополосного доступа в основном используются сотовые сети подвижной связи, работающие в хорошо зарекомендовавшем себя спектре широкополосной

связи с использованием технологий 3G, 4G LTE, а в некоторых случаях и новых технологий 5G (см. рисунок 8).

Таблица 2. Эволюция сетей подвижной связи

	1G	2G	3G	4G	5G
Приблизительная дата развертывания	1980-е годы	1990-е годы	2000-е годы	2010-е годы	2020-е годы
Теоретическая скорость загрузки	2 кбит/с	384 кбит/с	56 Мбит/с	1 Гбит/с	10 Гбит/с
Задержка	Неприменимо	629 мс	212 мс	60–98 мс	< 1 мс

Источник: ITU, Setting the Scene for 5G: Opportunities and Challenges, 2018.

С коммерческой точки зрения расширение покрытия сетей широкополосной связи в сельских районах – сложная задача из-за высоких капитальных (CAPEX) и эксплуатационных (OPEX) расходов, связанных с установкой и эксплуатацией базовых станций, включая их обеспечение электроэнергией, в отдаленных районах, где доступ к энергосистеме отсутствует или нестабилен. Поставщикам услуг широкополосного доступа приходится самим генерировать электроэнергию на местах для работы ретрансляционных станций и удаленных подстанций¹¹.

Согласно отчету Ассоциации GSM (GSMA) за 2016 год сельские и удаленные базовые станции/вышки сотовой связи могут обходиться на 30% дороже городских по капитальным затратам и на 100% по эксплуатационным расходам (за счет расходов на электроэнергию и транзитную передачу данных), обслуживая при этом на 80% меньше пользователей на каждую станцию и, следовательно, принося меньший доход¹².

Технологии фиксированного беспроводного доступа (ФБД) также используются для обеспечения более высокого качества обслуживания на основе международных стандартов, таких как Wi-Fi, WiMAX/IEEE и другие запатентованные технологии фиксированного беспроводного широкополосного доступа. В развивающихся странах в качестве транзитных линий, соединяющих сельские населенные пункты с базовой сетью, обычно используются радиотехнологии высокоскоростной передачи данных в микроволновом и миллиметровом диапазонах. Для обеспечения широкополосного доступа в более отдаленных и изолированных населенных пунктах все чаще используются спутниковые решения.

Разработка решений беспроводного доступа с высокой пропускной способностью, более эффективно использующих спектр и электроэнергию и питающихся от возобновляемых источников энергии, ускорит развертывание приемлемых в ценовом отношении услуг широкополосной связи в сельских и отдаленных районах.

¹¹ Broadband Situations in Rural and Remote Areas, ITU-D Technology Document Rural Communications. https://www.google.com/search?q=rural+areas+suffer+lack+from+affordable+broadband&rlz=1C1GCEU_en-GB_GB862&oq=rural+areas+suffer+lack+from+affordable+broadband&aqs=chrome..69i57.19862j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8

¹² GSMA. Unlocking Rural Coverage: Enablers for commercially sustainable mobile network expansion. <http://www.gsma.com/mobilefordevelopment/programme/connected-society/unlocking-rural-coverage-enablers-commercially-sustainable-mobile-network-expansion>. July 2016

Рисунок 8. Архитектура сети подвижной связи



Источник: По материалам МСЭ.

Вставка 1. Строеение сети подвижной связи

Сети подвижной связи и доступа в интернет, как правило, состоят из базовой сети, транзитной сети и сети последней мили.

Базовые сети (включая национальную магистральную сеть и каналы международной связи) представляют собой волоконно-оптическую инфраструктуру с высокой пропускной способностью, которая доставляет трафик к узлам агрегации (например, к пунктам обмена интернет-трафиком и IXP), одноранговым узлам, соединяющим друг с другом поставщиков услуг 1-го уровня, и к станциям подключения к подводным кабелям каналов международной связи.

Технология транзитного соединения (или средней мили) относится к инфраструктуре, посредством которой голосовой трафик и трафик данных передаются из базовой сети оператора в узел агрегации, например на базовую станцию. Системы транзитной связи нередко являются основным препятствием для обеспечения покрытия, особенно в малонаселенных районах или районах со сложными топографическими условиями, таких как острова или сельские районы.

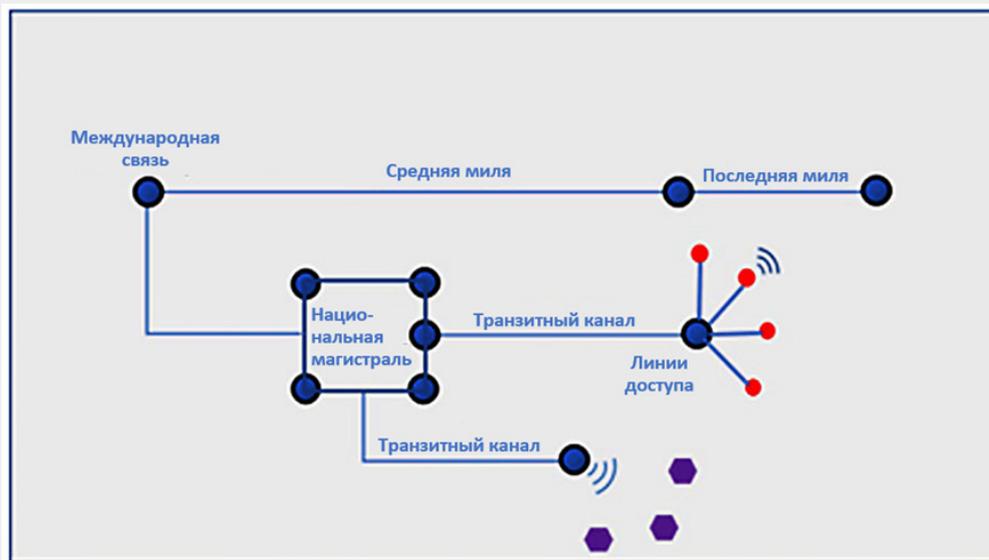
Вставка 1. Строеение сети подвижной связи (продолжение)

Волоконно-оптическая сеть – наиболее распространенная форма транзитного канала, обеспечивающая максимальную пропускную способность и наилучшее качество обслуживания. Однако ее развертывание в сельских районах или в труднодоступных географических районах зачастую обходится непомерно дорого, учитывая затраты, связанные с получением права прохода и разрешений на строительство.

В местах, где прокладка оптоволокну обходится слишком дорого или нецелесообразна, часто используется микроволновая технология. Однако для нее требуется прямая видимость между передатчиками, поэтому в очень отдаленных районах она также может оказаться чрезмерно дорогостоящей.

Проблемы сельских районов, связанные с расстоянием и топографией, решает технология спутниковой транзитной связи, но для нее характерны высокие эксплуатационные расходы и зачастую более низкое качество обслуживания по сравнению с традиционным оптоволоконном.

Сетевая инфраструктура



3.5.5 Будущие сети 5G – инновационные услуги

Сеть на основе технологии пятого поколения (5G) развивается как платформа для предоставления передовых услуг электросвязи, позволяющая правительствам и директивным органам трансформировать национальную инфраструктуру для предоставления усовершенствованных цифровых услуг, которые поддерживают и расширяют возможности граждан, сообществ и предприятий.

Сети 5G обеспечат расширенные возможности для конечных пользователей, повышенную пропускную способность, короткую задержку и высокую надежность; предполагается, что в конечном счете сети 5G обеспечат гигабитные скорости передачи данных. Самый высокий спрос на эти услуги ожидается в густонаселенных городских районах. Поскольку в сельских районах предоставление такого расширенного спектра услуг будет экономически нецелесообразным, более подходящими для них станут услуги 5G с меньшей пропускной способностью.

Внедрение технологии 5G с использованием наземных или спутниковых сетей облегчит развертывание целого спектра новых инновационных услуг, включая широкомасштабный интернет вещей и такие приложения, как удаленное управление производством, для которых требуется оперативный контроль технологических процессов с применением автоматизации и робототехники, в том числе электронное здравоохранение и умные лекарственные препараты, автоматизированный транспорт со средствами навигации и управления транспортными средствами, умный мониторинг энергосистем, а также погружение в мир виртуальной реальности, в частности в сфере образования и телемедицины.

Сети 5G могут способствовать расширению охвата услугами широкополосной связи сельских и отдаленных районов за счет использования спектра частот ниже 1 ГГц (диапазоны частот УВЧ 450–800 МГц) и позволят поставщикам услуг покрывать большие территории с меньшими затратами¹³.

Радиосистемы 5G разрабатываются таким образом, чтобы они были более энергоэффективными, чем системы 3G и 4G, и могли питаться от небольших энергосистем на основе возобновляемых источников энергии. Характеристики распространения радиоволн УВЧ-спектра позволяют работать на больших расстояниях с лучшим проникновением через геофизические препятствия по сравнению с существующими системами, работающими в полосе частот 3–6 ГГц и выше и в диапазонах миллиметровых волн. Следовательно, базовые станции 5G могут быть расположены ближе к возобновляемым источникам энергии и обеспечивать более широкое покрытие для более эффективного охвата отдаленных населенных пунктов с меньшими затратами. Для обеспечения эффективной работы сетей подвижной связи 5G необходим среднеполосный спектр. Большая часть этого спектра в настоящее время используется для сетей 2G и 3G, что побуждает операторов электросвязи изучать возможность перераспределения частот для высвобождения спектра для услуг 4G и 5G (например, 1800 МГц, 2,1 ГГц, 2,3 ГГц и 2,6 ГГц). Но во всем мире растет доступность спектра в диапазонах 3300–4200 МГц и 4400 МГц, используемых для услуг подвижной связи, а услуги спутниковой связи могут быть интегрированы для расширения возможностей услуг 5G в целях решения ряда основных задач, связанных с предоставлением мультимедийных услуг, обеспечением повсеместного покрытия, организацией межмашинного взаимодействия, а также с критически важными системами электросвязи в стране.

Вставка 2. Huawei – подход на основе многоуровневого спектра

- Уровень покрытия – использует спектр частот ниже 2 ГГц (например, 700 МГц), обеспечивая широкое и глубокое покрытие внутри помещений.
- Уровень покрытия и пропускной способности – опирается на спектр частот в диапазоне 2–6 ГГц для обеспечения наилучшего компромисса между пропускной способностью и покрытием.
- Уровень суперданных – опирается на спектр частот выше 6 ГГц и диапазоны миллиметровых волн для решения специальных задач, где требуются чрезвычайно высокие скорости передачи данных.

Источник: <https://www.huawei.com/en/public-policy/5g-spectrum>

Повышение энергоэффективности сетей 5G за счет агрегирования несущих

Во всем мире растет доступность частотного спектра для Международной подвижной связи (ИМТ) в диапазонах частот 3300–4200 МГц и 4400–5000 МГц. Почти во всех странах полоса частот 3400–3600 МГц распределена подвижной службе на равной первичной основе.

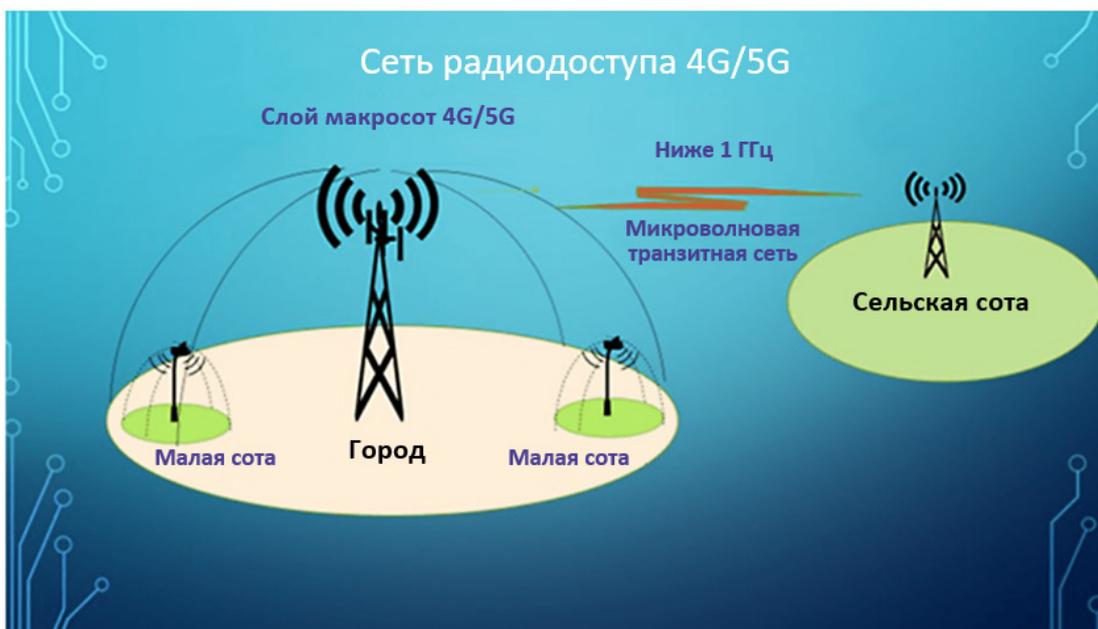
Полосы частот ниже 6 ГГц имеют решающее значение для поддержки большинства сценариев использования сетей 5G в широкой географической зоне. Диапазоны частот 3300–4200 и 4400–

¹³ McGuire et al. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2012, 2012:112. <http://jwcn.eurasipjournals.com/content/2012/1/112>

5000 МГц подходят для достижения оптимального компромисса между шириной охвата и высокой пропускной способностью.

Для динамического доступа к спектру (DSA) действующий оператор, имеющий соответствующую лицензию, с помощью базы данных определяет неиспользуемый спектр в любое время и в любом месте, чтобы предоставить его другим пользователям, не создавая помех для существующих служб. DSA позволяет предоставлять существующим и новым пользователям ситуативный доступ к спектру, по возможности задействуя неиспользуемый спектр 5G и отдавая приоритет основному лицензиату. Методы DSA иногда используются в диапазонах УВЧ белого пространства ТВ.

Основные итоги. Директивные органы могут рассмотреть возможность предоставления различных участков диапазонов частот 3300–4200 МГц и 4400–5000 МГц для создания больших смежных блоков, а также предоставления спектра частот в диапазоне 700/800 МГц для обеспечения доступа к услугам подвижной широкополосной связи в сельских районах.



3.5.6 Технологии с использованием спутников на низкой околоземной орбите – сельские районы, обслуживаемые в недостаточной степени

Новое поколение технологий связи с использованием спутников на низкой околоземной орбите (LEO) может произвести революцию в распространении услуг широкополосной связи в сельских районах, обслуживаемых в недостаточной степени.

Спутники связи часто выводятся на геосинхронную геостационарную орбиту, расположенную примерно в 36 000 км над экватором, чтобы находиться в стационарном положении относительно поверхности Земли, облетая ее за 24 часа. Но разработка, изготовление, испытание, запуск и ввод в эксплуатацию таких спутников обходятся чрезвычайно дорого. К тому же прохождение сигналов, излучаемых этими спутниками, до Земли и обратно занимает более полусекунды.

Спутники LEO меньше по размеру, вращаются быстрее и сочетают более широкие возможности с более низкими затратами на запуск и эксплуатацию. Эти спутники обеспечивают время задержки интернета около 35 мс, что сопоставимо со многими кабельными и DSL-системами, обслуживающими физических лиц, малые предприятия и сельские сообщества.

Ряд компаний разрабатывают и планируют запуск спутников LEO в период с 2020 по 2030 год. Компания SpaceX начала запуск своей новой группировки спутников Starlink. Проект Starlink будет включать около 12 000 спутников, работающих на высоте около 1000 км, с радиусом покрытия около 1000 км, для чего требуется крупная спутниковая сеть.

3.5.7 Системы высотных платформ

Станции на высотных платформах (HAPS), заполненные гелием и работающие в стратосфере на высотах около 20 км, и спутниковые системы (включая группировки негеостационарных спутников) потенциально могут обеспечивать очень высокие скорости передачи данных (от 100 Мбит/с до 1 Гбит/с и более), дополняя фиксированные или наземные беспроводные транзитные сети за пределами крупных городских и пригородных районов. HAPS и спутниковые системы могут обеспечивать передачу видеосигнала на фиксированные наземные системы в сельских и очень отдаленных районах, например на островах. Их можно интегрировать в другие сети, такие как сети фиксированного беспроводного доступа и решения подвижной связи, тем самым расширяя возможности услуг 5G, чтобы решать основные задачи, связанные с ростом мультимедийного трафика, обеспечением повсеместного покрытия, интернетом вещей, межмашинным взаимодействием и критически важными системами электросвязи¹⁴.

Для приложений HAPS с большой дальностью связи и низкой пропускной способностью больше подходят частоты ниже 1 ГГц, обеспечивающие широкое покрытие в сельских районах для расширения охвата сетей 4G и 5G, особенно в развивающихся странах, в том числе в Африке. Этот подход будет рассматриваться на Всемирной конференции радиосвязи 2023 года (WRC-23) с учетом возможности использования станций на высотных платформах в качестве базовых станций IMT в подвижной службе в определенных полосах частот ниже 2,7 ГГц, уже определенных для IMT.

Основные итоги. Директивные органы могут рассмотреть возможность предоставления низкочастотного спектра (например, в диапазоне 700 МГц) для обеспечения доступа к подвижной широкополосной связи в сельских районах.

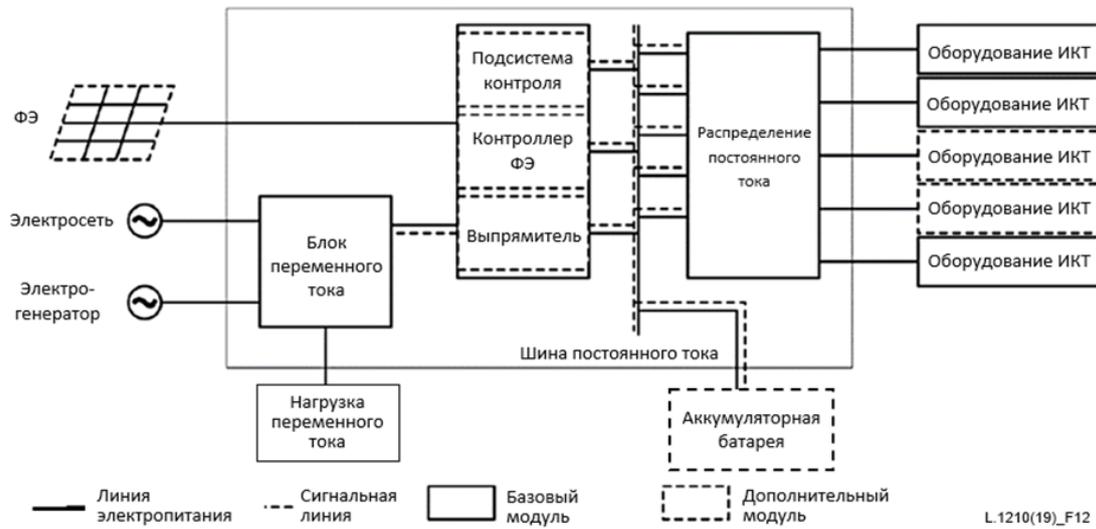
Можно ожидать, что основой для ряда первоначальных услуг 5G станет спектр частот 3,3–3,8 ГГц.

3.5.8 Решение по возобновляемым источникам энергии для базовых станций 5G

Это решение предусматривает подключение базовых станций к различным источникам энергии, таким как электросети, возобновляемые источники энергии и электрогенераторы. В целях оптимального использования возобновляемой энергии в системе применяются интеллектуальные технологии, обеспечивающие предпочтительное использование возобновляемой энергии, а в других случаях выбирающие электросети, аккумуляторную батарею или электрогенератор в зависимости от уровня эксплуатационных расходов в различных условиях. Ниже приведен пример базовой структуры такой системы.

¹⁴ ITU: High-altitude platform systems. <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/High-altitude-platform-systems.aspx>

Рисунок 9. Система с использованием нескольких источников энергии для базовой станции 5G, включая возобновляемые источники



Когда из-за растущих потребностей в электроэнергии базовой станции 5G мощности электросети недостаточно, отличным вариантом для увеличения доступной мощности может стать использование возобновляемой энергии от солнечных фотоэлектрических (ФЭ) панелей, ветряных турбин и топливных элементов, что гарантирует бесперебойную работу всей системы. Этот подход описан в Рекомендации МСЭ-Т L.1210 "Решения по устойчивому энергоснабжению для сетей 5G".

4 Отсутствие доступа к электроэнергии

4.1 Энергетические проблемы, ограничивающие распространение широкополосной связи

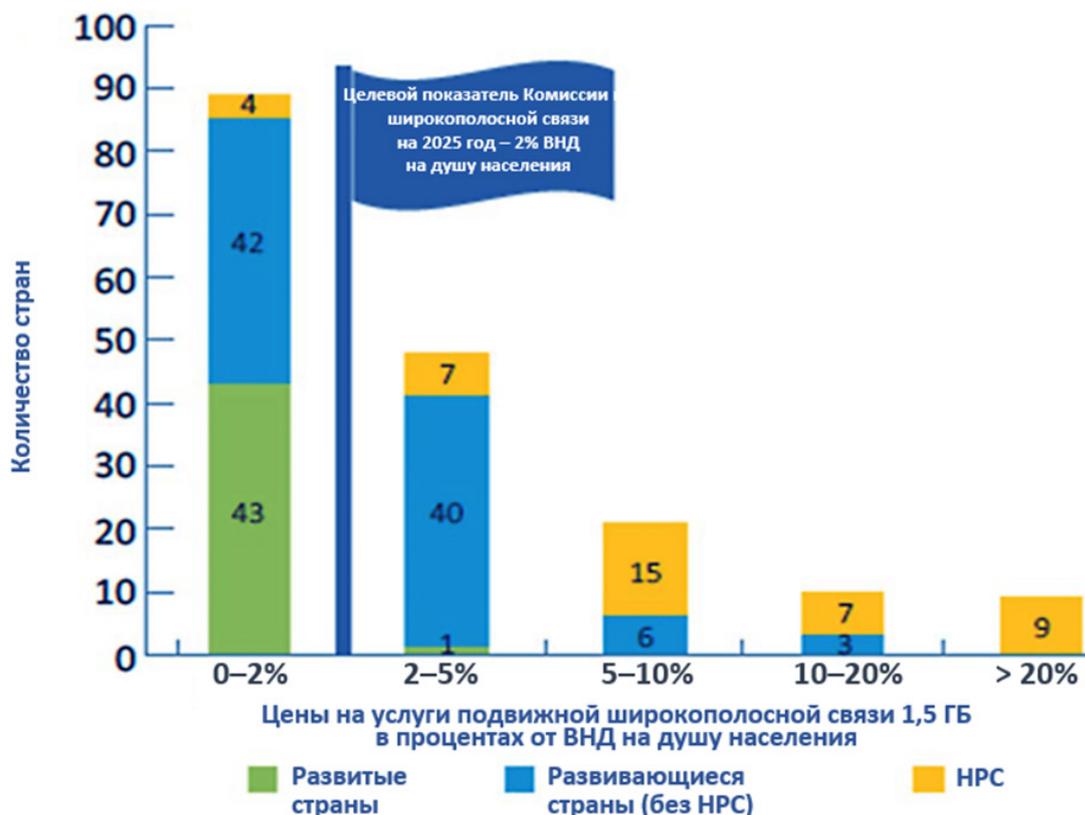
Доступ к надежному и недорогому электроснабжению – необходимое условие развития инфраструктуры широкополосного доступа в сельских районах. Без него нельзя в полной мере реализовать социально-экономические выгоды, способные привести к всеобщему процветанию и изменить качество жизни малообеспеченных семей в сельских общинах.

Глобальная экосистема ИКТ потребляет значительное количество энергии – по некоторым оценкам около 10% всей электроэнергии, ежегодно вырабатываемой в мире, – для питания облачных центров обработки данных, инфраструктуры широкополосного доступа в интернет, ИТ-сетей/программного обеспечения и устройств конечных пользователей. В отсутствие доступа к приемлемой по цене электроэнергии из энергосистемы инфраструктура широкополосной связи в сельских районах должна подключаться к надежным автономным источникам.

Отсутствие доступа к энергосистеме – серьезная проблема для операторов электросвязи, которым приходится предлагать собственные решения по энергоснабжению для расширения инфраструктуры сотовой или фиксированной беспроводной широкополосной связи в сельских районах.

Серьезной проблемой для многих развивающихся стран, особенно НРС, остается вопрос приемлемости услуг в ценовом отношении, как показано на рисунке 10, хотя в последние годы в этой области достигнут значительный прогресс.

Рисунок 10. Услуги широкополосной связи в НРС остаются дорогостоящими



Чтобы сделать пакеты услуг широкополосной передачи данных начального уровня (1,5 Гб) приемлемы по цене в развивающихся странах, Комиссия по широкополосной связи в интересах устойчивого развития поставила цель добиться того, чтобы к 2025 году стоимость услуг широкополосной связи составляла не более 2% ежемесячного валового национального дохода (ВНД) на душу населения.

Отсутствие электроэнергетической инфраструктуры в сельских районах повышает стоимость создания широкополосных интернет-сетей для обслуживания отдаленных населенных пунктов, которая может составлять значительную долю инвестиций, необходимых для создания и эксплуатации инфраструктуры широкополосной связи (транзитных систем, систем базовых станций подвижной связи или фиксированных сетей беспроводного доступа последней мили).

Использование автономных дизельных электростанций в качестве основного источника энергии в сельских районах сопряжено с высокими капитальными и эксплуатационными расходами. Высокие расходы на техническое обслуживание, обеспечение безопасности и топливо для дизель-генераторов в сельских и зачастую отдаленных районах приводят к низкой окупаемости инвестиций для операторов.

Поэтому для сельских районов необходимы инновационные энергетические решения, включая меры по повышению доступности и надежности электроснабжения активных компонентов инфраструктуры сельской сети электросвязи, а также окончного оборудования (СРЕ, устройств, компьютеров, телефонов, умных телевизоров и т. п.) для конечных пользователей, общественных служб и местных предприятий.

В сельских населенных пунктах, где отсутствует электроснабжение, местные жители вынуждены добираться до ближайших пунктов зарядки аккумуляторов, которые могут быть расположены за несколько миль, чтобы подзарядить свои мобильные устройства или другие ИКТ-устройства, работающие от аккумуляторных батарей. Это приводит к дополнительным расходам и перебоям в предоставлении услуг, что еще больше снижает спрос на интернет-услуги и внедрение ИКТ среди малоимущих сельских жителей. Если говорить в целом, без доступа к электроэнергии в сельских районах и на отдаленных островах невозможно осуществлять развертывание оборудования и средств ИКТ, за исключением портативных устройств. В определенных ситуациях временное аварийное питание может обеспечиваться аккумуляторными батареями.

Первый из вышеупомянутых барьеров можно описать как "разрыв в предложении услуг широкополосной связи", а именно отсутствие услуг широкополосной связи в районе, где живут и работают люди. Второй барьер, "разрыв в спросе на услуги широкополосной связи", – это доля населения страны, у которой имеется доступ к услугам широкополосной связи, но они остаются невостребованными.

Разрыв в предложении услуг широкополосной связи особенно остро ощущается в сельских и отдаленных районах, где плотность населения значительно ниже, чем в городах и пригородах. Основные проблемы, препятствующие развертыванию услуг широкополосной связи в сельских районах и островных сообществах в развивающихся странах:

- отдаленные труднодоступные территории и сложный и рельеф местности;
- отсутствие доступа к надежной, приемлемой в ценовом отношении и безопасной инфраструктуре, особенно к электросетям и дорогам;
- отсутствие покрытия мобильного интернета или сетей фиксированного широкополосного беспроводного доступа, а также отсутствие средств доступа к международной полосе пропускания;
- отсутствие средств ИКТ;
- ограниченное количество пунктов зарядки мобильных устройств и устройств ИКТ, подключенных к интернету, и их удаленность;
- ограниченные возможности применения автономных энергоустановок – питание от дизель-генераторов является нестабильным, а подача электроэнергии от возобновляемых источников – прерывистой.

В последние годы операторов сетей подвижной связи и услуг фиксированной беспроводной широкополосной связи штрафуют за невыполнение целевых показателей пропускной способности, согласованных с регуляторными органами, ввиду ухудшения качества обслуживания и невыполнения целевых показателей по готовности. К сожалению, одной из самых распространенных причин сбоев в работе и простоев сетей является отсутствие надежного источника электроснабжения; дизель-генераторная установка служит плохой заменой общенациональной энергосистемы даже в качестве резервного источника (не говоря уже об основном).

4.2 Устойчивая энергетика для всех

В настоящее время рынок электроэнергии переживает процесс трансформации, поскольку технологии возобновляемой энергии начинают вытеснять ископаемое топливо, а традиционные отрасли энергетике и широкополосной связи, в которых ранее доминировали традиционные операторы, уступают место более децентрализованным, инновационным бизнес-моделям.

Обеспечение доступа к устойчивой энергетике для всех является одной из ЦУР. В качестве одной из стратегий достижения этой цели Комиссия по широкополосной связи в интересах устойчивого развития поставила ряд задач, которые необходимо решить к 2030 году:

- обеспечить всеобщий доступ к недорогому, надежному и современному энергоснабжению;
- значительно увеличить долю энергии из возобновляемых источников в мировом энергетическом балансе;
- удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности;
- активизировать международное сотрудничество в целях облегчения доступа к исследованиям и технологиям в области экологически чистой энергетике, включая возобновляемую энергетику, повышение энергоэффективности и передовые и более чистые технологии использования ископаемого топлива, и поощрять инвестиции в энергетическую инфраструктуру и технологии экологически чистой энергетике;
- расширить инфраструктуру и модернизировать технологии для современного и устойчивого энергоснабжения для всех в развивающихся странах, в частности в НРС, СИДС и развивающихся странах, не имеющих выхода к морю (ЛЛДС), с учетом их соответствующих программ поддержки.

Цель 7 ЦУР также призывает Государства-Члены к "обеспечению доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех".

Быстро снижающаяся стоимость технологий использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, в сочетании с мерами по повышению эффективности и инновационными механизмами предоставления энергетических услуг должны ускорить реализацию стратегических инициатив по достижению целей обеспечения всеобщего доступа к электроэнергии.

Значительная часть стоимости доступа к электроэнергии приходится на инфраструктуру. Городское население, как правило, получает доступ к электроэнергии через национальную энергосистему. Однако в развивающихся странах для доставки электроэнергии в сельские и отдаленные районы через разветвленную инфраструктуру передачи и распределения требуются значительные инвестиции, непомерно высокие и низкорентабельные для многих действующих энергетических компаний. Автономное производство электроэнергии с использованием архитектур мини- и микросетей в сочетании с более дешевыми, чистыми возобновляемыми источниками энергии, доступными на местах, может бесперебойно обеспечивать установки в сельских и отдаленных районах приемлемой по цене электроэнергией¹⁵.

¹⁵ UNCTAD – THE LEAST DEVELOPED COUNTRIES REPORT 2017 – Transformational energy access. <https://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=1902>

4.3 Дефицит электроэнергии в сельских районах развивающихся стран

Неустойчивый и неравный доступ к электроэнергии – одно из основных препятствий для повышения экономической активности и расширения инфраструктуры широкополосной связи в сельских районах. Это главный сдерживающий фактор для частных инвестиций¹⁶.

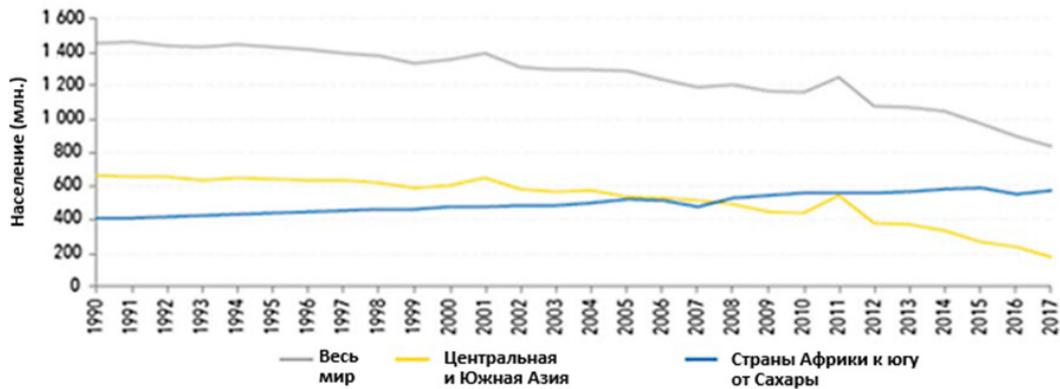
В 2017 году 14% населения мира (около 1 миллиарда человек) по-прежнему не имели доступа к электроэнергии. Этот показатель резко снизился, за исключением стран Африки к югу от Сахары (см. рисунок 11). На Азию и Африку приходилось 95% людей, не имеющих доступа к электроэнергии, 84% из которых проживали в сельских районах (см. рисунок 12).

В 2018 году среднемировая выработка электроэнергии увеличилась на 4%, причем 45% этого роста обусловили возобновляемые источники энергии. В 2017 году доступность электроэнергии в сельских районах на глобальном уровне составила 79%, что значительно ниже, чем в городах (97%). 87% глобального дефицита доступа приходится на обслуживаемое в недостаточной степени сельское население. Как показано на рисунке 11, в 2017 году 66% сельского населения мира, не имеющего доступа к электроэнергии, проживало в странах Африки к югу от Сахары.

¹⁶ The G-20 Compact with Africa A Joint AfDB, IMF and WBG Report G-20 Finance Ministers and Central Bank Governors Meeting March 17-18, 2017 Baden-Baden, Germany.

Рисунок 11. Сельское население, лишенное доступа к электроэнергии

Динамика дефицита доступа к электроэнергии (млн. человек), 1990–2017 годы



Источник: Всемирный банк.

Доли регионов в глобальном дефиците доступа к электроэнергии, в целом и в разбивке на городские и сельские районы, 1990 и 2017 годы



Источник: Всемирный банк.

Примечание. По данным о населении, не имеющем доступа к электроэнергии.

Рисунок 12. Население, имеющее доступ к электроэнергии (городское и сельское), в процентах



Источник: Всемирный банк (2017 год).

Без приемлемой в ценовом отношении электроэнергии трудно обеспечить экономический рост, преодолеть бедность, гарантировать высококачественное образование, развивать местный бизнес и промышленность, расширять возможности трудоустройства и поддерживать здоровье и развитие населения.

Неадекватная инфраструктура, особенно в отношении доступа к электроэнергии, ограничивает развертывание и доступность услуг широкополосной связи, тем самым способствуя усилению неравенства.

Технологические разработки и снижение стоимости электроэнергии из возобновляемых источников энергии и цифровых технологий создали возможности для перехода от высокоуглеродной экономики, зависящей от ископаемого топлива, к устойчивой низкоуглеродной экономике. Глобальные аналитические исследования показывают, что ветровая и солнечная энергия обеспечат более половины дополнительных мощностей по выработке электроэнергии, которые будут введены в эксплуатацию к 2040 году.

4.4 Переход к инфраструктуре возобновляемых источников энергии

Традиционная модель распределения электроэнергии по сетям, которая опирается на традиционных поставщиков электроэнергии, расширяющих свои национальные распределительные сети для передачи энергии на большие расстояния в сельские районы, оказалась неудачной, так как большинство сельского населения в развивающихся странах Африки и Азии по-прежнему не имеет доступа к энергосистемам.

Возобновляемые источники энергии позволили сообществам перейти от ископаемого топлива на приемлемую по цене чистую энергию, тем самым способствуя глобальному стремлению минимизировать выбросы парниковых газов для защиты окружающей среды. Благодаря технологическим инновациям наиболее надежная модель расширения поставок приемлемой в ценовом отношении электроэнергии базируется на декарбонизированных, цифровизированных и децентрализованных энергетических решениях.

За последнее десятилетие стоимость энергии из возобновляемых источников резко упала. Исследование, проведенное Международным агентством по возобновляемым источникам энергии (IRENA) в 2019 году, показало, что цены на возобновляемую солнечную и ветровую энергию понизилась до уровней, не превышающих цены на уголь и другие виды ископаемого топлива. Поставщики услуг широкополосной связи могут решить энергетические проблемы и преодолеть барьеры на пути инвестирования в сельскую инфраструктуру широкополосной связи, производя собственную экологически чистую энергию из более дешевых, экологически чистых, возобновляемых источников

или сотрудничая с социальными проектами по развитию энергетики. Также создается индустрия технических решений для аккумулирования энергии, которые играют ключевую роль в содействии расширению использования возобновляемых источников энергии. Более того, инновации в области ИТ также играют ключевую роль в оптимизации производства и потребления электроэнергии.

4.5 Повышение энергоэффективности – оптимизация потребления

"Энергоэффективные бытовые приборы помогут снизить объем инвестиций в энергетику, необходимых для стимулирования программ доступа к электроэнергии. Уменьшение мощности на один ватт нагрузки автономных устройств приведет к снижению первоначальных затрат на солнечные энергосистемы, повышению качества обслуживания или к тому и другому вместе" (Ван Бускирк, 2015 год). Аналогичным образом повышение энергоэффективности может сделать крупные автономные солнечные электростанции более доступными в ценовом отношении.

Анализ, который Ван Бускирк провел в 2015 году, показал, что "первоначальные затраты на типовую автономную энергосистему можно понизить на целых 50%, если использовать сверхэффективные приборы и солнечные ФЭ-панели и батареи подходящего размера, обеспечивая при этом эквивалентную или бóльшую энергоотдачу". Эффективность можно повысить за счет перепроектирования радиооборудования базовой станции (модуля цифровой обработки сигналов, усилителей мощности приемопередатчиков, радиочастот, соединительных проводов). Оптимизация энергопотребления систем базовых приемопередающих станций (BTS) и цифровых сигнальных процессоров достигается за счет использования таких интегральных схем, как ASIC, FPGA или DSP, объединяемых для повышения эффективности¹⁷.

Дальнейшая оптимизация энергопотребления возможна за счет:

- отключения систем в определенное время для соответствия нагрузке¹⁸;
- динамического управления сетевыми ресурсами;
- совместного использования ресурсов базовой станции подвижной связи, беспроводного приемопередатчика и ретранслятора разными операторами.

Кроме того, расширение диапазона рабочих температур устранил или уменьшит потребность в энергии для кондиционирования воздуха. Это приведет к значительному снижению потребности в электроэнергии и расходов на удаленных объектах.

¹⁷ S. Zoican, "The role of programmable digital signal processors (dsp) for 3G mobile communication systems," *Acta Technica Napocensis*, vol. 49, pp. 49–56, 2008.

¹⁸ L. M. Correia, D. Zeller, O. Blume et al., "Challenges and enabling technologies for energy aware mobile radio networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, no. 11, pp. 66–72, 2010. См.: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#).

5 Возобновляемые источники энергии для электрификации сельских районов

Сегодня решения в области возобновляемых источников энергии – наиболее дешевые новые средства электрификации, которые применяются во всех регионах мира. За последнее десятилетие стоимость электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрическими солнечными панелями, ветрогенераторами, гидроэлектростанциями, геотермальными электростанциями и электростанциями на биомассе, понизилась до уровня стоимости электроэнергии, получаемой из ископаемого топлива¹⁹.

5.1 Электроэнергия из возобновляемых источников более конкурентоспособна, чем из ископаемого топлива

Стоимость электроэнергии, вырабатываемой в результате реализации недавних крупномасштабных проектов на основе фотоэлектрических технологий, опустилась ниже цены на электроэнергию от электростанций, работающих на ископаемом топливе (IRENA, 2018 год). Снижение стоимости электроэнергии, получаемой от береговых ветроэлектростанций и гелиоконцентраторов, также привело к повышению конкурентоспособности других возобновляемых источников энергии по сравнению с электростанциями, работающими на угле и других видах ископаемого топлива.

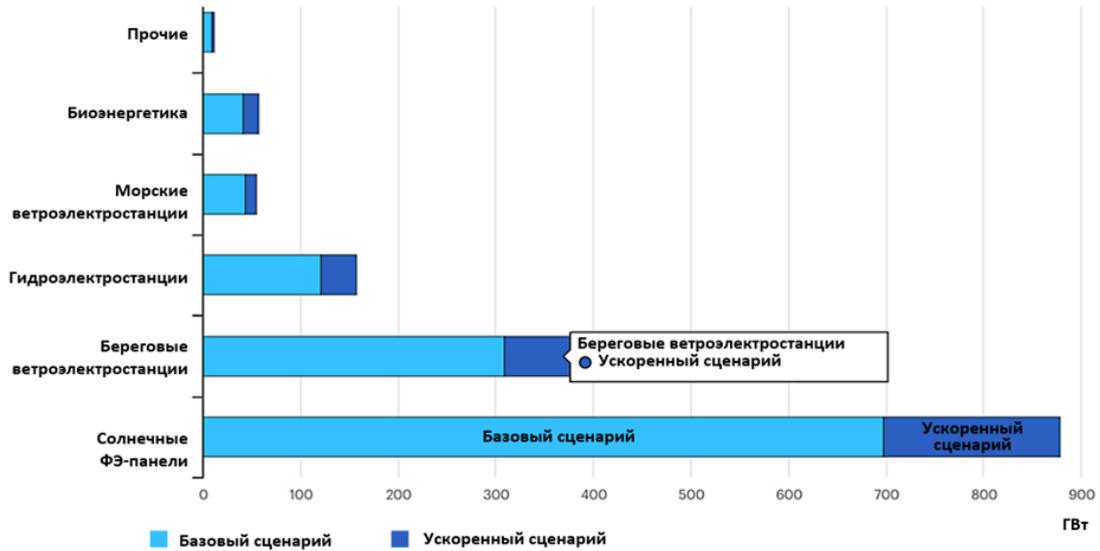
Решения в области возобновляемых источников энергии могут использоваться в различных конфигурациях – от подключения к общенациональной энергосистеме до создания автономных сетей и решений, предназначенных для бытовых целей.

Автономные энергосистемы, обеспечивающие преимущества масштабируемости, гибкости и модульности, станут предпочтительным источником питания компонентов инфраструктуры широкополосной связи и средством обеспечения электроэнергией местной экономики в сельских районах, где отсутствует доступ к сети электроснабжения.

Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозирует, что в период с 2019 по 2024 год мощность, генерируемая на основе возобновляемых источников энергии, увеличится на 50% (рост на 1200 ГВт) (см. рисунки 13 и 14).

¹⁹ IRENA RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2018. <https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018>

Рисунок 13. Рост мощностей по производству электроэнергии из возобновляемых источников в период с 2019 по 2024 год (ГВт) в разбивке по технологиям



Источник: МЭА, "Рост мощностей по производству электроэнергии из возобновляемых источников в период с 2019 по 2024 год в разбивке по технологиям".

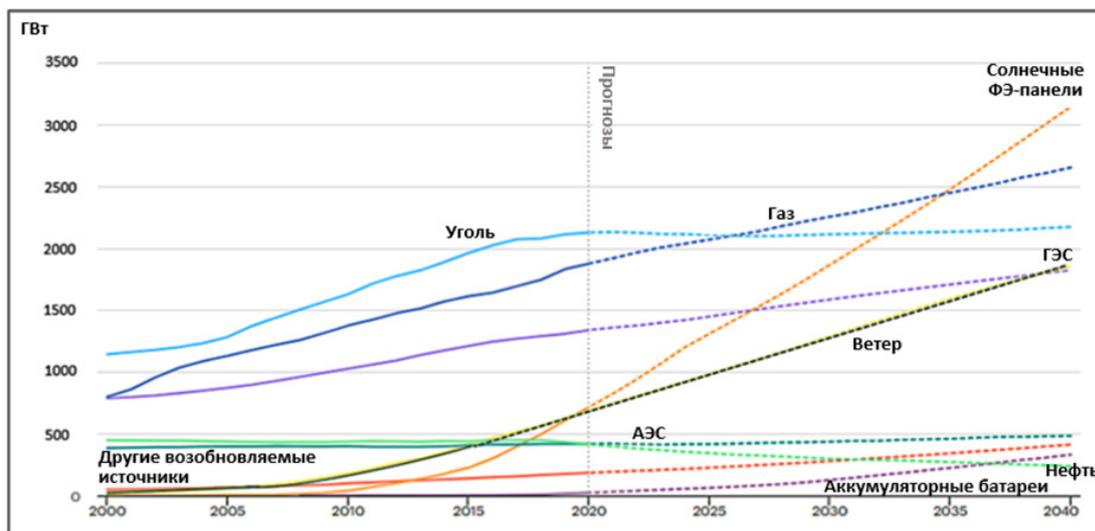
Выработка электроэнергии из возобновляемых источников стала предпочтительной технологией. К 2040 году на ее долю придется около 66% (две трети) всех новых мощностей по выработке электроэнергии в мире, а ее доля в общем объеме производства электроэнергии превысит 40% (см. рисунок 14).

В решениях мини- и микроэлектросетей на возобновляемых источниках, не подключенных к единой энергосистеме, следует использовать гибридные конфигурации, сочетающие солнечные или ветряные системы с решениями для аккумуляции энергии, позволяющими справиться с нестабильностью и перебоями, характерными для многих источников энергии этих типов. Это позволит обеспечить высокую готовность и надежность электроэнергии, распределяемой по мини- или микросетям.

В соответствующих случаях в гибридных мини-сетях можно использовать возобновляемый источник энергии в сочетании с резервными дизель-генераторами, что удобно для операторов, уже имеющих парк таких генераторов. Эти решения можно оптимизировать для минимизации продолжительности и частоты использования дизель-генераторов, что позволит добиться значительной экономии топлива, расходов на техническое обслуживание и эксплуатационных расходов.

Значительные достижения в области аккумуляции энергии оказали положительное воздействие на надежность энергоснабжения и привели к более широкому использованию возобновляемых источников энергии в сельских районах. В системах на солнечных ФЭ-панелях решения для аккумуляции энергии в основном используются для преодоления вечерних пиковых нагрузок, а также для регулирования и сглаживания мощности, подаваемой в мини-сеть. Там где мини-сеть подключена к единой энергосистеме, избыточную мощность можно продавать ее оператору, что поможет сократить выбросы углекислого газа.

Рисунок 14. Действующие и прогнозируемые мощности по производству электроэнергии в разбивке по типам источников, 2000–2040 годы



(Действующие мощности по производству электроэнергии по типам источников, согласно сценарию новой политики, 2000–2040 годы)

Источник: IEA World Energy Outlook 2019. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>

В последние годы достигнут огромный прогресс в области доступности электроэнергии: в 2017 году среднемировой уровень электрификации достиг 89%. Однако это развитие в значительной степени обошло стороной НРС, особенно страны Африки к югу от Сахары, где 580 миллионов человек, в основном живущих в сельских районах, по-прежнему не имеют доступа к электроэнергии.

По прогнозам МЭА, к 2040 году общая мощность ветряных и солнечных электростанций превысит 38% всего энергетического баланса (по сравнению примерно с 18% в 2018 году). Это открывает для сельских районов Африки и Азии – регионов, имеющих один из самых высоких уровней солнечной радиации в мире, – значительные возможности для развертывания решений на солнечных ФЭ-панелях в качестве самого дешевого источника электроэнергии.

Стоимость возобновляемой энергии упала на 77% и составила чуть менее 0,03 долл. США/кВтч, что сделало электроэнергию, произведенную из возобновляемых источников, более конкурентоспособной по сравнению с энергией, вырабатываемой из ископаемого топлива (см. рисунок 15)²⁰.

Конкурентоспособность возобновляемых источников энергии предоставляет частным предприятиям и энергетическим компаниям широкие возможности для использования новых бизнес-моделей внедрения инновационных решений в области возобновляемых источников энергии, чтобы сократить энергетический разрыв между сельскими и городскими районами, свести к минимуму использование ископаемого топлива и тем самым уменьшить выбросы парниковых газов.

"Электрификация на основе конкурентоспособных возобновляемых источников энергии является основой энергетической трансформации и ключевым низкочувствительным способом декарбонизации в поддержку целей по борьбе с изменением климата, изложенных в Парижском соглашении" (IRENA, 2019)²¹.

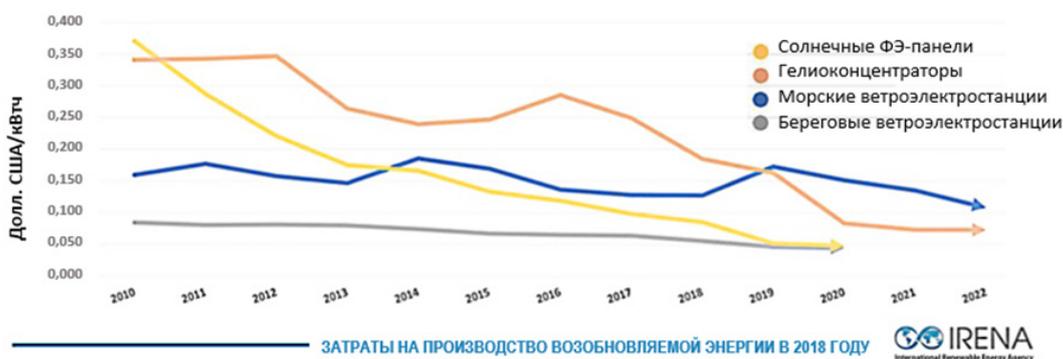
Достижения в области возобновляемых источников энергии и инновации в сфере цифровых технологий, поддерживаемые твердой национальной политической приверженностью курсу на обеспечение доступа к электроэнергии, в сочетании с финансированием и местным

²⁰ IRENA (2019) – Future of Solar Photovoltaic. <https://www.irena.org/publications/2019/Nov/Future-of-Solar-Photovoltaic>

²¹ Falling Renewable Power Costs Open Door to Greater Climate Ambition. <https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2019/May/Falling-Renewable-Power-Costs-Open-Door-to-Greater-Climate-Ambition>

предпринимательством могут значительно ускорить расширение доступа к электроэнергии в сельских районах.

Рисунок 15. Затраты на производство возобновляемой энергии в 2018 году



Источник: <https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2019/May/Falling-Renewable-Power-Costs-Open-Door-to-Greater-Climate-Ambition>

Уровень электрификации в сельских районах, где проживает большинство людей, не имеющих доступа к электроэнергии, быстро растет и по состоянию на 2018 год, по данным Группы Всемирного банка, оценивается примерно в 76%²².

5.2 Солнечная энергия

Солнечная энергия – самый доступный источник чистой энергии, наиболее подходящий для распределенного питания сельских объектов электросвязи благодаря модульности технологии — ее легко масштабировать в соответствии с потребностями в электроэнергии.

Ускоренное внедрение решений в области возобновляемых источников энергии, особенно технологий использования солнечной энергии, значительно сократит выбросы углекислого газа. Ожидается, что в течение следующего десятилетия общая мощность установленных солнечных фотоэлементов увеличится почти в шесть раз, а цены (стоимость с учетом монтажа) снизятся примерно на 0,08/кВтч к 2030 году²³. Технологические достижения в области солнечной энергетики, конкурентоспособность солнечной энергии и целевые инвестиции в проекты электрификации сельских районов, поддерживаемые разумной политикой, принесут значительные социально-экономические выгоды как городским, так и сельским сообществам.

В 2016 году солнечная фотоэнергетика росла быстрее, чем любая другая технология получения электроэнергии, в основном в результате ее успешного внедрения в Китае. Увеличение объемов и повышение экономии за счет масштаба привели к значительному снижению затрат. В 2016 году на возобновляемые источники энергии пришлось почти две трети общей мощности всех введенных в эксплуатацию электрогенерирующих систем, которая составила почти 165 ГВт (см. рисунок 14). Произошло резкое и устойчивое снижение стоимости электроэнергии, получаемой от солнечных ФЭ-систем промышленного масштаба, – в период с 2010 по 2018 год она упала более чем на 77% (мировое средневзвешенное значение, "Нормированная стоимость электроэнергии" (Levelised Cost of Electricity), публикация IRENA, 2019 год). Столь значительное снижение цен на солнечную энергию произошло во всех регионах мира (см. рисунки 16 и 17).

МЭА прогнозирует трехкратный рост – до 3000 МВт – общей генерируемой мощности по программам электрификации на базе автономных солнечных ФЭ-систем в развивающихся странах, особенно в Африке и Азии, за счет инвестиций частного сектора и других программ финансирования. Однако

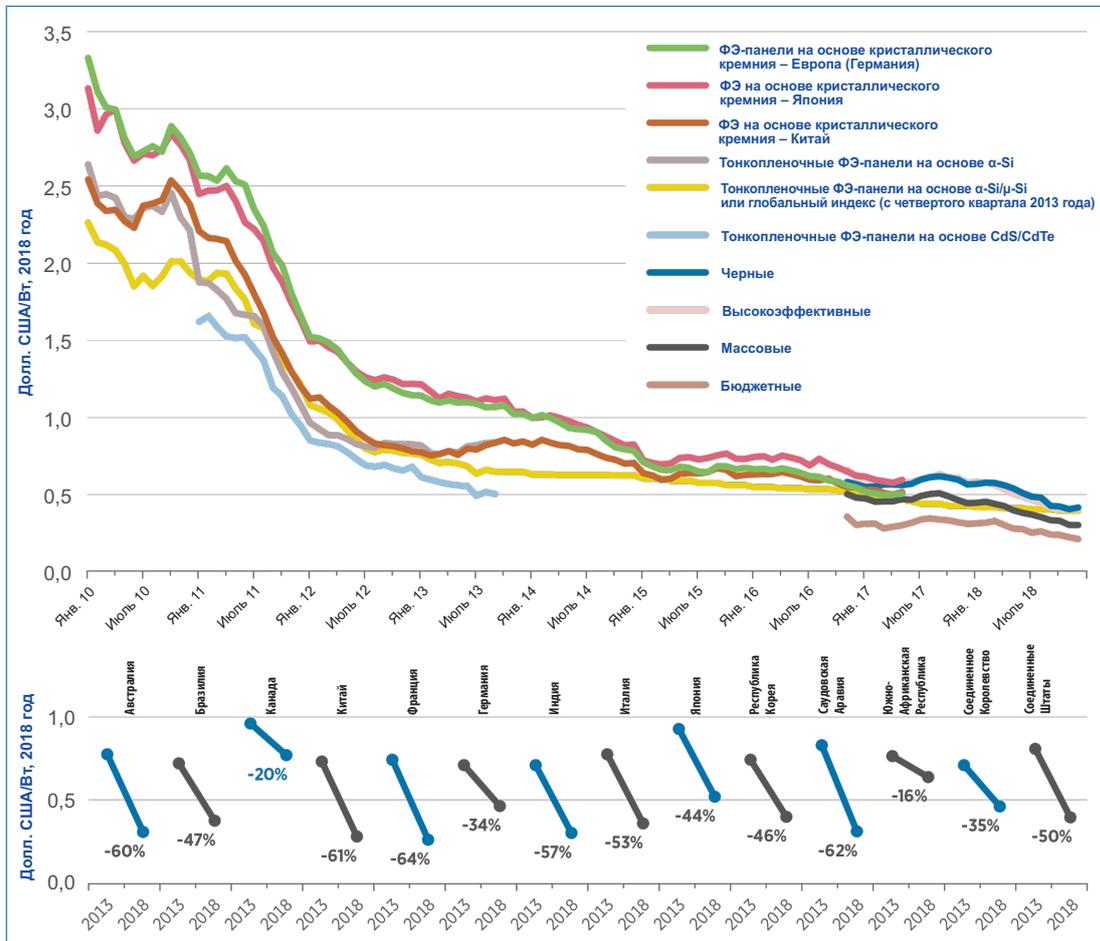
²² IRENA, Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Off-grid_RE_Access_2019.pdf

²³ IRENA 2019: Future of Solar Photovoltaic. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf

наиболее существенным техническим ограничением, влияющим на развертывание систем на основе солнечных модулей, является потребность в физическом пространстве, которая обратно пропорциональна КПД панелей. Чем выше КПД панели, тем меньше места она занимает.

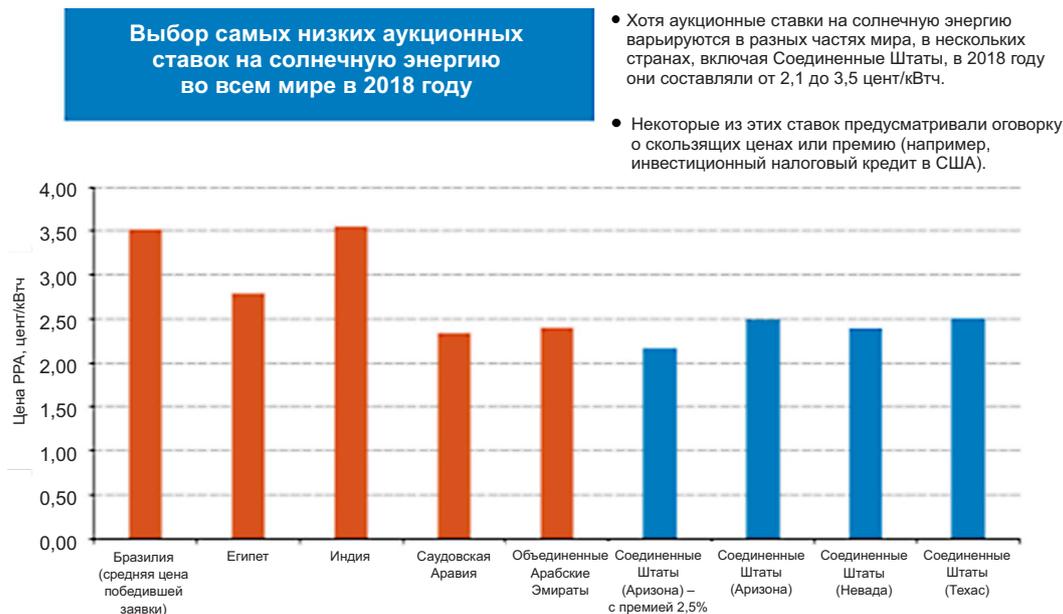
Рисунок 16. Снижение цен на солнечную фотоэлектрическую энергию

Средние цены модулей по типу и рынку в период с 2013 по 2018 год



Источники: По данным GlobalData, 2018; IRENA Renewable Cost Database, 2019; Photon Consulting, 2018; и pvXchange, 2019.

Рисунок 17. Самые низкие аукционные ставки на солнечную энергию в 2018 году



Примечание. PPA – соглашение о закупке электроэнергии.

Источник: Solar Power Europe – “Global Market Outlook for Solar Power, 2019-2023”.

5.2.1 Обзор технологий солнечной энергетики

Основным конструктивным блоком солнечной энергосистемы служит ФЭ-модуль, состоящий из нескольких небольших фотоэлементов, электрически соединенных между собой. В нем используется полупроводниковая технология преобразования солнечного света в постоянный ток (DC). Выходная электрическая мощность фотоэлектрических модулей варьируется от нескольких ватт до 100 Вт.

Солнечные ФЭ-панели первого поколения изготавливаются из кристаллического кремния (с-Si), и на их долю все еще приходится 95% мирового рынка фотоэлектрических систем (Fraunhofer ISE, 2019); такая экономия за счет масштаба делает их более приемлемыми в ценовом отношении по сравнению с другими технологиями. Кристаллические панели имеют высокий КПД: до 17% для поликристаллических ФЭ-панелей и 18% для монокристаллических. В ближайшие несколько лет ожидается дальнейшее снижение стоимости, повышение чистоты материалов и рост выработки электроэнергии (GlobalData, 2019).

"Тонкопленочные" солнечные фотоэлектрические батареи второго поколения дешевле в производстве, но, как правило, имеют более низкий КПД. Исследуются и другие многообещающие технологии, такие как перовскитовые элементы, которые отличаются высоким КПД – до 24,4%, но еще не готовы к выходу на рынок.

Технология новых элементов основана на использовании пассивированного эмиттера заднего контакта (PERC). По своей конструкции эти новейшие кремниевые элементы аналогичны обычным монокристаллическим фотоэлементам. Благодаря улучшенным показателям надежности, эффективности и суммарной выработки энергии технология PERC становится новым отраслевым стандартом монокристаллических фотоэлементов.

Таким образом, выбор солнечной фотоэлектрической технологии, подходящей для конкретной установки, определяется компромиссом между инвестиционными затратами на солнечные панели, эффективностью модулей, наличием свободного пространства и местными факторами.

5.2.2 Устройство солнечных батарей

Стационарные батареи устанавливаются так, чтобы смонтированные солнечные модули были ориентированы на солнце (в направлении экватора), обеспечивая оптимальный годовой профиль выходной мощности. Альтернативой служит конструкция, способная отслеживать положение солнца, например двухосевая система слежения, однако она обойдется значительно дороже. Оптимальный угол наклона для достижения максимальной интенсивности прямого солнечного излучения зависит от местных климатических и топографических характеристик и выбирается с учетом стоимости монтажа.

На характеристики фотоэлектрических модулей влияют температурные условия. При использовании современных контроллеров заряда с отслеживанием точки максимальной мощности (MPPT) улучшается производительность солнечных панелей в холодную погоду, в то время как с контроллера заряда традиционной конструкции ток от солнечного элемента передается непосредственно в аккумулятор без учета изменения производительности солнечного элемента из-за условий окружающей среды²⁴. Контроллеры заряда с отслеживанием точки максимальной мощности способны оптимизировать токосъем, что приводит к значительному повышению общей производительности систем.

Солнечные ФЭ-модули могут устанавливаться на земле, на крыше зданий или на опорах/вышках с фиксированным наклоном или с системой слежения за солнцем по одной или двум осям.

5.3 Выбор размеров солнечных ФЭ-батарей

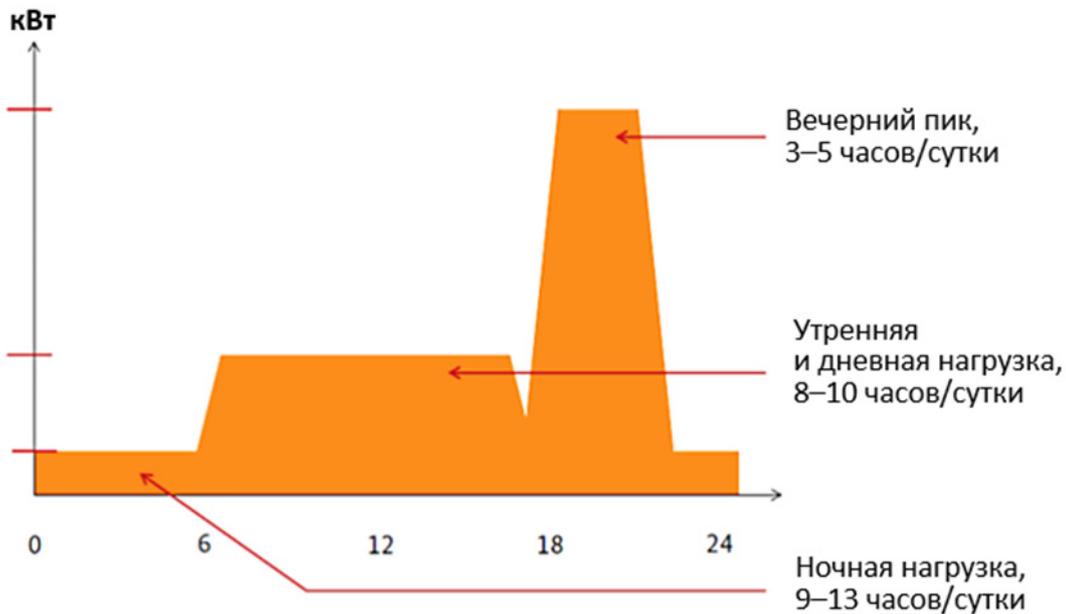
На первом этапе расчета требований к автономной системе после проведения полного обследования на месте и оценки потребностей выполняется прогнозирование спроса с учетом его ожидаемого роста в будущем.

Создается типичный профиль нагрузки, отражающий среднечасовую потребность в течение 24-часового периода, а также наихудший планируемый период в течение года, определяемый облачным покровом и осадками в тропических районах или снегопадом в умеренных.

Пример профиля нагрузки показан на рисунке 18.

²⁴ Техническое обсуждение MPPT см. в: Home power Magazines, issue 72, September 1999. <http://www.homepower.com>

Рисунок 18. Типичный профиль суточной нагрузки в сельском районе



Источник: Типичный профиль суточной нагрузки в сельском районе (МЭА, 2013 год).

Рассчитав почасовую нагрузку, рассчитывают пиковую нагрузку в киловаттах. Расчет производится с учетом энергии, необходимой для зарядки резервных аккумуляторных батарей, а также прогнозируемого спроса на электроэнергию. Общий пиковый спрос оценивается с учетом "коэффициента снижения мощности", потерь и неэффективности всех подсистем. К таким компонентам системы относятся:

Контроллер Заряда Солнечной Батареи – регулирует напряжение и ток, поступающие от ФЭ-панелей к батареям. Предотвращает перезарядку батарей и продлевает срок их службы;

Инвертор – преобразует постоянный ток, поступающий от ФЭ-панелей, в переменный ток для шины переменного тока или для питания устройств переменного тока;

Батарея или аккумулятор энергии – хранит электроэнергию, которая затем, при наличии потребности, подается на электроприборы;

Нагрузка – совокупность всех электроприборов, подключенных к солнечной ФЭ-системе, таких как осветительные приборы, радио, телевизор, компьютер, холодильник и т. д.;

Вспомогательные источники энергии – дизель-генератор или возобновляемый источник энергии другого типа.

Данные о плотности потока солнечного излучения

Климатические данные для соответствующей местности, содержащие среднесуточные значения плотности потока солнечного излучения, собираются из специальных карт (см. рисунок 19) или из других источников точно измеренных и оцененных данных.

Рисунок 19. Глобальная средняя плотность потока солнечного излучения



https://www.researchgate.net/figure/Global-mean-solar-irradiance-10_fig3_275922125

5.3.1 Солнечные инверторы – преобразователи напряжения

Батарея состоит из нескольких солнечных ФЭ-панелей, соединенных последовательно. К ней подключается общий инвертор для преобразования постоянного тока, генерируемого батареями, в переменный. Номинальное напряжение на выходе постоянного тока составляет от 300 до 600 В; оно преобразуется в соответствующее напряжение переменного тока, используемое на данной территории (стандартное напряжение для Европы составляет 220–240 В переменного тока частотой 50 Гц, а для Северной Америки – 120 В переменного тока частотой 60 Гц).

5.3.2 Преимущество солнечных батарей перед дизель-генераторами

Хотя первоначальные затраты на системы, использующие солнечную энергию, значительно выше, чем на дизель-генераторную установку, в долгосрочной перспективе солнечная энергия представляет собой более дешевый вариант, поскольку дизель-генераторы нуждаются в регулярной заправке топливом и обслуживании.

Традиционным подходом для обеспечения электроэнергией сельских установок электросвязи, расположенных вдали от общегосударственной энергосистемы, стало использование автономных генераторов. Солнечная энергия является жизнеспособной альтернативой.

Для солнечных установок характерны чрезвычайно низкие эксплуатационные расходы в [сельских применениях электросвязи с гарантийным сроком, превышающим 15 лет, но производители часто предлагают пожизненную гарантию на 20–25 лет с ожидаемым снижением выходной мощности в конце этого периода примерно до 80% от первоначальной.](#)

5.4 Энергия ветра

Отличным решением для электрификации сельских районов и питания установок электросвязи могут служить малые ветряные турбины (МВТ) с генерируемой мощностью до 100 кВт. Диаметр их ротора обычно составляет от 7 до 15 м, а выходная мощность – до 50 кВт.

Типичная ветряная турбина способна генерировать электроэнергию при скорости ветра 3–5 м/с, достигая максимальной мощности при скорости ветра около 15 м/с, и обычно отключается при скорости ветра около 25 м/с (в зависимости от конструкции).

Конструкция и элементы ветряной турбины

Наиболее распространенная конструкция ветряных турбин – турбина с горизонтальной осью, обеспечивающая более высокую эффективность и надежность по сравнению с конструкцией с вертикальной осью.

- Ротор состоит из 1–3 совмещенных лопастей, установленных на мачте.
- Диаметр ротора самых малых ветряных турбин, например вырабатывающих энергию для обеспечения работы бытовых электроприборов, составляет менее 2 м, а мощность – около 1 кВт.
- При средней скорости ветра 5 м/с и более может поддерживаться производство около 300 кВтч электроэнергии в год на один квадратный метр поверхности ротора.
- 20-метровая двухроторная установка вырабатывает около 6000 кВтч электроэнергии, увеличивая выработку до 8500 кВтч при скорости ветра 6 м/с.

Лопастки должны устанавливаться на высоте более 15 м от слоя приземной турбулентности.

- Генераторы ветряных турбин могут иметь фиксированную или переменную частоту вращения.
- В развивающихся странах широко используются откидные столбы, мачты или башни, поскольку они просты в установке и легкодоступны для технического обслуживания и ремонта.
- Большинство малых ветряных турбин снабжены генератором на постоянных магнитах (без необходимости в редукторе).

Генератор вырабатывает переменный ток, который выпрямляется мостовым выпрямителем для получения выходной мощности, аналогичной мощности фотоэлектрических систем.

Контроллер заряда аккумулятора предотвращает перезарядку, защищает аккумулятор и предотвращает превышение предельно допустимой частоты вращения турбины.

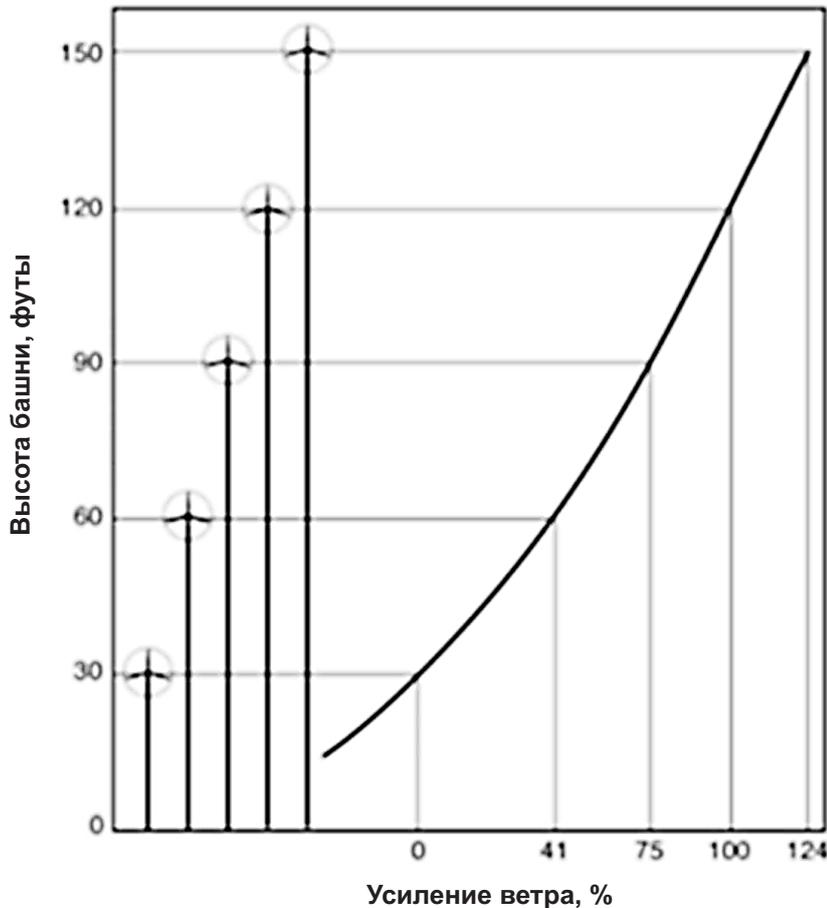
Там, где местные данные недоступны, перед установкой необходимо провести масштабные измерения ветра в течение длительного периода времени, так как конкретное местоположение турбины чрезвычайно важно и должно быть тщательно изучено во избежание аэродинамических помех.

Для ветроэнергетики характерны следующие недостатки:

- нестабильная выходная мощность, сильно зависящая от рельефа местности и географического положения;
- надежные данные о скорости ветра для всех потенциальных мест размещения, как правило, отсутствуют, поэтому необходимы специальные инструменты для определения наилучшего местоположения турбин в районе;
- повышенные требования, предъявляемые к конструкции башни, и более высокие затраты, чем для традиционных башен электросвязи, которые не несут таких высоких нагрузок, как ветряные турбины;
- чем выше требуемая выходная мощность, тем выше должна быть башня и сложнее ее техническое решение, чтобы удовлетворить конструктивные требования.

На рисунке 20 показана зависимость выходной мощности ветряной турбины от высоты башни.

Рисунок 20. Выходная мощность ветряной турбины в зависимости от высоты башни



Примечание. Рисунок носит ориентировочный характер, иллюстрируя влияние высоты башни на выходную мощность ветряной турбины.

5.5 Топливные элементы

В последнее время были достигнуты значительные успехи в развитии технологии топливных элементов в отношении типов топлива и технологий выработки энергии.

Наиболее популярны топливные элементы, в которых в качестве топлива используется водород. Водород – самый чистый вид топлива благодаря своим характеристикам: 100%-ное окисление без выделения загрязняющих веществ (выделяется только вода). Однако переходу на топливные элементы препятствуют высокие первоначальные капитальные затраты, высокая стоимость замены топлива и отсутствие инфраструктуры для поддержки экосистемы цепочки поставок топлива.

5.6 Биомасса

Биомасса – интересная альтернативная форма зеленых технологий, идеально подходящая для мелкомасштабного распределенного производства электроэнергии. Этот вид топлива широко доступен в сельских районах развивающихся стран, и данная технология все чаще применяется для электроснабжения мини-сетей местного значения.

Однако применение биомассы в системах электросвязи сопряжено с серьезными проблемами в плане масштабируемости, сложности с эксплуатационной точки зрения, надежности цепочки поставок и устойчивости. Любые перебои с поставками биомассы, такой как древесная щепа,

сельскохозяйственные отходы и т. д., повлияют на жизнеспособность и долгосрочную устойчивость работы электростанции.

5.7 Микро-ГЭС

Гидроэнергетические системы вырабатывают электроэнергию, используя те же принципы, что и ветряные турбины. Сила потока воды приводит в движение гребной винт или водяное колесо, соединенное с генератором, который вырабатывает электрический ток.

- Мощность микрогидроэлектростанций – менее 100 кВт.
- Мощность пикогидросистем – менее 1 кВт.

Капитальные затраты на внедрение микрогидросистем зависят от выбора площадки и базовой планировки.

Конфигурация системы проектируется в соответствии с доступным напором воды.

Большинство микрогидроустановок относится к русловому типу.

- Для их работы нет необходимости в наличии больших водоемов.
- Они производят электроэнергию только при достаточном объеме стока в реке.
- При низком уровне воды или недостаточном объеме стока выработка электроэнергии прекращается.
- Воздействие на окружающую среду минимально.
- При достаточном напоре воды и объеме стока микро-ГЭС может служить наименее затратным источником электроэнергии.
- Она обслуживает местные мини-электросети и отдельные объекты.

Другие преимущества гидроэнергетических микросистем:

- безопасные и надежные инвестиции в течение нескольких десятилетий;
- возможность индивидуальной, кооперативной или коммунальной собственности;
- техническое обслуживание и строительство могут осуществляться силами малоквалифицированного персонала с применением кооперативной системы управления;
- быстрое развертывание при наличии местных материалов и работников;
- гибкая адаптация к краткосрочным изменениям нагрузки;
- длительный срок эксплуатации (десятилетия).

Гидроэнергетические микросистемы можно использовать там, где есть реки или водопады, а также в сельских районах, где трудно эксплуатировать системы на основе солнечной или ветровой энергии. Они достаточно просты в обслуживании и дешевле солнечных и ветряных систем. Гидроэнергетические микросистемы – привлекательный вариант для питания сельских систем электросвязи.

Монтаж и обслуживание гидроэнергетических микросистем

Гидроэнергетические микросистемы не отличаются технической сложностью, и их можно создавать и администрировать силами местного сообщества.

- Они требуют более частого технического обслуживания, чем аналогичные ветряные или фотоэлектрические системы.
- Требуется регулярное обслуживание и замена подшипников и щеток генератора.
- Турбину необходимо защищать от мусора.
- Энергия вырабатывается непрерывно, так что батареи постоянно подзаряжаются и, следовательно, могут использоваться батареи с неглубоким циклом заряда-разряда, такие как автомобильные

аккумуляторы, без чрезмерных ограничений производительности. Батареи с глубоким циклом обеспечивают аналогичную производительность системы. Длину и диаметр питающей трубы следует определять в зависимости от напора воды и характеристик турбины, иначе установка будет неэффективной.

Основные проблемы:

- наличие подходящего водоема вблизи вышки электросвязи;
- неопределенность подачи воды (поток и уровень) в разное время года.

Рекомендация. Вместо собственного проекта мини-ГЭС поставщики услуг широкополосной связи могут рассмотреть возможность обслуживания, основанную на закупке гидроэлектроэнергии у поставщиков на основе согласованной бизнес-модели, такой как соглашение о закупке электроэнергии (PPA) или установление фиксированной цены.

5.8 Сравнение возобновляемых источников энергии – резюме

В таблице 3 представлены ключевые преимущества и недостатки различных возобновляемых источников энергии, подходящих для автономных установок в сельских и отдаленных районах. Энергия, получаемая из этих источников, в первую очередь будет использоваться для систем широкополосной связи и вспомогательных услуг по их поддержке, но область применения может быть расширена для электрификации близлежащих населенных пунктов.

Таблица 3. Преимущества возобновляемых источников энергии

	Плюсы	Минусы
Солнечная энергетика	<p>Возобновляемый и устойчивый повсеместно доступный ресурс.</p> <p>Широкая масштабируемость благодаря модульной технологии – от коммерческих масштабов до самых мелкомасштабных применений.</p> <p>Подходит для распределенной генерации электроэнергии.</p> <p>Солнечные панели не требуют технического обслуживания, за исключением определенных работ по их очистке, периодически выполняемых низкоквалифицированной рабочей силой.</p> <p>Конкурентоспособная цена по сравнению с другими экологически чистыми технологиями. Стабильные цены на электроэнергию.</p> <p>Срок службы от 20 до 25 лет, работают без выбросов.</p>	<p>Для развертывания установки большой мощности требуется обширное пространство.</p> <p>Прерывистый (так как зависит от солнца), но предсказуемый источник.</p> <p>Высокие первоначальные капитальные затраты по сравнению с традиционными решениями на дизельном топливе.</p> <p>Высокий риск для инвестиций из-за возможной кражи панелей и вандализма (требуется ограждение).</p> <p>Низкая удельная мощность по сравнению с ископаемым топливом.</p> <p>Медленная окупаемость инвестиций.</p>

Таблица 3. Преимущества возобновляемых источников энергии (продолжение)

	Плюсы	Минусы
Ветряная электростанция	<p>Подходит для мелкомасштабной генерации распределенной электроэнергии.</p> <p>Требует значительно меньше места по сравнению с солнечными батареями.</p> <p>Низкие затраты на техническое обслуживание.</p> <p>Оптимальна по соотношению цена–качество по сравнению с ископаемым топливом, но уступает солнечной энергии.</p> <p>Цена электроэнергии стабильнее, чем при использовании ископаемого топлива.</p>	<p>Низкая надежность – из-за изменчивости скорости ветра, непредсказуемости, прерывистости.</p> <p>Высокие первоначальные затраты. Срок окупаемости 10–20 лет.</p> <p>Низкая масштабируемость и большой объем инвестиций.</p> <p>Для оптимальной выработки электроэнергии требуются башни высотой 20–40 м.</p> <p>Надежность ветрового оборудования варьируется в широких пределах.</p> <p>Шумная работа.</p> <p>Высокие затраты на регулярное техническое обслуживание.</p> <p>Может представлять опасность для летящих птиц.</p>
Микро-ГЭС	<p>Эффективная и надежная технология при наличии водных ресурсов и стабильном потоке, особенно в дождливый или зимний сезон (если вода не замерзает).</p> <p>Для выработки электроэнергии достаточно низкой скорости течения и небольшой высоты падения (или напора).</p> <p>Низкие капитальные затраты для маломощных систем.</p> <p>Функционирует в русле речной системы – плотина не требуется.</p> <p>Низкие затраты на техническое обслуживание.</p> <p>Эксплуатационная гибкость для развивающихся стран.</p>	<p>Местоположение объекта может быть неудобным; подходящие ручьи/реки могут быть расположены далеко от потребителей.</p> <p>Достаточно сложно поддается масштабированию, размер и водоносность ручья/реки могут ограничивать возможность наращивания мощности.</p> <p>Уменьшение мощности в сухой сезон и в летние месяцы.</p> <p>Инженерные сооружения и отводы ручьев могут создавать проблемы.</p>
Топливные элементы	<p>Надежная технология.</p> <p>Компактная система, требует меньше места.</p> <p>Возможно размещение на крышах и в городских условиях.</p> <p>Низкие затраты на техническое обслуживание.</p> <p>Низкий уровень выбросов и шума.</p> <p>Ниже вероятность кражи и вандализма.</p>	<p>Высокие первоначальные инвестиции и стоимость делают этот вариант зеленой технологии менее рентабельным.</p> <p>Сильно зависит от экосистемы и логистики поставок топлива.</p> <p>Необходимо строительство заводов по переработке топлива и создание надежной цепочки поставок.</p> <p>Узкий диапазон мощностей распределенной генерации.</p>
Энергия биомассы	<p>Колоссальный потенциал биомассы.</p> <p>Широкий диапазон мощностей установки.</p> <p>Можно достичь высокой надежности за счет тесной интеграции цепочки поставок.</p> <p>Широкодоступная технология.</p>	<p>Сложность эксплуатации.</p> <p>Высокие затраты на ресурсы и эксплуатацию.</p> <p>Трудность организации поставок биомассы и зависимость от ненадежной экосистемы цепочек поставок.</p> <p>Чувствительна к стоимости производственных ресурсов из-за колебаний цен на корма.</p>

Источник: По материалам GSMA. Green Power for Mobile.

5.9 Автономные возобновляемые источники энергии

Объем инвестиций, необходимых в рамках программы расширения охвата населения сельских районов услугами широкополосного доступа, велик, а возможных доходов недостаточно для покрытия расходов без субсидий или других форм финансовой поддержки.

Расширение доступа к электроэнергии посредством традиционной инфраструктуры энергосистем в малонаселенных сельских районах будет неэкономичным, поскольку потребует больших капиталовложений на прокладку высоковольтных линий электропередачи и распределительных сетей.

По данным IRENA²⁵, автономные решения на основе возобновляемых источников энергии, включая отдельные системы, микросети и мини-сети, в качестве жизнеспособных решений электрификации стали распространенным и конкурентоспособным вариантом расширения доступа к электроэнергии в необслуживаемых сообществах и сообществах, обслуживаемых в недостаточной степени. Автономные системы работают независимо от общенациональной электросети и управляются частными компаниями, иногда в партнерстве с местными общественными группами или в сотрудничестве с действующими национальными операторами.

Рисунок 21 иллюстрирует сегментацию электросети и мини-сети, демонстрируя, что мини-сети лучше всего подходят для решения задачи электрификации малонаселенных сельских районов. В этом сегменте строительство мини-сети является более выгодным решением по сравнению с расширением единой энергосистемы, обеспечивая самую низкую розничную цену на электроэнергию без субсидирования.

Если городские районы в развивающихся странах с разной степенью успеха обслуживаются общенациональной электросетью, то в сельских районах НРС подавляющее большинство потребителей постоянно сталкиваются с проблемами пропускной способности и покрытия.

Для выработки электроэнергии в необслуживаемых сообществах, не имеющих доступа к общенациональной энергосистеме, или в районах, обслуживаемых в недостаточной степени, где энергоснабжение ненадежно или недоступно по цене, развертываются автономные решения. Автономные сети энергоснабжения обеспечивают электрификацию домашних хозяйств, но большая часть их емкости рассчитана на коммерческое использование (например, питание инфраструктуры электросвязи), конечных пользователей в промышленности (например, комбинированное производство электрической энергии и тепла), коммунальные услуги (уличное освещение, образование, медицинские центры, водоснабжение и т. п.) и поддержку источников средств к существованию (рыболовство, сельское хозяйство).

Развертывание этих систем в регионах должно основываться на местных экономических, географических и социальных факторах²⁶.

Автономные решения адаптируемы к местным условиям, масштабируемы, экологически устойчивы и способны расширять возможности сельских сообществ и обеспечивать предоставление государственных цифровых услуг в сфере образования, здравоохранения и т. д.

По оценкам МЭА²⁷, для всеобщего обеспечения электроэнергией к 2030 году потребуются ежегодные инвестиции в размере 52 млрд. долларов США. Детальное геопространственное моделирование показывает, что наиболее экономичным решением для трех четвертей недостающих соединений, необходимых в странах Африки к югу от Сахары, служат децентрализованные системы, в первую очередь солнечные фотоэлектрические системы в составе автономных мини-сетей.

²⁵ Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Off-grid_RE_Access_2019.pdf

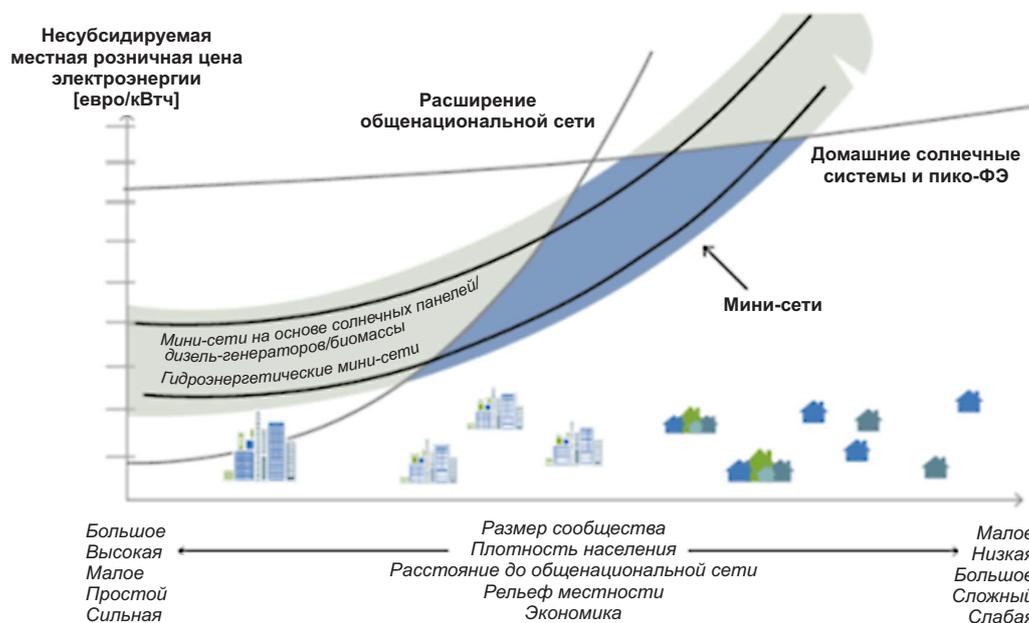
²⁶ https://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/MGT/MinigridPolicyToolkit_Sep2014_EN.pdf

²⁷ Energy Access Outlook 2017. www.iea.org/reports/energy-access-outlook-2017

Рисунок 21. Сегмент мини-сети (растущая роль мини-сетей и возобновляемых источников энергии)

Иллюстрация рамок, в которых мини-сети служат наиболее подходящим решением для электрификации сельских районов.

Возможности для расширения сети и развертывания мини-сетей и распределенных систем на основе возобновляемой энергии



Источник: EUB PDF/REN21 2014.

5.9.1 Мини-сети

Мини-сеть – это распределительная электросеть, работающая изолированно от сетей электропередачи общенациональной энергосистемы, которая служит маломощным источником электроэнергии, обычно от 10 кВт до 10 МВт, для ограниченного числа местных потребителей²⁸. Мини-сети – наиболее подходящий вариант для электроснабжения удаленных объектов и населенных пунктов, где стоимость подключения к единой энергосистеме непомерно высока.

Микросети подобны мини-сетям, но с меньшей мощностью генерации – от 1 кВт до 10 кВт. Микросети легче адаптировать для обслуживания рассредоточенных сообществ, состоящих из изолированных зданий или небольших групп домов.

Мини-сети можно модифицировать для более экономичного электроснабжения локализованных населенных пунктов с жилыми домами, кустарным производством, предприятиями, учреждениями, операторами связи и отдаленными коммунальными объектами, обеспечив уровень качества подачи электроэнергии, характерный для единой энергосистемы или еще выше. Эксплуатировать мини-сети могут операторы электросвязи, коммунальные предприятия, другие специализированные частные компании, общественные организации или сочетание перечисленных участников.

Для производства электроэнергии мини-сети во многих частях мира по-прежнему используют дизельное топливо, однако решения, основанные на использовании возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия, гидроэнергия, энергия биомассы или ветра, снижают затраты, повышают энергетическую безопасность и уменьшают загрязнение окружающей среды.

²⁸ Africa-EU Renewable Energy Cooperation Programme (RECP). Mini-grid Policy Toolkit. <http://www.minigridthpolicytoolkit.euei-pdf.org/policy-toolkit>

В сельских районах, удаленных от единой общенациональной энергосистемы, операторы мини-сетей могут продавать электроэнергию якорным потребителям, таким как операторы связи и местные предприятия, и получать дополнительный доход, распределяя электроэнергию среди потребителей из местных сообществ. Компании, специализирующиеся на башнях электросвязи (башенные компании), которые производят электроэнергию и предоставляют услуги операторам электросвязи, могут предоставлять услуги местному населению, тем самым ускоряя окупаемость своих инвестиций.

В таблице 4 показаны области применения и классификация мини-сетей, а также приведены технические характеристики сети каждого типа. В качестве системы измерения и оценки доступности электроэнергии для глобальных сравнений используется система уровней, разработанная ООН в рамках инициативы SE4ALL.

Оценку решений электрификации можно классифицировать по ряду применений и показателей качества, как показано в таблице 4.

Таблица 4. Система отслеживания прогресса в выполнении инициативы SE4ALL во всем мире

Доступ к электроэнергии в соответствии с Глобальной системой отслеживания SE4ALL	Отсутствует	Базовый	Расширенный			
			Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
Параметры	Уровень 0	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
		Настольные лампы и зарядка телефона	Общее освещение, телевизор и вентилятор	Уровень 2 и любые маломощные электроприборы	Уровень 3 и любые приборы средней мощности	Уровень 4 и любые мощные электроприборы
Доступная пиковая мощность (Вт)	–	> 1	> 20/50	> 200/500	> 2000	> 2000
Продолжительность (час.)	–	> 4	> 4	> 8	> 16	> 22
Подача в вечерние часы (час.)	–	> 2	> 2	> 2	> 4	> 4
Приемлемость в ценовом отношении	–		√	√	√	√
Соблюдение установленных норм				√	√	√
Указанный технологический минимум		Наносети/микросети, пико-ФЭ/солнечные фонари	Микросети/мини-сети, аккумуляторные батареи, домашние системы по производству солнечной энергии	Микросети, мини-сети, бытовые системы электропитания	Мини-сети и единая энергосистема	Мини-сети и единая энергосистема

Источник: По материалам Всемирного банка, 2014 год.

Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, гидроэнергия, энергия ветра, биомассы или топливные элементы, используются в мини-сетях распределения экологически чистой электроэнергии (CEMG) с резервным аккумулятором для обеспечения баланса спроса и предложения в течение суток. В качестве резервных источников питания в мини-сетях также могут использоваться дизель-генераторы.

Внедрение мини- или микросетей приносит, в частности, следующие выгоды:

- производство электроэнергии промышленного качества;
- быстрое развертывание услуг для систем электросвязи и населения (за недели или месяцы, а не годы);

- возможность адаптации к местным требованиям, масштабируемость и гибкость;
- источники электроэнергии расположены ближе к обслуживаемым населенным пунктам, что снижает затраты на ее передачу;
- в случае микросетей – возможности для партнерства частного сектора и сообществ для обслуживания местных потребителей, не имеющих доступа к единой энергосистеме, – операторов электросвязи, домохозяйств и предприятий – из местных источников по низковольтным распределительным линиям.

Мини-сети являются наиболее подходящим и экономически эффективным решением для удаленных базовых станций и рассредоточенных населенных пунктов с низкой и средней плотностью населения, расположенных далеко от линий общенациональной энергосистемы, в районах с ненадежным электроснабжением или в местах, где стоимость электроэнергии из единой энергосистемы слишком высока.

Автономные домашние системы по производству солнечной энергии подходят для мест, где население рассредоточено, населенные пункты расположены далеко от линий единой энергосистемы, а уровень электропотребления домохозяйств не высок.

Технические решения на основе использования солнечной и ветровой энергии обеспечивают главным образом электроснабжение установок электросвязи в сельских и отдаленных районах. По некоторым прогнозам, в ближайшие пять лет на них будет приходиться более 80% глобального прироста мощностей возобновляемых источников энергии.

Таблица 5. Меры в области доступа к энергии (ЕА) и ориентировочные преимущества энергоэффективности (ЕЕ) – возможности в отношении ЕА и ЕЕ в соответствующем контексте

Уровень доступа	Технология или способ доставки	Обеспечиваемая энергоэффективность
Уровень 1	Переносные фонари на солнечных батареях/пико-ФЭ	Энергоэффективные светоизлучающие диоды (LED) радикально уменьшают размер и стоимость фотоэлектрических солнечных батарей и батарей, необходимых для предоставления услуг, что делает эти технические решения финансово доступными для обширных новых сегментов рынка
Уровни 2, 3, 4	Автономные системы	Энергосберегающие приборы радикально сокращают потребности в энергоснабжении, что позволяет автономным системам предоставлять более качественные услуги и обеспечивать эквивалентное качество услуг с применением систем меньшего размера и меньшей стоимости
	Микро- и мини-сети	Энергосберегающие приборы и устройства позволяют увеличить количество соединений, которые может обеспечить мини-сеть, и снизить капитальные затраты на системы, потенциально повышая финансовую устойчивость
	Использование в промышленности/быту	Энергоэффективность позволяет уменьшить затраты на электроэнергию и/или продлить срок эксплуатации электроприводных установок, таких как мельницы, дробилки и насосы. Эффективные солнечные светодиодные уличные фонари повышают общественную безопасность и облегчают торговлю с наступлением темноты.
		Эффективные насосы для полива на солнечных батареях оказались более рентабельными, чем обычные электронасосы. Эффективные медицинские приборы надежнее работают в недостаточно электрифицированных сельских медицинских пунктах от небольших и недорогих автономных электросетей

Таблица 5. Меры в области доступа к энергии (ЕА) и ориентировочные преимущества энергоэффективности (ЕЕ) – возможности в отношении ЕА и ЕЕ в соответствующем контексте (продолжение)

Уровень доступа	Технология или способ доставки	Обеспечиваемая энергоэффективность
Уровень 5	Реформирование единой энергосистемы/энергетического сектора	Повышение эффективности со стороны предложения и спроса позволяет повысить надежность и финансовые показатели энергетического сектора, понижая цены для потребителей и повышая долю оплаченных счетов за электроэнергию. В секторах с субсидированными тарифами эффективность позволяет снизить государственные расходы

Примечание. В рамках инициативы SE4All разработана многоуровневая система отслеживания доступности электроэнергии во всем мире. Уровень 1 соответствует услугам с очень низким энергопотреблением, а уровень 5 предусматривает полное подключение к единой энергосистеме с использованием мощных устройств.

Источник: <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2014/11/Africa-Market-Report-GPM-final.pdf>

5.9.2 Автономные системы

Автономные системы – это небольшие системы электроснабжения, включая домашние солнечные и пико-ФЭ системы, не подключенные к единой сети распределения электроэнергии. Автономная система может обслуживать отдельных потребителей, домохозяйства, небольшое кустарное производство или подразделения предприятий в малонаселенных районах при слабом потенциальном спросе. Домашние системы по производству солнечной энергии мощностью до 150 Вт могут использоваться для питания фонарей на солнечных батареях, освещения помещений, подзарядки мобильных телефонов, питания компьютеров и небольших устройств. Системы пико-ФЭ вырабатывают мощность до 10 Вт для таких приборов, как фонари на солнечных батареях и радиоприемники, а также для зарядки телефонов.

Автономные системы используют местные возобновляемые источники энергии, включая биомассу, энергию ветра, гидроэнергию и солнечную энергию. В состав этих систем часто входят системы аккумулирования энергии, которые обычно представляют собой аккумуляторную батарею, что позволяет напрямую питать от них низковольтные устройства постоянного тока или использовать их для освещения и питания небольших приборов постоянного тока. С помощью инвертора можно получать низкое напряжение переменного тока для питания стандартных приборов переменного тока²⁹.

Автономные системы лучше всего подходят для рассредоточенных поселений, расположенных вдали от линий единой энергосистемы и характеризующихся невысоким спросом на электроэнергию.

Классификация автономных солнечных систем

Пико-ФЭ системы (PPS)

- Малая домашняя система по производству солнечной энергии – выходная мощность от 1 до 10 Вт:
 - используется в основном для освещения, в качестве зарядного устройства для мобильных телефонов, небольших ИТ-приборов, радиоприемников.
- Малая солнечная панель с аккумулятором и лампой. Фотоэлектрическую панель можно закреплять на самом изделии (например, на солнечных уличных фонарях).
- Простота установки (подключи и используй), удобство применения, низкие инвестиционные затраты, минимальные требования техобслуживания, широкие возможности наращивания и универсальность.

²⁹ Rashid Al Badwawi et al. A Review of Hybrid Solar PV and Wind Energy System. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23080477.2015.11665647?needAccess=true>

Классические домашние системы по производству солнечной энергии (SHS)

- Классическая домашняя система по производству солнечной энергии – пиковая мощность до 250 Вт.
 - Состоит из нескольких независимых компонентов:
 - модулей, регулятора заряда, аккумулятора и нагрузок.
 - Управление энергопотреблением осуществляет контроллер заряда.
 - Преимуществом классической SHS являются нагрузки постоянного тока:
 - энергосберегающие лампы постоянного тока, радиоприемники, телевизоры и холодильники.
- SHS – это системы с высокой эффективностью энергопотребления, работающие без потерь на преобразование.

Бытовые солнечные системы (SRS)

- Большие автономные фотоэлектрические системы (SRS):
 - для солнечных пикосистем, пиковая мощность от 2 до 10 Вт;
 - идеально подходят для сельского или бытового применения.
- Электроэнергия для крупных отдельных потребителей – гостиниц, больниц, школ, фабрик и т. д.
- Простота эксплуатации и обслуживания.
- Автономные применения.
- К классическим элементам автономной фотоэлектрической системы относятся солнечный модуль, контроллер заряда, свинцово-кислотный или литиевый аккумулятор, инверторы и нагрузки (электроприборы).

Появляются решения солнечных комплектов с возможностью комбинированных соединений, обеспечивающие выполнение двух функций при минимальной стоимости.

5.9.3 Сравнение возобновляемых источников энергии и ископаемого топлива для мини-сетей

Благодаря своей модульности технологии, основанные на возобновляемых источниках энергии, можно быстро развертывать и адаптировать для удовлетворения спроса на электроэнергию с использованием местных ресурсов и мощностей.

За счет перехода на электрификацию с использованием возобновляемых источников энергии можно немедленно и существенно сократить выбросы углекислого газа (CO₂) от энергетики на ископаемом топливе. Это не только понизит уровень загрязнения воздуха, что будет полезно для здоровья населения, но и принесет значительные социально-экономические выгоды благодаря развитию взаимосвязанной цифровой экономики.

В таблице 6 приведены технические характеристики различных решений на основе возобновляемых источников энергии и ископаемого топлива, которые можно применять в автономных системах и в установках, подключенных к единой энергосистеме.

Таблица 6. Характеристики мини-сетей и автономных систем на возобновляемых источниках энергии, 2012/13 годы

	Подключенные к единой энергосистеме	Мини-сети < 50 МВт/ персональное потребление	Автономные системы/ индивидуальные системы электрификации	Промышленное применение
Природный газ	~ 1500 ГВт			ТЭЦ на газе > 1 ГВт
Дизельное топливо		5–10 ГВт 50 000–100 000 систем		
Гидроэлектростанции	Крупные > 10 МВт 10 000–50 000 систем > 1 000 ГВт	Малые < 10 МВт 100 000–150 000 систем 75 ГВт	Микро-ГЭС 0,1–1 МВт Пико-ГЭС < 0,1 МВт	
Ветряные электростанции	310 ГВт 250 000 турбин	Гибридные дизельно-ветряные < 1000 сельских/ горнорудных систем	Малые ветрогенераторы 0–250 кВт 806 000 турбин	Ветряные насосы > 500 000
Солнечные ФЭ-системы	50 ГВт/0,5 млн. крупных систем > 50 кВт; 80 ГВт/10–20 млн. систем на крыше 1–50 кВт	Гибридные дизельно-ФЭ < 10 000 сельских систем	SHS < 1 кВт 5–10 млн. систем	Солнечные фонари 5 млн.; вышки электросвязи 10 000; солнечные водяные насосы; ФЭ-холодильники/ морозильники; системы уличного освещения; дорожные знаки; станции подзарядки телефонов
Биогаз/ биодизельные системы	14 ГВт 30 000–40 000 систем	ЭС на биогазе < 100 кВт > 1 млн. систем; газификация/рисовый шлак и т. п. 1000–2000 систем		Резервные биодизельные генераторы на животноводческих фермах
Когенерация биомассы	20 ГВт древесная масса, сахар/этанол 1000–2000 систем; 20–30 ГВт паросилового цикл/ СН 1000–2000 систем; 5–10 ГВт совместное сжигание с углем 250–500 систем			

Источник: IRENA, Off-grid renewable energy systems.

5.10 Основные компоненты мини-сетевой установки

Как показано на рисунке 22, электроэнергетическая мини-система на возобновляемых источниках энергии имеет несколько основных характеристик.

1 Генераторы/источники возобновляемой энергии

Электроэнергию можно получать с помощью следующих источников: солнечные фотоэлектрические модули, ветряные турбины, мини-гидротурбины на близлежащих ручьях или реках и источники стабилизированного электропитания на биомассе.

2 Инверторы

Инверторы постоянного тока в переменный используются для преобразования энергии солнечных батарей в напряжение сети переменного тока для питания устройств переменного тока у потребителя.

Существуют струнные и микроинверторы; преобразователи постоянного тока адаптируют выходное постоянное напряжение солнечной батареи к уровню, требуемому для оборудования и приборов.

3 Выпрямители

Преобразуют переменное напряжение от ветрогенераторов, гидротурбин и т. д. в постоянное напряжение, требуемое для оборудования.

4 Аккумуляторы энергии – батареи и накопители большей емкости

Для обеспечения непрерывной подачи электроэнергии от мини-сетей, использующих возобновляемые источники энергии (солнечную и ветровую), которые производят переменное количество энергии в течение суток, требуются аккумуляторные батареи оптимального размера. Избыточная электроэнергия, вырабатываемая этими системами, хранится и выдается по мере необходимости, чтобы компенсировать колебания при ее производстве. В маломощных мини-сетях (до 300 кВт) обычно используются аккумуляторные блоки, а в более мощных системах – другие виды аккумуляторов, такие как литиевые батареи.

5 Распределительная сеть

Тип используемой распределительной системы зависит от услуг, предоставляемых по этой сети, и от типа используемых устройств. Сеть может быть спроектирована как шина постоянного тока или как однофазная или трехфазная шина переменного тока в зависимости от характеристик системы или сети. В сетях, предоставляющих услуги отдельным клиентам, предприятиям или отраслям, необходимо измерять и регистрировать потребляемую энергию в целях выставления счетов.

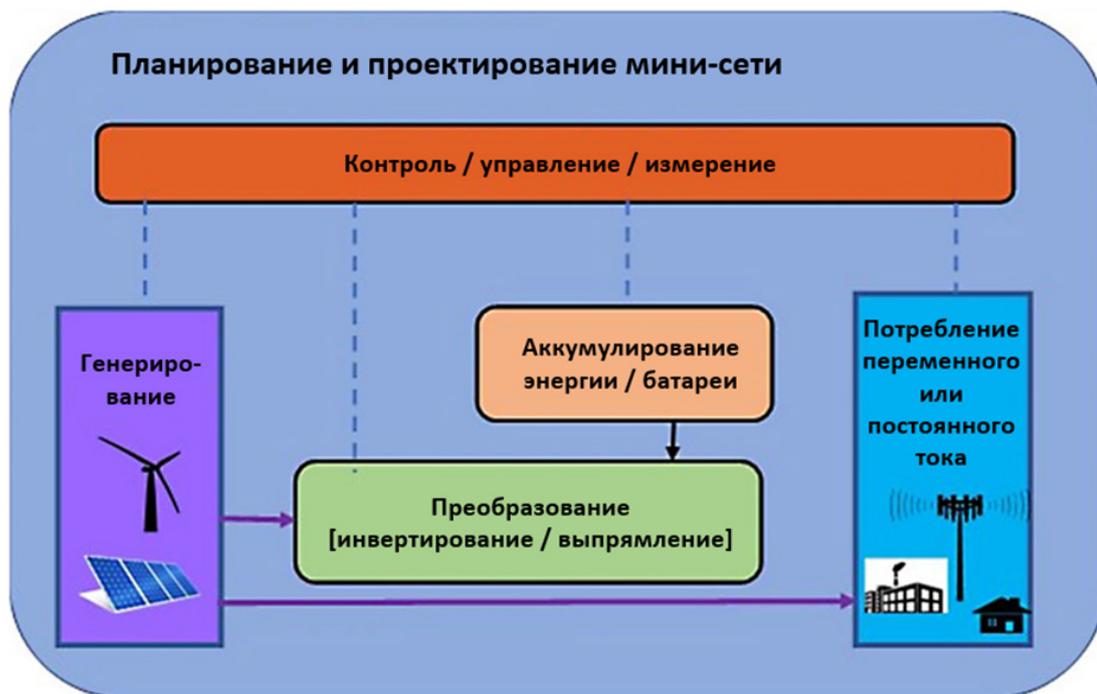
6 Подсистема пользователя/прикладная подсистема

Для операторов, предоставляющих услуги конечным пользователям, это может быть оборудование на стороне потребителя, включая внутреннюю проводку, счетчики, заземление, оборудование ИКТ и электроприборы.

7 Умные системы управления

Решение таких задач, как контроль, управление и оптимизация сети, сбор данных о тарифах, меры по повышению энергоэффективности сети и возможное подключение к единой энергосистеме при подходящих условиях. ИКТ также можно использовать для интеллектуального учета и автоматизации процесса выставления счетов/платежей через мобильные телефоны.

Рисунок 22. Функциональные возможности мини-сети



К функциям управления мини-сетями относятся стратегии защиты и интеллектуальное принятие решений. Для оптимизации производительности технологий на основе возобновляемых источников энергии и достижения максимальной энергоэффективности мини-сетей может использоваться искусственный интеллект (ИИ). ИИ может способствовать точному прогнозированию погодных условий и потребностей в нагрузке, активируя элементы управления для повышения производительности системы и минимизации общих эксплуатационных расходов.

К функциям передачи данных относятся сбор данных датчиками, их передача в контроллеры и подача команд, сгенерированных контроллерами, на приводы в автоматизированных системах³⁰.

Функция преобразования энергии мини-сетей позволяет преобразовывать и адаптировать энергию, вырабатываемую из возобновляемых источников, в соответствии с характеристиками нагрузки и систем аккумуляции энергии в мини-сетях. Их можно классифицировать по типу входного и выходного напряжения:

- преобразователи постоянного напряжения в постоянное (DC/DC) и переменного напряжения в переменное (AC/AC);
- инверторы преобразуют постоянный ток в переменный (например, электроэнергию солнечных панелей постоянного тока для питания нагрузки переменного тока);
- выпрямители преобразуют переменный ток в постоянный (например, электроэнергию дизельного генератора переменного тока для зарядки электроаккумуляторов постоянного тока).

Мини-сеть или микросеть может быть спроектирована как сеть переменного или постоянного тока в зависимости от основной обслуживаемой нагрузки.

Сетеобразующие инверторы позволяют создать сеть переменного тока в составе автономной мини-сети на возобновляемых источниках энергии.

5.11 HopScotch – сельская широкополосная сеть на солнечной энергии в Шотландии

HopScotch – это широкополосная сеть на солнечных батареях, специально разработанная для обеспечения связи в сельских районах.

Тематическое исследование – сеть базовых станций HopScotch в Шотландии

HopScotch – это установка широкополосной сети связи, протестированная в отдаленных малонаселенных горных районах и на островах близ западного побережья Шотландии. Испытания проводились в сельских районах, расположенных вдали от ближайшего пункта обмена интернет-трафиком и не имеющих доступа к единой энергосистеме. Для создания инфраструктуры широкополосной связи, способной обеспечить покрытие обширных сельских районов с помощью базовых станций подвижной связи, питаемых от дизельных генераторов, в районах, где единая энергосистема недоступна или ненадежна, потребовались бы значительные капиталовложения. Помимо высокой и постоянно растущей стоимости топлива, дополнительных расходов на его транспортировку и техническое обслуживание, эксплуатация дизельных генераторов сопряжена с повышенным уровнем шума и выбросами CO₂.

³⁰ https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Innovation_Outlook_Minigrids_2016.pdf

Беспроводная сеть

Испытательные установки базовых станций HopScotch представляют собой радиосистемы, работающие в диапазонах частот Wi-Fi 5 ГГц и УВЧ-полосах белого пространства ТВ в охватываемых населенных пунктах с использованием:

- маломощных систем беспроводной связи пункта со многими пунктами (PTMP) (аналог Wi-Fi), подключенных;
- к транзитным радиорелейным линиям связи пункта с пунктом (PTR), соединяющим базовую приемопередающую станцию (BTS) с базовой сетью, или, если это возможно, BTS может подключаться непосредственно к IP-магистрالي;
- BTS питается от WindFi – автономной гибридной энергосистемы на возобновляемых источниках энергии, работающей на солнечных фотоэлектрических панелях, ветряных турбинах и аккумуляторных батареях.

В отличие от обычных базовых станций сотовой связи с системами охлаждения, потребляющими значительную мощность, эти радиостанции спроектированы с прицелом на минимизацию энергопотребления и питаются только от возобновляемых источников энергии.

Прототип базовой станции WindFi на острове Бьют, 2010 год



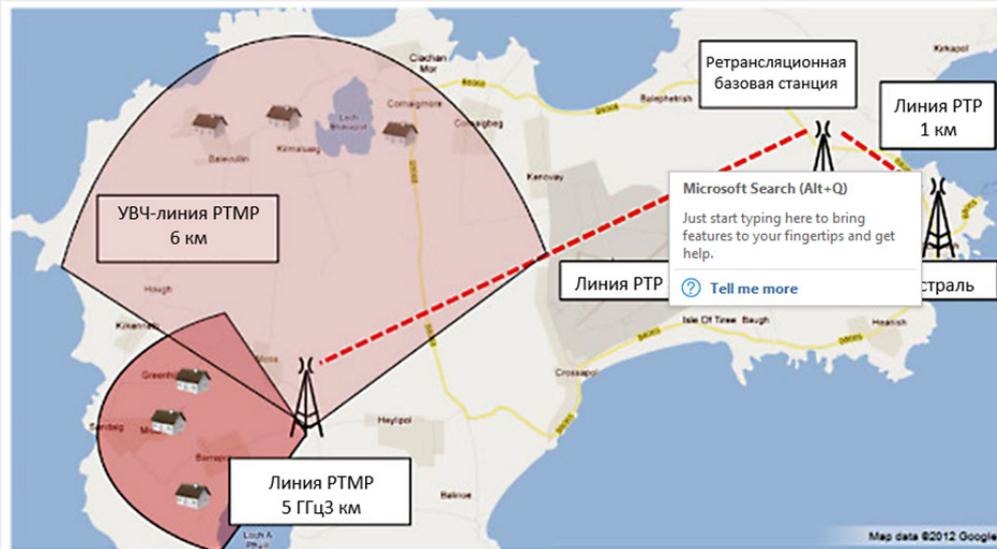
Прототип базовой станции WindFi на острове Бьют, Шотландия. Базовая станция состоит из солнечных панелей и аккумуляторных батарей, над которыми на 10-метровой мачте расположена ветряная турбина с антеннами и радиоборудованием непосредственно под ней.

Источник: <https://jwcn-eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/1687-1499-2012-112/figures/4>

Характеристики радиосистемы HopScotch

- Для обеспечения транзитного соединения используется вариант линий связи пункта с пунктом (РТР), работающих в диапазоне С 5 ГГц (5,725–5,850 ГГц):
 - максимальная э.и.и.м. 4 Вт – радиосистемы на основе стандарта IEEE 802.11n;
 - полная ширина спектра 125 МГц – два неперекрывающихся турбоканала шириной 40 МГц;
 - два независимых пространственных потока по 300 Мбит/с с вертикальной и горизонтальной поляризацией.

Пример сети HopScotch, соединяющей отдаленный населенный пункт с IP-магистралью



HopScotch: сеть базовых станций на маломощных возобновляемых источниках энергии для обеспечения широкополосного доступа в сельских районах.

Источник: <https://jwcn-eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/1687-1499-2012-112/figures/1>

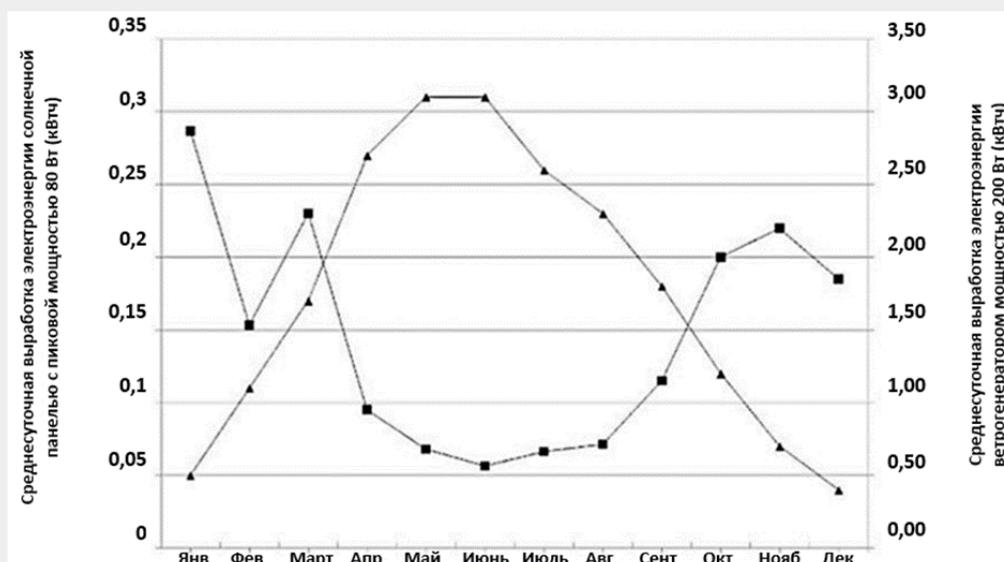
- Для обслуживания потребителей в непосредственной близости от базовой станции (3 км) используется система связи пункта со многими пунктами, работающая в диапазоне частот 5 ГГц:
 - переменное количество секторов на станцию (от 2 до 6) в зависимости от размера населенного пункта;
 - населенный пункт среднего размера – 4 сектора;
 - нелицензируемый диапазон В (5,470–5,725 ГГц); неперекрывающиеся каналы 11 × 20 МГц или 6 × 40 МГц;
 - от 8 до 10 пользователей широкополосного доступа при скорости передачи данных 65 Мбит/с (наращивается по мере необходимости);
 - максимальная э.и.и.м. 1 Вт.
- УВЧ-система:
 - для расширения покрытия до 6 км (за счет увеличения пропускной способности) используется полоса белого пространства ТВ в диапазоне УВЧ, выбранная за ее характеристики распространения радиоволн;
 - полосы белого пространства ТВ в диапазоне 400 МГц.
- Мачта высотой 10 м (с установленными на ней ветряными турбинами, солнечными панелями, радиоаппаратурой и батареями).

Решение с использованием возобновляемых источников энергии

WindFi – это сверхмаломощная базовая станция, в которой на конкретном объекте (показан на рисунке) используются:

- ветряные турбины (200 Вт); и
- солнечные фотоэлектрические модули (80 Вт) с системой слежения.
- В Шотландии, как показано на рисунке, взаимодополняющими возобновляемыми источниками энергии служат солнечная энергия и ветер.
- Базовая станция питается круглосуточно.
- Резервные аккумуляторные батареи обеспечивают непрерывную работу с резервом на трое суток.
- Глубина разряда батареи не должна превышать 50%.

Ежедневная выработка электроэнергии ветрогенераторами и солнечными батареями



Среднесуточная выработка электроэнергии одним фотоэлектрическим модулем мощностью 80 Вт (*) и ветряной турбиной мощностью 200 Вт (■) на острове Тири (Шотландия) на основе прогнозируемых данных о солнечном излучении Фотоэлектрической географической информационной системы и усредненных скоростей ветра, измеренных в аэропорту Тири с помощью ветряной турбины, используемой для базовой станции WindFi.

Источник: <https://jwcn-eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/1687-1499-2012-112/figures/5>

Определение размера системы возобновляемых источников энергии

Производится расчет общей нагрузки, создаваемой радиосистемами, системами доступа и системами управления. Затем рассчитывается емкость аккумуляторного блока для пиковой нагрузки при 50%-ной глубине разряда с запасом энергии на трое суток. Размер солнечных панелей определяется из расчета пиковых нагрузок с учетом данных о солнечном излучении, взятых из Фотоэлектрической географической информационной системы, а данные о средней скорости ветра получены в близлежащем аэропорту.

5.12 Гибридные энергосистемы

В гибридных энергосистемах используются как возобновляемые источники энергии, так и методы производства электроэнергии на ископаемом топливе или накопители. Мини-гибридные и микрогибридные автономные распределенные энергосистемы могут обеспечить доступную, экономически эффективную и надежную электрификацию сельских объектов и населенных пунктов, которые удалены от единой энергосистемы и вряд ли будут подключены к ней. Гибридные энергосистемы могут сочетать в себе систему на возобновляемых источниках энергии – обычно фотоэлектрические панели или ветрогенераторы – с аккумуляторами или системами накопления энергии, а при необходимости и с генераторной установкой, работающей на дизельном или другом

ископаемом топливе. Применяются и другие подсистемы, такие как инверторы, выпрямители и прочие системы управления и стабилизации.

Малые гибридные системы на возобновляемых источниках энергии – подходящее решение для предоставления надежных базовых услуг электроснабжения удаленных объектов и местных учреждений, таких как операционные центры электросвязи и ИКТ, медицинские центры, коммерческие организации, малые предприятия, конторы, государственные учреждения и мастерские/профессиональные учебные заведения.

Тематическое исследование: TELE Greenland

Компания TELE Greenland в течение пяти лет разрабатывала компьютеризированную гибридную энергосистему, которая используется для питания автоматических радиорелейных ретрансляторов мощностью 1,5 кВт в Гренландии. В ней применяются солнечные панели мощностью по 4800 Вт каждая, аккумуляторные батареи емкостью 4500 Ач и небольшой дизель-генератор. В систему также входят распределительный щит и диспетчерское оборудование. Основное питание оборудования электросвязи обеспечивают аккумуляторы, которые заряжаются от солнечных батарей. TELE Greenland сообщает о 80%-ной экономии топлива по сравнению с постоянно работающим дизель-генератором, а количество выездов для технического обслуживания сократилось до одного в год.

Основные аргументы в пользу внедрения гибридных мини-сетей:

- потребность в надежном и недорогом энергоснабжении;
- необходимость экономии топлива, зависимость от дизель-генераторов или желание отказаться от них;
- снижение выбросов CO₂.

Существует множество различных применений и конфигураций гибридных мини-сетей на возобновляемых источниках энергии для сельских и отдаленных районов. В сочетании с накопителем энергии они могут сглаживать и регулировать изменчивость выработки возобновляемой энергии, чтобы обеспечить питание нагрузки в течение суток.

Мини-сети часто используются для энергоснабжения следующих объектов:

- объекты общего пользования, такие как вышки электросвязи, водонапорные станции и т. п.;
- коммунальные объекты – жилые дома, государственные учреждения, учебные заведения, больницы;
- местные предприятия, университетские городки и т. п.

Микрогибридные системы с пиковой мощностью менее 5 кВт могут применяться для удовлетворения потребностей в электрификации небольших сельских поселков, удаленных базовых станций электросвязи (объектов малой мощности), а в сочетании с дизель-генераторами могут эффективно снизить потребление топлива, обеспечивая при этом высокую надежность.

Небольшие распределенные гибридные фотоэлектрические системы с пиковой мощностью 5–30 кВт подходят для небольших удаленных/сельских ретрансляторов беспроводного доступа и базовых станций подвижной связи, а также для освещения жилых домов и для автономных систем электроснабжения местных медицинских центров, учебных заведений, кустарного производства и других коммунальных объектов.

Гибридные системы среднего размера с пиковой мощностью 30–100 кВт требуют более совершенных средств электрификации и подходят для населенных пунктов, где ведется активная производственная деятельность, для питания крупных объектов электросвязи и небольших местных промышленных предприятий.

Гибридные энергосистемы могут иметь различные конфигурации:

- решения мини-/микросетей на базе солнечных фотоэлектрических систем с дизель-генератором:
 - возобновляемые источники энергии, подходящие для энергосетей, которые традиционно полагались на дизель-генераторы и первичный источник, или ненадежных энергосетей, могут применяться для сокращения потребления топлива, минимизации эксплуатационных расходов и затрат на техническое обслуживание, а также для сокращения выбросов парниковых газов;
 - там где недостаточно места для строительства крупного массива солнечных батарей;
 - для повышения надежности и обеспечения более высоких уровней модульной организации в конструкции сети;
- солнечные фотоэлектрические панели и ветряные турбины;
- солнечные фотоэлектрические панели, ветряные турбины и дизель-генераторы.

5.12.1 Гибридная мини-сеть переменного тока

Как правило, гибридная энергосистема переменного тока подает энергию от источника переменного тока непосредственно в сеть, в то время как энергия от возобновляемого источника постоянного тока, такого как фотоэлектрическая солнечная батарея, поступает на инверторы для ее преобразования и подачи в сеть переменного тока. Энергия из сети переменного тока выпрямляется для зарядки резервных батарей или систем накопления энергии. Когда источник переменного тока недоступен, осуществляется подача электроэнергии постоянного тока из возобновляемого источника или от батарей, которая преобразуется в переменный ток для питания нагрузок.

При проектировании, чтобы удовлетворять требуемый пиковый спрос, необходимо учитывать, что в коммунальных схемах пиковые нагрузки могут существенно колебаться в течение суток. Пиковая нагрузка в дневное время возникает в основном из-за работы офисов, деловых и коммерческих пользователей, центров, школ, медицинских и других учреждений и т. д. В вечерние часы преобладают бытовые нагрузки: освещение, холодильники, бытовая техника и развлекательные системы.

Дизель-генератор, если он используется в гибридной сети, поддерживает пиковые нагрузки, повышая надежность и обеспечивая оптимальную зарядку аккумуляторов и систем накопления энергии. Гибридную систему следует проектировать таким образом, чтобы свести к минимуму инвестиционные расходы и оптимизировать капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

На рисунке 23 показана система со связью по переменному току, работающая от солнечных батарей и ветрогенераторов с инверторами, в которую также входит дизель-генератор, непосредственно питающий нагрузку переменного тока через системы стабилизации напряжения. Конструкция системы обеспечивает оптимальную зарядку аккумуляторов для сглаживания нагрузки и работы в качестве резервного источника энергии в периоды, когда основные источники недоступны.

5.12.2 Гибридная мини-сеть постоянного тока

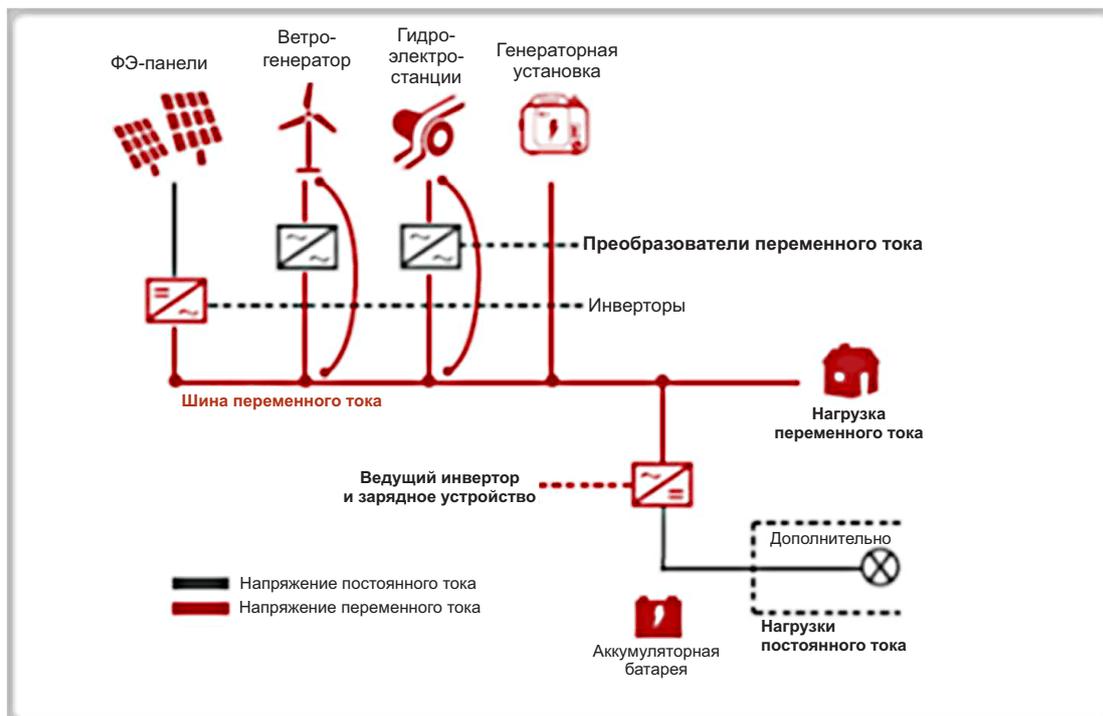
Сети электросвязи обычно питаются от систем постоянного тока 48 В с аварийными/резервными аккумуляторными батареями для поддержания высокой надежности и обеспечения круглосуточной готовности, тогда как IP-оборудование питается преимущественно от переменного тока, поскольку ему требуется большая мощность.

Распространение мини-сетей постоянного тока позволит обеспечить повышенный КПД и улучшенную устойчивость для питания нагрузок постоянного тока без потерь, связанных с преобразованием постоянного тока в переменный и переменного тока в постоянный, необходимым в сетях переменного

тока (EMerge Alliance, 2015)³¹, что может понизить КПД на 3% и более (Willems et al., 2013)³². КПД можно значительно повысить, используя устройства постоянного тока, которые более эффективны и экономичны в эксплуатации, например, 12-вольтовые осветительные лампы LED с прямым питанием от фотоэлектрических модулей, что обеспечит экономию до 30% электроэнергии без необходимости использования инверторов (Graillot, 2013).³³

На рисунке 24 показана гибридная мини-сеть постоянного тока с использованием солнечной фотоэлектрической системы, ветряной турбины и системы резервного питания для удаленной базовой станции электросвязи только с нагрузками постоянного тока.

Рисунок 23. Гибридная мини-энергосистема со связью по переменному току



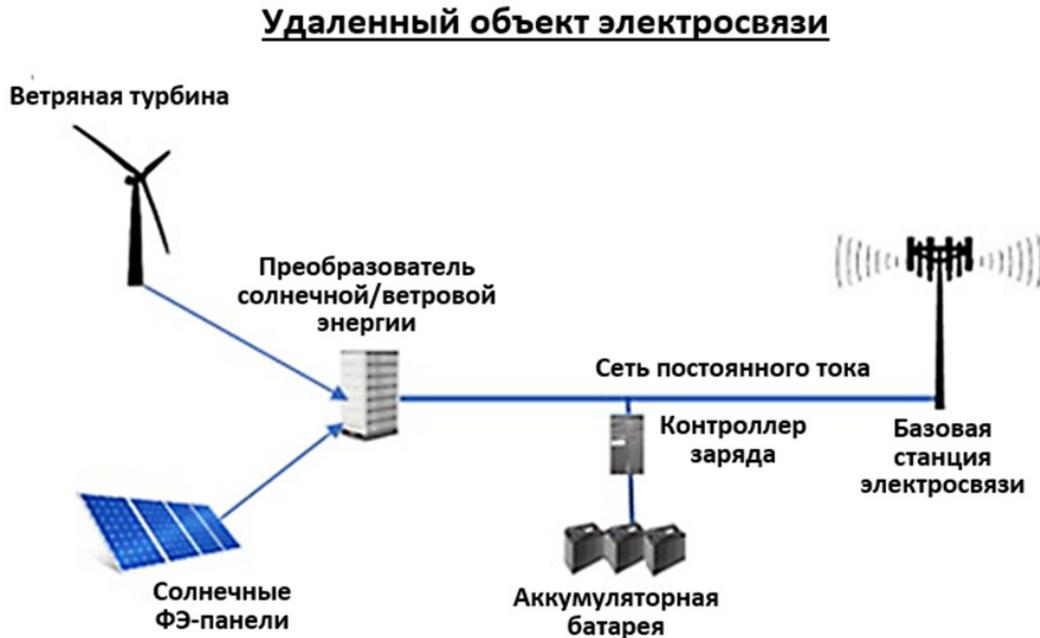
Источник: Схема мини-сети переменного тока с системными компонентами, по материалам ARE (2011 год). <https://www.ruralelec.org/sites/default/files/inensus-toolkit-en-21x21-web-ok.pdf>

³¹ Elsevier Image Alliance A comparison of DC - versus AC - based mini-grids. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352484719300617?token=1CC673EF309F79143500252E66AA3A5642A79806AB4AD265761B8C9871538F1E3D0802384DFD3C1A8CE766B4EAB4B5A6>

³² Willems, S., Aerts, W., De Jonge, S., Haeseldonckx, D., van Willigenburg, P., Woudstra, J., Stokman, H., 2013. Lirias: Sustainable Impact and Standardization of a DC Micro Grid. Presented at the Ecodesign International Symposium, KU Leuven, Jeju Island, Republic of Korea.

³³ IRENA 216 – Innovation Outlook Renewable Mini-grid.

Рисунок 24. Гибридная сеть постоянного тока на ветрогенераторах и солнечных ФЭ-панелях



5.13 Гибридная солнечно-дизельная генерация

Солнечные панели характеризуются чрезвычайно продолжительным сроком эксплуатации. Производители заявляют о сроке службы 20–25 лет, по истечении которых выходная мощность уменьшается примерно до 80% от первоначальной. Причина такой долговечности заключается в том, что солнечные панели не содержат движущихся частей. Панели изнашиваются лишь из-за постепенно разрушающего воздействия ультрафиолетовых (УФ) лучей.

В мини-сетях с фотоэлектрическими солнечными панелями и дизель-генераторами используются батареи или другие накопители энергии, чтобы сгладить энергию, подаваемую на нагрузку в течение суток, и обеспечить энергию при пиковых нагрузках с минимальным временем работы дизеля и расходом топлива.

Солнечная фотоэлектрическая система должна быть рассчитана на пиковые суточные нагрузки; избыточная энергия может использоваться для зарядки резервных батарей. Аккумуляторные батареи должны быть рассчитаны на обеспечение резервного питания в наихудшем случае, когда никакие первичные источники энергии недоступны. В наихудшем случае такая ситуация может сохраняться в течение нескольких дней, например когда прямой солнечный свет отсутствует в течение длительного времени.

С другой стороны, дизель-генераторы требуют постоянных эксплуатационных расходов из-за потребности в топливе, очистке и замене фильтров. Дизель-генераторы дешевы, однако со временем их чистая стоимость постепенно увеличивается. К тому же дизель-генераторы ненадежны и часто требуют дорогостоящего капитального ремонта. По этой причине в долгосрочной перспективе, как показали многочисленные исследования, солнечные генераторы оказываются более дешевым вариантом³⁴.

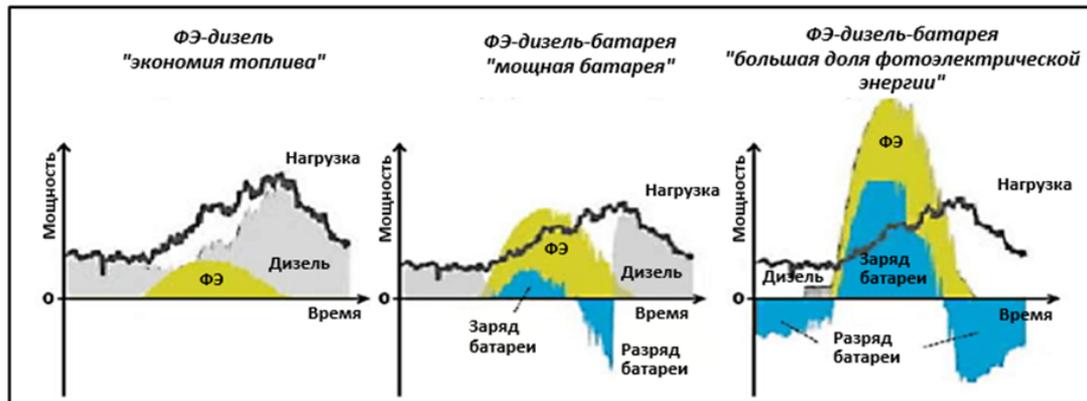
Несмотря на это, дизель-генераторы остаются популярным средством выработки электроэнергии, поскольку по стоимости приобретения солнечная фотоэлектрическая установка более чем в пять раз дороже дизель-генераторной. Сообщества с ограниченным доступом к капиталу могут не иметь ресурсов для оплаты крупных первоначальных затрат на солнечные батареи без внешнего

³⁴ [Solar Electric Light Fund](#); [Universities Gadjah Mada](#); [Abubakar Tafawa Balewa University](#); [Arba Minch University](#); and [Indian Institute of Technology](#).

финансирования. Однако стоимость солнечных фотоэлектрических батарей в течение всего их жизненного цикла будет ниже ввиду отсутствия расходов на заправку, транспортировку и регулярное техническое обслуживание, необходимых дизель-генератору.

Чтобы определить размер системы, необходимо вычислить коэффициент нагрузки дизель-генератора и количество циклов заряда батареи, поскольку они оказывают значительное влияние на стоимость системы в течение жизненного цикла (IEA 2013). Рисунок 25 иллюстрирует типичный профиль суточной нагрузки и работы дизель-генератора с солнечной фотоэлектрической системой.

Рисунок 25. Иллюстрация различных режимов работы гибридных систем



Источник: The German Climate Technology Initiative GIZ Promotion of Solar-Hybrid Mini-Grids, August 2016.

5.14 Система на солнечных ФЭ-панелях с дизель-генератором

Ситуация: на объекте в Пакистане, где нет доступа к единой энергосистеме, раньше было только дизельное электроснабжение.

Предлагаемое решение: гибридная система на солнечных ФЭ-панелях с дизель-генератором и блоком литий-ионных аккумуляторов.

Результат:

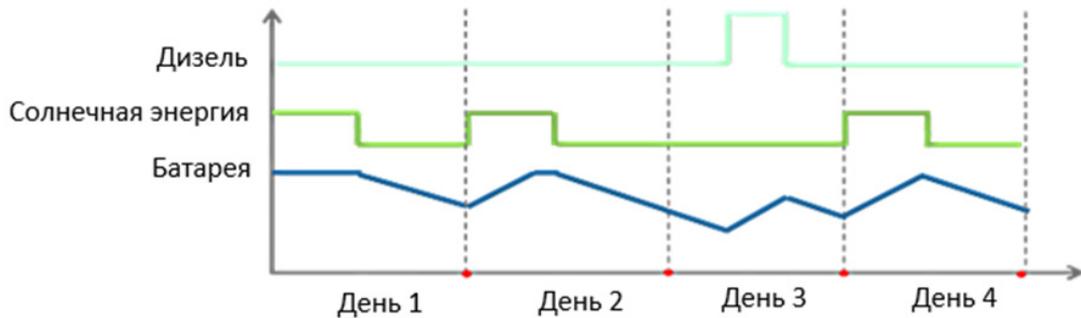
- дизель-генератор работает в среднем менее двух часов в сутки;
- системы генерируют на 12% больше энергии, чем при решении только на дизельном топливе;
- достигнуто снижение расхода топлива на 80%.



Источник: Huawei.

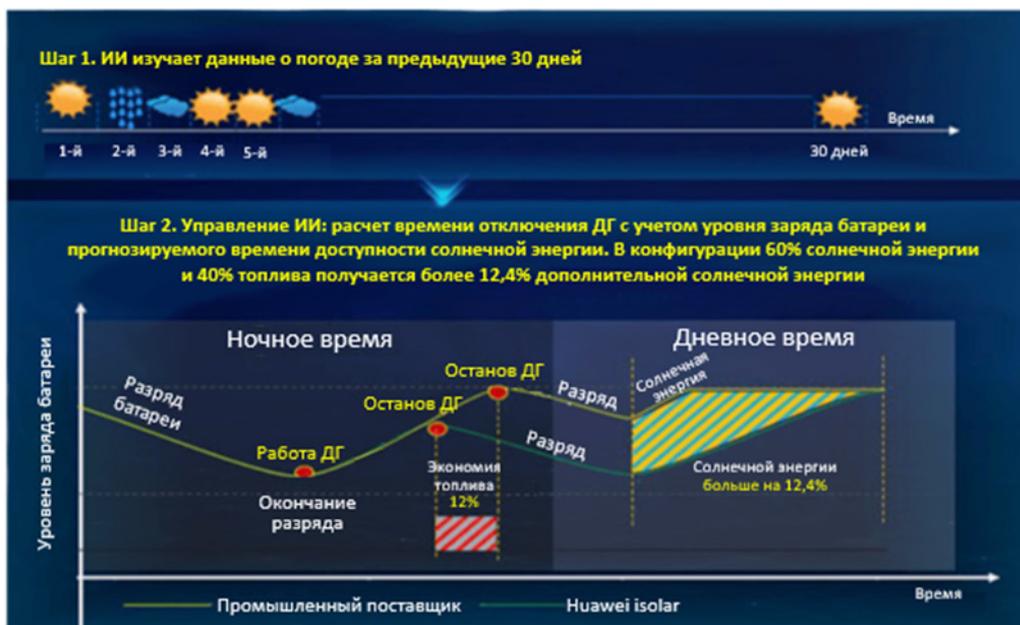
На следующей диаграмме показаны циклы зарядки и разрядки аккумуляторов.

Логическая схема планирования работы нескольких источников энергии



Для управления дизель-генератором используется технология искусственного интеллекта. Как показано ниже, дизель-генератор включается, когда напряжение батареи достигает нижнего порога разрядки. В обычной ситуации без ИИ дизель-генератор выключился бы только тогда, когда энергия солнечной ФЭ-панели достигла бы 12,4% от пиковой мощности.

С ИИ-управлением система учитывает время восхода солнца на следующий день, когда солнечной энергии будет достаточно для зарядки аккумуляторов, и отключает дизель-генератор (ДГ) раньше. Отслеживая уровень заряда батареи, технология ИИ прогнозирует пороговое значение напряжения батареи и время, когда солнечной энергии будет достаточно для ее подзарядки в течение суток.



Тематическое исследование Huawei

Решение Huawei для сельской гибридной мини-сети с использованием возобновляемых источников энергии – сокращение эксплуатационных расходов оператора подвижной связи Ufone в Пакистане

Ufone входит в группу компаний Etisalat и занимает 4-е место среди крупнейших операторов подвижной связи в Пакистане с 14%-ной долей рынка и 22 миллионами абонентов. Ufone управляет тысячами базовых станций подвижной связи, часть из которых расположены в городских районах и питаются от единой энергосистемы, а другие работают автономно в отдаленных сельских районах. Компания Ufone установила дизельные генераторы на более чем 8000 объектах, чтобы обеспечить стабильное питание и резервную мощность своих базовых станций в районах с нестабильным энергоснабжением. Из-за длительных отключений электроэнергии дизель-генераторы должны были работать в течение нескольких часов подряд. Среднее время отключения электроэнергии составляло от 6 до 10 часов в городах и от 8 до 20 часов в некоторых поселках и сельских поселениях.

Вследствие конкуренции на пакистанском рынке услуг подвижной связи операторы получают очень низкий средний доход на одного абонента (ARPU) – всего 2,50 долл. США, поэтому Ufone, подсчитав расходы, связанные с сетью, стала искать способы снижения эксплуатационных и капитальных затрат. Серьезной проблемой была признана высокая стоимость эксплуатации и технического обслуживания в районах с ненадежным энергоснабжением, особенно стоимость заправки дизельных генераторов, и была поставлена цель снижения затрат.

Huawei предложила Ufone и реализовала четыре модели гибридных энергетических решений, основанных на различных сочетаниях солнечных фотоэлектрических систем, аккумуляторных батарей и дизель-генераторов (в качестве резервных источников энергии). Сведение к минимуму использования дизельных генераторов или их полное исключение уменьшит загрязнение окружающей среды.

Модель 1. Объекты с прерыванием энергоснабжения на 6–8 часов

Предложение Huawei:

- исключить дизельные генераторы; и
- установить быстрозаряжаемые аккумуляторы (с циклом полной зарядки 34 часа).

Это адекватное решение, так как дизель-генератор и использовавшаяся ранее батарея свинцово-кислотных аккумуляторов больше не требуются.

Модель 2. Объекты с прерыванием энергоснабжения на 10–16 часов

Huawei предложила дизельные установки и гибридное решение:

- литиевые батареи с возможностью быстрой зарядки в течение одного часа с повышенной емкостью и увеличенным сроком эксплуатации (100 Ач, срок службы 3500 циклов);



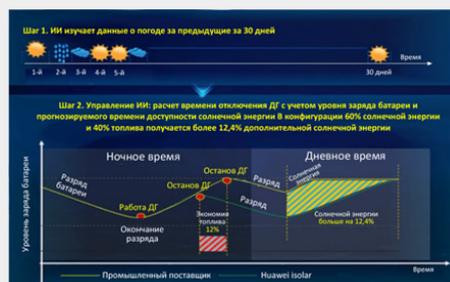
- быстрозаряжаемые аккумуляторы в качестве резерва, обеспечивающие в резервном режиме быструю зарядку в течение 2–3 часов (100 Ач, срок службы 2000 циклов).

Модель 3. Объекты с прерыванием энергоснабжения на 16–20 часов

Huawei предложила исключить дизельные генераторы и установить гибридное решение, включающее:

- солнечную фотоэлектрическую батарею;
- литиевые аккумуляторные батареи с коротким циклом зарядки 2 часа.

Это подходящее решение, не требующее питания от альтернативного источника.



Модель 4. Автономные объекты без доступа к единой энергосистеме

Huawei предложила реализовать гибридное решение для управления солнечными батареями, генераторами и аккумуляторными батареями с применением искусственного интеллекта:

- солнечная фотоэлектрическая батарея;
- литиевые аккумуляторные батареи с коротким циклом зарядки 2 часа;
- дизель-генератор в резервном режиме.

Это решение привело к сокращению времени работы дизель-генераторов и расхода топлива на 80%, поскольку солнечная батарея вырабатывает достаточно энергии для работы оборудования связи и полной зарядки литиевых батарей. Для прогнозирования оптимального периода работы генератора и управления его работой используется технология искусственного интеллекта.

5.15 Решения с использованием накопителей энергии

Накопитель выдает или поглощает энергию, выравнивая спрос и предложение и противодействуя колебаниям потребительских нагрузок и генерируемой мощности³⁵.

Благодаря быстрому снижению стоимости решений солнечной и ветровой энергетики и увеличению объемов производства системы на основе возобновляемой энергии становятся нормой для большинства автономных приложений. Важной частью автономных решений становится накопление электроэнергии, что непосредственно влияет на инициативы по декарбонизации в этих ключевых сегментах энергопотребления, которые в настоящее время в значительной степени зависят от дизельного топлива.

По некоторым оценкам, благодаря совершенствованию технологий аккумуляторов к 2030 году общая емкость накопителей электроэнергии может утроиться. Прогнозируется снижение стоимости аккумуляторных батарей, которое может достичь 66%³⁶. В связи с тем что технологии накопления электроэнергии продолжают дешеветь и становятся все более доступными в ценовом отношении, будет и далее расти доля возобновляемой энергии, используемой в мини-сетях, с увеличением спектра ее технических и социально-экономических преимуществ (IRENA, 2016).

³⁵ SE4All HIO CEMG. Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Off-grid_RE_Access_2019.pdf

³⁶ <https://www.powerselectronics.com/alternative-energy/6-promising-energy-storage-options-tie-grid>

5.15.1 Свинцово-кислотные аккумуляторы

На протяжении десятилетий свинцово-кислотные аккумуляторы были преобладающей технологией накопления энергии, которая использовалась в качестве резервного решения для дизельных генераторов, питающих подключенные к единой энергосистеме или автономные объекты электросвязи в городских и сельских районах по всему миру. Существует два основных класса свинцово-кислотных аккумуляторов: жидкостные (погружные негерметичные) аккумуляторные батареи и свинцово-кислотные батареи с регулируемым клапаном (VRLA), в которых используются герметичные аккумуляторные блоки, заполненные гелем или абсорбированным стекловолокном (AGM). Герметичные гелевые аккумуляторы предпочтительны для применений, в которых требуется медленный разряд или которые работают при более высоких температурах окружающей среды, в то время как AGM обеспечивает более высокую скорость зарядки.

Свинцово-кислотные аккумуляторы – это недорогая, широко распространенная технология накопления энергии. Они подходят для широкого спектра применений, однако для них характерна низкая плотность энергии, очень короткий жизненный цикл и небольшая глубина разряда. У них также довольно ограничен оптимальный диапазон рабочих температур.

Для погружных батарей требуется система регулирования температуры и периодическое обслуживание с заменой воды. С другой стороны, батареи VRLA оснащены саморегулирующимися клапанами, которые предотвращают потерю электролита, и хотя стоят дороже, чем погружные, но отличаются гораздо более длительным сроком службы и могут работать без технического обслуживания в течение 10 лет.

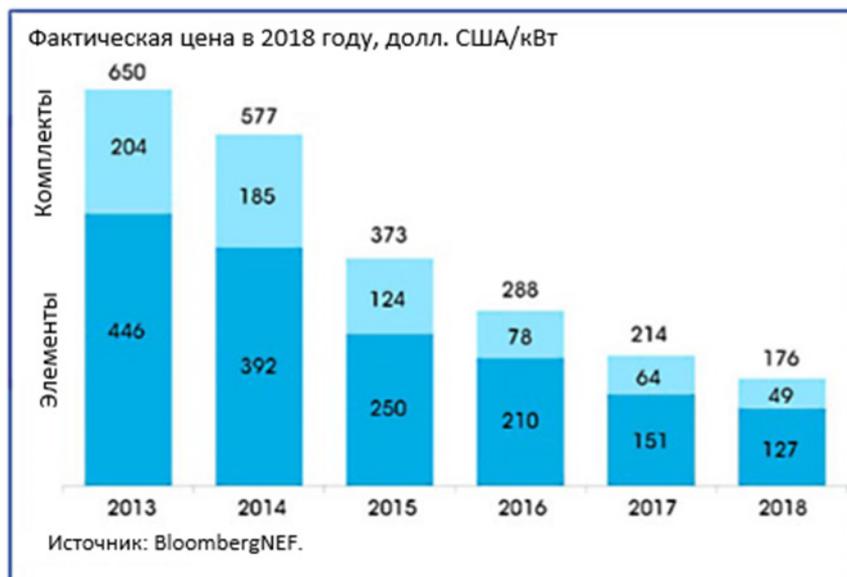
При разрядке ниже уровня 50% срок службы свинцово-кислотных аккумуляторов сокращается, в то время как литиевые аккумуляторы могут разряжаться на 80% без значительных долгосрочных повреждений.

5.15.2 Литиевые аккумуляторы

В последние годы технология литий-ионных аккумуляторных батарей демонстрирует самый быстрый рост и снижение стоимости, что в значительной степени обусловлено ростом производства электромобилей. Из-за своей превосходной плотности энергии они преимущественно используются в мобильных и портативных устройствах и системах бытовой электроники. Согласно отчету Bloomberg New Energy за 2017 год (см. рисунок 26), в период с 2010 по 2018 год средняя цена литий-ионного аккумулятора снизилась на 85% и будет продолжать снижаться в течение следующих десятилетий благодаря увеличению объемов производства, спросу со стороны транспортной отрасли и научным исследованиям и разработкам. IRENA прогнозирует значительное снижение стоимости литий-ионных аккумуляторов с учетом монтажа для стационарных применений – с 54% в 2016 году до 64% к 2030 году³⁷.

³⁷ IRENA. Electricity Storage Costs 2917.

Рисунок 26. Цена литий-ионных аккумуляторов в разбивке по комплектам и элементам



Литиевые батареи – наиболее широко используемое решение аккумуляторных батарей, на долю которого приходится более 90% мирового рынка аккумуляторов для электросетей³⁸. Их способность экономно хранить энергию в течение дня, когда солнечная энергия вырабатывается с избытком и стоит дешевле, а затем высвободить ее в темное время суток, когда спрос со стороны домохозяйств увеличивается, способствует дальнейшему росту производства солнечной энергии. Аналогичным образом недорогая избыточная энергия ветра, вырабатываемая ветровыми электростанциями в ночное время, может храниться и высвободиться в течение дня для удовлетворения пикового спроса.

Литиевые аккумуляторы имеют следующие преимущества по сравнению со свинцово-кислотными³⁹:

- высокая плотность энергии, малый вес (в числе новых разработок – замена графита кремнием);
- способность выдерживать более глубокие уровни разряда (DoD) без значительного износа;
- более низкие затраты в течение жизненного цикла при значительно более длительном сроке эксплуатации; литиевые (особенно литий-железо-фосфатные) аккумуляторы выдерживают примерно в шесть раз больше циклов зарядки, чем свинцово-кислотные аккумуляторы;
- возможность очень быстрого заряда (литий-железо-фосфатные аккумуляторы можно полностью зарядить в течение 30 минут) и небольшая потеря заряда при длительном простое;
- отсутствие необходимости в техническом обслуживании и хранении в вертикальном положении или вентилируемом помещении;
- повышенный КПД;
- цены в последние годы падают, и литиевые аккумуляторы становятся все более привлекательным решением для применения в автономных электроэнергетических установках.

5.15.3 Проточные батареи

Проточные батареи отличаются от обычных аккумуляторных батарей тем, что не все их электроактивные материалы хранятся внутри элемента вокруг электродов; вместо этого они растворены в электролите, который хранится в отдельных резервуарах со стороны анода и катода.

³⁸ Environmental and Energy Study Institute Fact Sheet: Energy Storage (2019). <https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019>

³⁹ Lithium-ion Batteries. <https://www.usaid.gov/energy/mini-grids/emerging-tech/storage>

У проточных батарей меньше плотность энергии, чем у литий-ионных, но их мощностно-энергетические характеристики можно независимо наращивать.

5.15.4 Маховики

Маховики могут хранить избыточную энергию в форме кинетической энергии вращения вследствие ускорения массы, вращающейся в корпусе без трения. По мере необходимости кинетическая энергия обратно преобразуется в электрическую с замедлением скорости вращения маховика.

Маховики обеспечивают более короткое время разряда (от нескольких секунд до нескольких часов) и используются для регулирования работы энергосистем, например для обеспечения стабильной работы сети. Они часто используются для стабилизации и улучшения качества электроэнергии. Маховики применяются для сглаживания энергии, вырабатываемой ветряными электростанциями. Они способны высвободить большое количество энергии за очень короткое время (несколько секунд).

Несмотря на высокую стоимость установки, маховики обладают высоким энергетическим потенциалом и могут выдержать более 150 000 циклов разряда на 100%-ную глубину без ухудшения рабочих характеристик. Для них также характерны относительно высокие безнагрузочные потери из-за очень высокой скорости разряда – до 15% в час, так что они подходят лишь для краткосрочного хранения энергии.

5.15.5 Твердотельные аккумуляторы

В последние десятилетия технология твердотельных аккумуляторов получила развитие благодаря значительным инвестициям в исследования. Разрабатываются аккумуляторы с твердым катодом и анодом и твердым, а не жидким электролитом между ними. Они более долговечны и совершенно безопасны в эксплуатации. У твердотельных аккумуляторов также более высокая плотность энергии по сравнению с обычными литий-ионными. Однако они очень дороги и, как правило, нерентабельны.

5.15.6 Суперконденсаторы

Суперконденсаторы – еще одна новая технология систем хранения энергии, которая способна обеспечить более высокую плотность мощности, чем традиционные аккумуляторы, и более высокую плотность энергии, чем традиционные конденсаторы. Суперконденсаторы становятся привлекательным энергетическим решением для все большего числа применений. По своему строению суперконденсатор представляет собой двухслойный конденсатор очень высокой емкости, но с низким порогом напряжения; он способен хранить больше энергии, чем электролитические конденсаторы. Электроэнергия накапливается на границе электрод–электролит, состоящей из двух металлических пластин, покрытых пористым материалом на основе активированного углерода, большая площадь поверхности которого позволяет накопить большой заряд. Пластины погружены в электролит.

Суперконденсаторы обладают преимуществом высокой плотности мощности и рассчитаны на большие токовые нагрузки. У них высокий КПД при длительном сроке эксплуатации в сотни тысяч циклов заряда и широкий диапазон рабочих температур.

Суперконденсаторы идеально подходят для применений, где требуется большое количество коротких циклов заряда/разряда, и могут заряжаться за считанные секунды. Они также идеально подходят для удовлетворения краткосрочной потребности в электроэнергии, например для обеспечения стабильной работы сети (стабилизация напряжения и частоты). Суперконденсаторы также используются в бытовой электронике, системах бесперебойного питания для ветряных турбин, в устройствах, применяемых в распределительных сетях, и т. д.

Их существенным недостатком является низкая плотность энергии. Поэтому они не подходят для использования в качестве постоянного источника питания.

5.16 Беспроводная передача энергии

Беспроводная передача (перемещение) энергии (БПЭ) считается одной из революционных технологий, поскольку она обеспечивает возможность подачи электроэнергии даже в самых сложных ситуациях. Идея передачи энергии с помощью радиоволн восходит к ранней (1899 год) работе Николы Теслы. В 1899 году он предпринял свою первую попытку передать энергию без проводов. Тесла использовал низкочастотную энергию (150 кГц), но его попытки оказались безуспешными. В 2014 году в Отчете МСЭ-R SM.2303 в качестве частичных ответов на Вопрос МСЭ-R 210-3/1 были опубликованы сведения о БПЭ с использованием технологий без применения радиочастотных лучей, и до 2021 года этот Отчет обновлялся несколько раз. После демонстрации в Массачусетском технологическом институте (MIT) исследуются несколько перспективных технологий БПЭ, включая магнитную индукцию, резонансную связь, передачу с помощью радиочастотного луча и т. д. Подробности можно найти в вышеупомянутом Отчете МСЭ-R.

Исследования, посвященные влиянию таких систем БПЭ на службы радиосвязи, тщательно изучаются в МСЭ-R, и некоторые Рекомендации уже утверждены (см. <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>). Также продолжаются дальнейшие исследования, касающиеся аспектов безопасности, в частности воздействия электромагнитных полей на человека.

Рисунок 27. Типичный сценарий беспроводной передачи энергии



Y.4202(19)_F01

5.16.1 Доступ к энергии с использованием беспроводной передачи энергии по радиочастотному лучу

Технологии беспроводной зарядки постоянно развиваются, и в настоящее время они поддерживают передачу с помощью излучения без учета расстояния (БПЭ с использованием луча). Технология БПЭ с использованием луча может обеспечить существенные усовершенствования в ряде применений по сравнению с БПЭ без использования луча, в которой применяются технологии индуктивной, резонансной и емкостной связи.

Технология БПЭ с использованием луча может быть положена в основу проектного решения и реализована во многих электронных устройствах различного размера, предназначенных для дома и офиса, а также в медицинском, промышленном, розничном и автомобильном секторах, и эта технология гарантирует функциональную совместимость продуктов. К таким устройствам относятся носимые устройства, слуховые аппараты, наушники-вкладыши, гарнитуры Bluetooth, устройства интернета вещей (IoT), смартфоны, планшеты, электронные книги, клавиатуры, мыши, пульты дистанционного управления, аккумуляторные фонари, пальчиковые батарейки, медицинские устройства и любые иные устройства с аналогичными требованиями к зарядке, для которых в противном случае потребовалась бы батарея или подключение к электрической розетке.

Передатчики БПЭ с использованием луча задействуют узкополосный спектр, обычно 400 кГц или менее, для передачи РЧ-энергии на свое клиентское устройство. Передатчик находится в неактивном состоянии, до тех пор пока клиентское устройство не пройдет идентификацию, аутентификацию и не будет определено, что оно находится на нулевом расстоянии от зарядной площадки БПЭ. Для передачи РЧ-энергии в точное место, в котором находится клиентское устройство, беспроводная технология БПЭ с использованием луча задействует аналогичный спектр и основой для нее служат антенные решетки и методы фокусировки луча. Поскольку некоторые передачи энергии на основе БПЭ с использованием луча от систем беспроводной зарядки направлены на клиентское устройство, их не следует рассматривать как изотропный излучатель, так как они фокусируют свою энергию в конкретные местоположения и осуществляют передачу только при наличии авторизованного клиента.

Рисунок 28. Иллюстрация БПЭ из пункта в пункт



Рисунок 29. Эксперимент по передаче электроэнергии из пункта в пункт на расстояние в одну милю с 26-метровой параболической антенной и клистроном 2,388 ГГц мощностью 450 кВт в качестве передатчика и ретленной решеткой размером 3,4 × 7,2 м в качестве приемника



В системе БПЭ с помощью радиочастотного луча для передачи и приема радиоволн используются антенны. Между передающей и приемной антеннами нет электромагнитной связи. Поэтому количество передатчиков и приемников не зависит от их схемотехнических параметров. Основной принцип БПЭ с помощью радиочастотного луча основан на формуле передачи Фрииса. При беспроводной передаче энергии радиоволны не нуждаются в модуляции, в отличие от систем беспроводной связи.

Несколько компаний в Соединенных Штатах разработали технологию БПЭ с использованием луча для решения задач, требующих передачи энергии на расстояние. В 2020 году была продемонстрирована система цифровой маркировки полок для розничных продавцов, для которой не требуются ни провода, ни батареи. Для этой технологии используются частоты 2,4 и 5,8 ГГц. Она обеспечивает рабочую дальность действия примерно до 10 м и возможность питания смартфонов, совместимых устройств умного дома, автомобильных датчиков и многих других устройств. В других разработанных технологиях используются другие частоты. Однако в настоящее время ФКС не разрешает применение существующих технологий БПЭ с использованием луча для работы на таких больших расстояниях в общественных местах в Соединенных Штатах. Другая компания использует частоты в миллиметровом диапазоне волн, выделенные для промышленности, науки и медицины (ПНМ).

Дополнительную информацию о применении БПЭ по радиочастотному лучу можно найти в Отчете МСЭ-R SM.2392, обновлявшемся до 2021 года.

5.16.2 Доступ к энергии с использованием беспроводной передачи энергии на основе других технологий

В Отчете МСЭ-R SM.2303 также описаны следующие технологии.

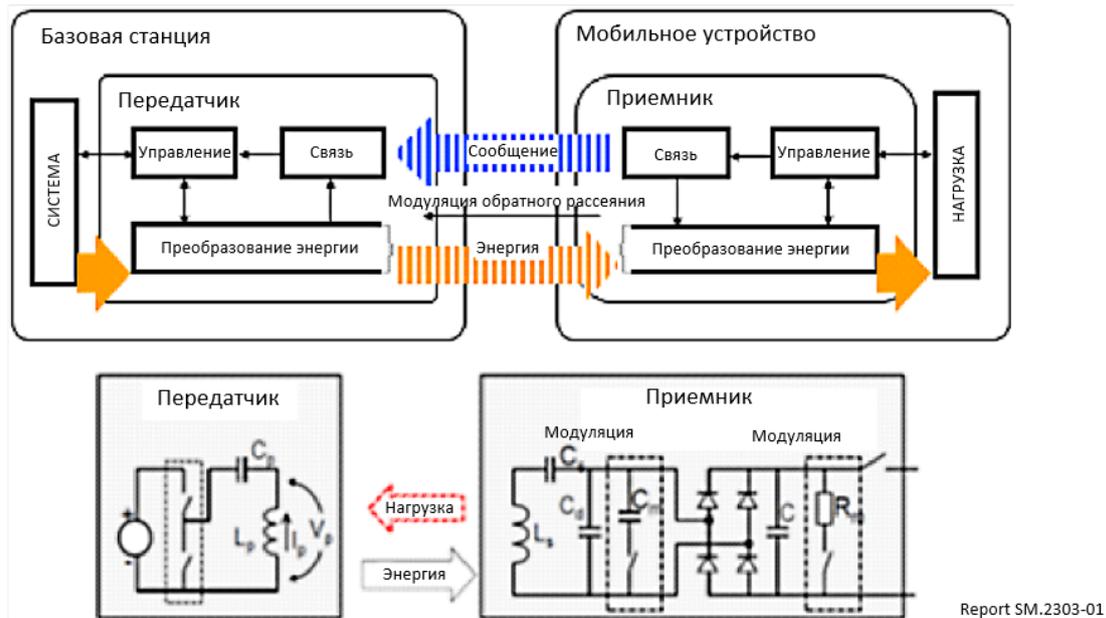
Технология БПЭ на основе магнитной индукции

БПЭ на основе магнитной индукции – это широко известная технология, в которой используется тот же принцип, что и в обычных трансформаторах, где первичная и вторичная катушки индуктивно связаны и имеют общий магнитопроницаемый сердечник для улучшения сопряжения. Передача энергии на основе индукции по воздуху с физически разделенными первичной и вторичной катушками также является технологией, известной на протяжении более ста лет. Она называется БПЭ с сильной связью. Особенность этой технологии заключается в том, что эффективность передачи энергии падает, если воздушный зазор превышает диаметр катушки и если катушки не выровнены в пределах расстояния смещения. Эффективность передачи энергии зависит от коэффициента связи (k) между индукторами и их качества (Q). Эта технология может обеспечить более высокую эффективность по сравнению

с методом на основе магнитного резонанса. Данная технология была выведена на рынок для зарядки смартфонов. При наличии решетки катушек данная технология обеспечивает также гибкость местоположения катушки приемника относительно передатчика.

На сегодняшний день самую большую долю используемых устройств БПЭ составляют переносные и мобильные устройства. Опрос, проведенный IHS, показывает, что 35% потребителей в Соединенных Штатах используют беспроводную зарядку своих мобильных устройств (в основном смартфонов). Как указано на веб-сайте Консорциума беспроводной электромагнитной энергии, по состоянию на середину 2017 года для зарядки смартфонов используется около 150 миллионов передатчиков БПЭ.

Рисунок 30. Блок-схема типичной системы БПЭ на основе магнитной индукции}

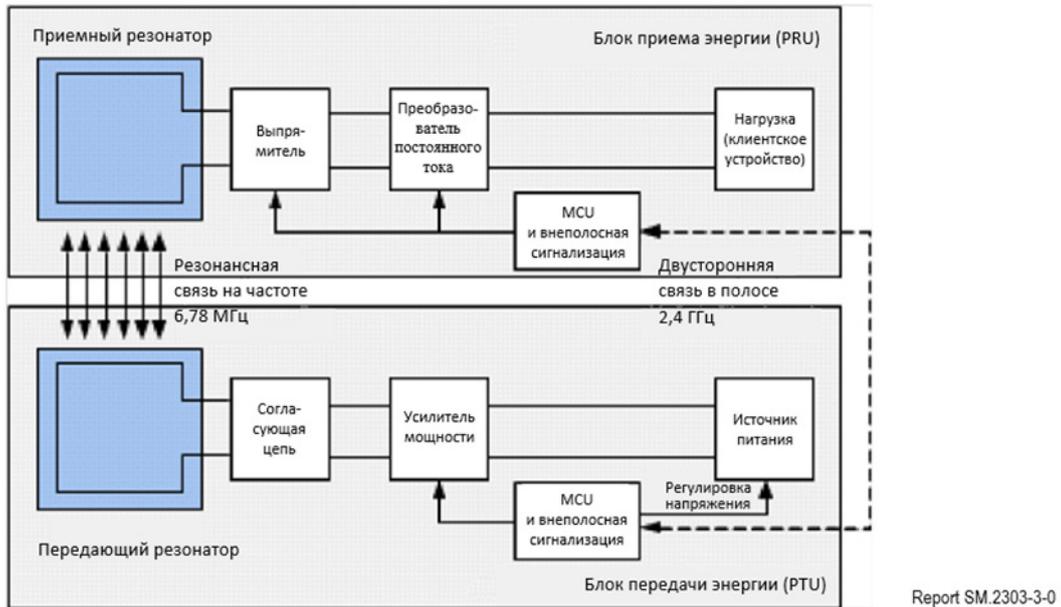


Технология БПЭ на основе магнитного резонанса

БПЭ на основе магнитного резонанса называется также БПЭ со слабой связью. Теоретическая база данного метода на основе магнитного резонанса была впервые разработана в 2005 году в Массачусетском технологическом институте (MIT) и экспериментально подтверждена в 2007 году. В этом методе используются катушка и конденсатор в качестве резонатора, передающего электрическую энергию в момент электромагнитного резонанса между катушкой передатчика и катушкой приемника (связь по магнитному резонансу). При согласовании частоты резонанса обеих катушек с высоким коэффициентом Q электроэнергия может передаваться на большое расстояние при слабой связи между катушками. Используя БПЭ на основе магнитного резонанса, можно осуществлять передачу электроэнергии на расстояние до нескольких метров.

Эта технология обеспечивает также гибкость размещения катушки приемника относительно катушки передатчика. Практические технические подробности можно найти в Отчете МСЭ-R SM.2303.

Рисунок 31. Блок-схема типичной системы БПЭ на основе магнитного резонанса



Базовая станция БПЭ может выполнять БПЭ-зарядку только идентифицированных устройств БПЭ, блокируя неидентифицированные устройства. Такой средой может быть офис или жилой дом с зарегистрированными устройствами, как показано на рисунке 32.

Рисунок 32. Пример фиксированных устройств БПЭ



Y.4202(19)_FI.1

Если пользователь хочет установить у себя дома или в офисе новые устройства БПЭ, он должен зарегистрировать их на базовой станции БПЭ. Базовая станция БПЭ сохранит информацию о новых устройствах, такую как идентификаторы устройств и способ БПЭ-зарядки.

6 Финансовые механизмы инвестиций в возобновляемую энергетику

Наименее развитые страны (НРС), в которых проживает 13% мирового населения, но создается всего 2% мирового валового внутреннего продукта (ВВП), сталкиваются с серьезными структурными препятствиями на пути к достижению ЦУР (КВПНРМ ООН, 2017 г.). По состоянию на 2016 год НРС со средним показателем доступности электроэнергии 44,8% при общемировом уровне электрификации 87,4% еще далеки от возможности обеспечения всеобщего доступа к современным источникам энергии к 2030 году. Электрификации сельских районов препятствуют высокие затраты на реализацию проектов, подключение и эксплуатацию при отсутствии инвестиций (КВПНРМ ООН, 2017 г.).

В НРС электроэнергия, как правило, гораздо доступнее в городах, чем в сельских районах. В 2016 году доступ к электроэнергии имели 75% городского населения и только 31% сельского, при этом расширение доступа в сельских районах происходит лишь немного быстрее, начинаясь с очень низкого исходного уровня. Из-за больших первоначальных инвестиций, необходимых для проектов мини-сетей, тарифы на их услуги обычно выше, чем на услуги единой энергосистемы (когда нет значительных субсидий на создание мини-сетей), и могут быть неприемлемы по цене для сельских предприятий и домохозяйств.

Ситуация с доступностью электроэнергии в НРС также различается от региона к региону. В НРС Азиатско-Тихоокеанского региона по состоянию на 2016 год средний уровень электрификации составил 73,6%, в то время как в африканских НРС он был намного ниже и составил всего 30%⁴⁰.

6.1 Финансирование сельской инфраструктуры возобновляемых источников энергии

Финансирование зеленых мини-сетей в сельских районах развивающихся стран на протяжении многих лет представляло серьезную проблему для частных разработчиков. Основная причина – высокая стоимость технологий генерирования экологически чистой энергии и проблемы, связанные с рентабельностью таких проектов. За последние 10 лет их стоимость значительно снизилась, но в силу чрезвычайно низкого уровня доходов в сельских районах стран третьего мира технологии получения экологически чистой энергии остаются в значительной степени недоступными для них.

По состоянию на 2013 год общие потребности Африки в энергетической инфраструктуре оценивались в 63 млрд. долл. США. На тот момент было удовлетворено только 12% этих потребностей в финансировании, при этом 50% финансирования поступило из внутренних источников (от соответствующих правительств), а остальная часть – из внешних⁴¹. В африканских странах, как правило, низкий уровень отношения налогов к ВВП и, следовательно, отсутствуют доходы для адекватного финансирования развития местной энергетической инфраструктуры.

Один из рекомендуемых способов повышения внутренних доходов в этих странах – сокращение государственных расходов на такие цели, как выплата субсидий на углеводородное топливо. Эта стратегия экономии наряду с другими может создать возможности для предоставления налоговых и других финансовых стимулов частным разработчикам экологически чистых мини-сетей. Такие стимулы полезны, но создают для инвесторов новую проблему – неопределенность в отношении их устойчивости с учетом того, что они основаны на политике, которая может измениться за время реализации проекта. Но даже с учетом этих стимулов начальные затраты остаются очень высокими.

Вышка электросвязи – якорный заказчик

⁴⁰ UN Energy access and main challenges in the LDCs. <https://www.un.org/ldcportal/energy-access-and-main-challenges-in-the-ldcs/>

⁴¹ Sy, Amadou and Copley, Amy (2017): Closing the Financing Gap for African Energy Infrastructure: Trends, Challenges, and Opportunities. Policy Brief, Africa Growth Initiative, The Brookings Institution, Washington. D. C. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/04/global_20170417_africa-energy-infrastructure.pdf#page=10&zoom=auto,-99,92

Отрасль электросвязи открывает широкие возможности для частных разработчиков. Она переживает чрезвычайно быстрый рост в сельских районах стран третьего мира, не подключенных к единой энергосети. Это стало возможным потому, что операторы сетей автономно генерируют собственную электроэнергию для работы своих базовых станций подвижной связи, обычно используя дизельные генераторы, но все чаще обращаясь к возобновляемым источникам энергии. Чтобы повысить безопасность базовых станций, снизить стоимость электроэнергии, увеличить потоки доходов и способствовать более широкому использованию мобильных телефонов в этих неэлектрифицированных населенных пунктах, операторы сетей электросвязи рассматривают различные подходы к решению задачи доставки электроэнергии местным сообществам за пределами базовых станций посредством программы "Подвижная связь для развития коммунальных услуг"⁴² (Taverner, 2010). Важнейшим из этих подходов является аутсорсинг электроэнергетических услуг частным разработчикам, при этом базовые станции подвижной связи обеспечат стабильный якорный спрос на электроэнергию. Частные разработчики смогут с выгодой для себя снабжать энергией окружающие населенные пункты благодаря привязке их бизнеса к обеспечению электроэнергией базовых станций подвижной связи. Такая модель партнерства операторов сетей электросвязи с частными разработчиками решений для мини-сетей не решает проблему высоких начальных затрат, однако надежный спрос на электроэнергию со стороны базовых станций подвижной связи обеспечит прочное экономическое обоснование, что поможет привлечь инвестиции и финансирование долгосрочных исследований.

6.2 Фонды универсального обслуживания

Фонды универсального обслуживания традиционно используются для стимулирования компаний электросвязи к развертыванию их услуг в отдаленных районах⁴³. В настоящее время они не предусматривают финансирования проектов локального уровня в целевых населенных пунктах. Необходимо диверсифицировать эти фонды, вменив им в обязанность финансирование начальных этапов реализации локальных энергетических проектов в качестве средства содействия распространению услуг электросвязи в этих изолированных сообществах.

Финансирование станет серьезной проблемой на пути к предлагаемому масштабному расширению и модернизации систем энергоснабжения НРС, которые считаются необходимыми для обеспечения универсального доступа к 2030 году.

Как и в случае других производственных процессов, производство, передача и распределение электроэнергии влекут за собой постоянные и переменные расходы. В электроэнергетической отрасли требуются значительные первоначальные инвестиции, прежде чем можно будет рассчитывать на возмещение затрат. В частности, для создания системы передачи и распределения электроэнергии требуются крупные постоянные расходы.

Технологии на основе возобновляемой энергии, не связанные с гидроэнергетикой, такие как использование энергии ветра и солнечной энергии, также предполагают высокие постоянные расходы, хотя и намного меньшие, чем при строительстве крупных электростанций на ископаемом топливе или возобновляемых источниках.

При обычной оценке рисков в электроэнергетическом секторе НРС учитывают низкую платежеспособность потребителей; отсутствие нормативно-правовой базы, регулирующей участие частного сектора; а также воспринимаемый риск изменения поведения монопольных коммунальных предприятий под влиянием социального заказа и политической конъюнктуры.

В период с 2012 по 2014 год доля стран со средним уровнем дохода, участвующих в финансировании, привлеченном посредством гарантий, синдицированных кредитов и выпуска акций, составила 72,3%. Доля НРС составляла 8%, а других стран с низким уровнем дохода – 2%. Максимальную пользу получили развивающиеся страны Африки (29,1%), за ними следуют страны Азии (27,2%) и Северной и Южной Америки (21,1%) (OECD, 2016a).

⁴² Taverner, David (2010): Community Power: Using Mobile to Extend the Grid. Green Power for Mobile. GSMA, London. 80p.

⁴³ Dorward, Lynne A. (2013): Universal service funds and digital inclusion for all. International Telecommunication Union, Geneva. 142p.

Схемы оплаты по факту потребления

Поставщики услуг с оплатой по факту потребления (PAYG) применяют один из двух подходов финансирования системы через потребителя.

- Бессрочная оплата услуг, так что потребитель никогда не становится владельцем системы, а платит только за ее использование. Эта схема основана на том, что потребитель платит только тогда, когда электроэнергия требуется и доступна по приемлемой цене, как правило, посуточно, еженедельно или ежемесячно (напоминает типичную схему финансирования).
- Потребитель производит дискретные платежи и в конечном итоге становится владельцем системы, погасив основные затраты.

Пример M-KOPA

M-KOPA Solar – часто приводимый пример фирмы с богатым опытом успешного применения схемы PAYG, которая обеспечила энергией, производимой солнечными электростанциями, более 330 000 домохозяйств в Кении, Танзании и Уганде, причем каждый день добавляется более 500 новых домохозяйств (The Economist 2016).

6.3 Внешнее финансирование

В настоящее время основными источниками финансирования общественных энергетических проектов являются внешние источники, в основном официальное финансирование развития со стороны таких многосторонних организаций, как Африканский банк развития, Всемирный банк и ОЭСР-КСР, а также частных инвесторов. Многосторонние организации все активнее сотрудничают, изыскивая в большей степени инновационные способы компенсации высоких рисков и затрат, связанных с этими проектами, для поощрения участия частных инвесторов. В итоге эти организации создали множество платформ для содействия развитию рентабельных проектов в области зеленой энергетики и налаживания связей между инвесторами и этими проектами. Большинство этих платформ также влияют на энергетическую политику в странах третьего мира, в частности потому, что политика – один из основных факторов, которые, по мнению инвесторов, влияют на принятие решения об инвестировании в тех или иных странах. Ниже описаны некоторые из этих финансовых платформ.

6.3.1 Продажа углерода

Киотский протокол, подписанный в 1997 году⁴⁴ и вступивший в силу в 2005 году, установил предельные значения выбросов парниковых газов для всех подписавших его стран. Цель состоит в том, чтобы ускорить развитие чистых технологий и обратить вспять тенденцию глобального потепления. Таким образом, Протокол учредил механизм, с помощью которого можно вознаграждать усилия, направленные на разработку чистых технологий⁴⁵. Страны (то есть проекты в этих странах), которые медленно сокращают свои выбросы парниковых газов до приемлемого уровня, могут покупать углеродные квоты, компенсируя производимые ими избыточные выбросы (измеряются в метрических тоннах эквивалента диоксида углерода). Эти углеродные квоты выдаются странами (то есть проектами в этих странах), выбросы которых ниже установленного предела выбросов. Торговля углеродными квотами строго регулируется и включает несколько этапов проверки третьими сторонами.

⁴⁴ United Nations (1997): Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, New York. 192p.

⁴⁵ UNFCCC (2007): The Kyoto Protocol Mechanisms. United Nations Framework Convention on Climate Change. 6p.

6.3.2 Механизм чистого развития (МЧР)

МЧР – это платформа, созданная в соответствии с Киотским протоколом для углеродного кредитования основанных на проектах сокращения выбросов в развивающихся странах. Эти кредиты, называемые сертифицированными сокращениями выбросов (ССВ), продаются промышленно развитым странам, которые покупают их для достижения своих целей по сокращению выбросов. Контроль и управление торговлей осуществляет Совет Адаптационного фонда (АФВ).

Цикл проекта МЧР состоит из семи этапов, каждый из которых регулируется отдельными правилами и документами. Это следующие этапы: 1) разработка проекта участниками; 2) утверждение проекта назначенным национальным органом; 3) утверждение проекта назначенным оперативным органом; 4) регистрация проекта Исполнительным советом МЧР; 5) мониторинг участников каждого конкретного проекта; 6) проверка проекта назначенным оперативным органом; и 7) выпуск ССВ Исполнительным советом МЧР.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Ограничения	Результаты деятельности
МЧР	<ul style="list-style-type: none"> – Проекты по использованию гидро-, ветровой, солнечной, геотермальной энергии и энергии биомассы – Проекты по созданию энергоэффективных электробытовых приборов 	<ul style="list-style-type: none"> – Проекты атомной энергетики – Номинальная мощность проектируемых гидроэлектростанций не должна превышать 20 МВт (за исключением определенных случаев) – Применяется в странах, ратифицировавших Киотский протокол – В 2020 году действие Киотского протокола будет прекращено и на смену ему придут положения Парижского соглашения 	<ul style="list-style-type: none"> – На данный момент зарегистрировано более 8409 проектов: <ul style="list-style-type: none"> • 1097 в Латинской Америке • 6877 в Азиатско-Тихоокеанском регионе • 84 в Европе и Центральной Азии • 241 в Африке • 110 в странах Ближнего Востока
Основные справочные документы (основы политики и методики моделирования ожидаемой стоимости финансирования)			
<ul style="list-style-type: none"> – https://cdm.unfccc.int/Projects/diagram.html – http://climateneutralnow.org/Pages/Home.aspx 			

6.3.3 Африканская биржа квот на выбросы углерода (АССЕ)

АССЕ – это биржа углеродных квот, созданная правительством Замбии, которая служит платформой для привлечения капитала для зеленых проектов частными лицами и компаниями по всей Африке. АССЕ – лишь одна из нескольких углеродных бирж, которые уже работают по всему миру.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Ограничения	Результаты деятельности
Африканская биржа углеродных квот	Зеленые проекты в Африке	Недоступна для проектов за пределами Африки	Еще не работает
Основные справочные документы			
<ul style="list-style-type: none"> – http://www.africacce.com/ – https://www.daily-mail.co.zm/carbon-credit-exchange-set/ 			

6.3.4 Углеродная биржа (CTX)

CTX – это лондонская биржа углеродных квот, работающая на глобальном уровне. Принадлежит компании Global Environmental Markets (GEM). CTX взаимодействует со многими реестрами экологически чистых товаров и поддерживает электронную связь с финансовыми посредниками для обеспечения эффективной торговли и прозрачности.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Ограничения	Результаты деятельности
Биржа углеродных квот (CTX)	Зеленые проекты во всем мире	Упоминания отсутствуют	Первая и крупнейшая в мире биржа электронной торговли углеродными квотами
Основные справочные документы			
<ul style="list-style-type: none"> – http://ctxglobal.com/ – http://www.gemglobal.com/ 			

6.3.5 Африканский фонд возобновляемых источников энергии (AREF)

AREF – это panaфриканский фонд прямых инвестиций, деятельность которого направлена на поддержку малых и средних независимых производителей электроэнергии в странах Африки к югу от Сахары. Фонд, начавший свою деятельность в 2014 году, располагает инвестируемым капиталом в размере 200 млн. долл. США. Штаб-квартира Фонда находится в Найроби (Кения); он спонсируется главным образом Африканским банком развития (АФБР). Другой крупный спонсор – фонд "Устойчивая энергетика для Африки" (SEFA).

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
AREF <i>Другие партнеры: SEFA, АфБР, ABREC, EBID, BOAD, FMO, Фонд Кальверта, ЮНКТАД, BIDC, Berkeley Energy Africa Limited, ГЭФ, DANIDA, ЮСАИД</i>	– Малые/средние независимые энергетические проекты на основе гидро-, солнечной, ветровой энергии и энергии биомассы, а также некоторых технологий геотермальной энергетики и добычи трудноизвлекаемого газа	<ul style="list-style-type: none"> – Долевое финансирование – Инженерная поддержка – Поддержка управления 	– На каждый проект выделяется от 10 до 30 млн. долл. США собственного капитала
Основные справочные документы			Ограничения
<ul style="list-style-type: none"> – http://www.berkeley-energy.com/index.jsp#home 			<ul style="list-style-type: none"> – Проекты должны обеспечивать мощность от 5 до 50 МВт – Не поддерживаются проекты в Южной Африке

6.3.6 "Электрификация Африки": инициатива "За пределами единой энергосистемы"

"Электрификация Африки" – это инициатива правительства США, направленная на привлечение инвестиций и развитие автономных и малых энергетических решений в странах Африки к югу от Сахары. Сотрудничая более чем с 40 инвесторами и специалистами-практиками, организация собрала более 1 млрд. долл. США в виде обязательств по разработке инновационных решений. "Электрификация Африки" также работает с правительствами африканских стран, чтобы их нормативно-правовые базы поддерживали проекты частных автономных электростанций. На данный момент "Электрификация Африки" составила список из 13 стартовых механизмов подготовки проектов, которые работают в энергетическом секторе стран Африки к югу от Сахары.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
<p>"Электрификация Африки" – партнерство под эгидой правительства США</p> <p><i>Другие партнеры:</i> АфБР, АП, Канада, DBSA, ЮКАИД, Франция, ЕС, IDC, IRENA, Израиль, Япония, НЕПАД, Норвегия, SE4All, Швеция, Всемирный банк</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Проекты по использованию гидро-, ветровой, солнечной, геотермальной энергии и энергии биомассы – Проекты по созданию энергоэффективных бытовых приборов 	<ul style="list-style-type: none"> – Безвозмездное финансирование – Кредитование – Привлечение капитала – Смешанное финансирование – Страхование – Гарантии – Венчурное инвестирование 	<ul style="list-style-type: none"> – Подготовка проектов – Поддержка разработки проектов – Техническая поддержка – Юридическая помощь – Научно-технические исследования – Исследование рынка
<p>Основные справочные документы</p> <ul style="list-style-type: none"> – https://www.usaid.gov/powerafrica/beyondthegrid – https://www.usaid.gov/powerafrica/toolbox 			

6.3.7 Фонд "Устойчивая энергетика для Африки" (SEFA)

SEFA – это многосторонний фонд донорской помощи размером 95 млн. долл. США, созданный АфБР и финансируемый правительствами Дании, Италии, Соединенного Королевства и Соединенных Штатов. Он поддерживает повестку дня в области устойчивой энергетики в Африке. SEFA работает путем выдачи грантов для облегчения подготовки перспективных с точки зрения финансирования проектов, инвестиций в акционерный капитал этих проектов через AREF и содействия учреждениям государственного сектора в создании благоприятных условий для частных инвестиций. Фонд поддерживает инициативу Организации Объединенных Наций "Устойчивая энергетика для всех" (SE4All). Вместе они обеспечивают работу справочной службы Green Mini-Grid, которая предоставляет всевозможные информационные услуги разработчикам зеленых мини-сетей (GMG) в Африке.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
SEFA <i>Партнеры: АфБР и SE4All</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Проекты зеленых мини-сетей в Африке – Проект должен предусматривать капиталовложения в размере от 30 до 200 млн. долл. США 	<ul style="list-style-type: none"> – Безвозмездное финансирование с разделением затрат для облегчения предынвестиционной деятельности (предварительное ТЭО до завершения оформления финансовых аспектов проекта) – Техническая помощь на предынвестиционной стадии – Инвестиции в акционерный капитал через AREF – Помощь правительствам в создании благоприятных условий для частных инвестиций (нормативно-правовые и политические режимы) 	<ul style="list-style-type: none"> – Один из основных участников инициативы AREF
Основные справочные документы			
<ul style="list-style-type: none"> – https://www.afdb.org/en/topics-and-sectors/initiatives-partnerships/sustainable-energy-fund-for-africa/ – https://www.se4all-africa.org/se4all-in-africa/financing-opportunities/sustainable-energy-fund-for-africa/ – http://greenminigrid.se4all-africa.org/ 			

6.3.8 Фонд международного развития ОПЕК (OFID)

OFID – это организация по финансированию развития, учрежденная государствами – членами Организации стран – экспортеров нефти (ОПЕК) в 1976 году в качестве канала помощи развивающимся странам. Инициатива OFID "Энергия для бедных", на финансирование которой Советом министров ОПЕК выделены средства из возобновляемого донорского фонда в размере 1 млрд. долл. США, направлена на поиск жизнеспособных решений, позволяющих сделать экологически чистую энергию повсеместно доступной для малоимущих слоев сельского населения в развивающихся странах. В 2016 году в рамках этой инициативы были приняты новые обязательства на общую сумму 412 млн. долл. США. Более половины этой суммы проведено через частный сектор для строительства электростанций, включая фотоэлектрические и гидроэлектростанции в Африке.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
OFID <i>Партнеры: SE4All, электроэнергетические компании</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Любые энергетические проекты в развивающихся странах 	<ul style="list-style-type: none"> – Обеспечение инфраструктурой и оборудованием – Исследования и наращивание потенциала – Гранты на мелкомасштабные проекты использования возобновляемых источников энергии 	<ul style="list-style-type: none"> – На данный момент поддерживаются проекты в 90 развивающихся странах
Основные справочные документы			Ограничения
<ul style="list-style-type: none"> – http://www.ofid.org/FOCUS-AREAS/Energy 			<ul style="list-style-type: none"> – Не поддерживаются проекты в Нигерии и Кот-д'Ивуаре

6.3.9 Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA)

Фонд IRENA – это механизм финансирования проектов в области возобновляемых источников энергии в развивающихся странах. Он предлагает льготные кредиты, распределяемые в течение семи циклов финансирования для поддержки проектов в области возобновляемых источников энергии, рекомендованных IRENA Фонду развития Абу-Даби (ADFD) для финансирования в развивающихся странах. Заявки могут подавать государственные, полугосударственные, частные или неправительственные организации, пользующиеся приоритетной поддержкой правительства страны, где должен быть реализован проект.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
IRENA <i>Партнеры: SE4All, электроэнергетические компании</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Проект должен быть реализован в стране – члене IRENA – В проекте должны использоваться возобновляемые источники энергии – Проект должен пройти стадии ТЭО и подготовки к реализации – Проект должен содержать полное ТЭО и экономический анализ на стадии полного предложения по реализации проекта 	<ul style="list-style-type: none"> – Заемное финансирование в размере 5–15 млн. долл. США на проект 	<ul style="list-style-type: none"> – На данный момент поддерживаются проекты в 90 развивающихся странах
Основные справочные документы			Ограничения
<ul style="list-style-type: none"> – http://www.ofid.org/FOCUS-AREAS/Energy 			<ul style="list-style-type: none"> – Все заявки должны сопровождаться гарантийным письмом, выданным министерством или государственным органом, который занимается вопросами международного сотрудничества и привлечения заемных денежных средств

6.3.10 Партнерство по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности (REEEP)

REEEP – это базирующееся в Вене международное многостороннее партнерство по содействию внедрению возобновляемых источников энергии и энергоэффективных систем в развивающихся странах. REEEP инвестирует в надежные, приемлемые по цене и безопасные решения по распределению электроэнергии для небольших изолированных домохозяйств (автономное освещение и источники питания на базе солнечной энергии), микросетей и мини-сетей в населенных пунктах с ненадежным подключением к единой энергосистеме или без такового. Консультативная сеть по частному финансированию (PFAN), организованная при участии REEEP, дает компаниям наставления в области бизнеса и стратегии, а также помогает в поиске инвесторов, чтобы перевести проекты с донорского на частное финансирование. REEEP внимательно следит за этими проектами, используя структуру мониторинга, оценки и обучения, которая помогает фиксировать, обрабатывать результаты проектов и реагировать на них по мере их появления, а также накапливать фактическую информацию для дальнейшего развития и тиражирования перспективных моделей. Эти знания

служат фундаментальным фактором снижения риска взаимодействия с рынком для предприятий, инвесторов и заинтересованных сторон из государственного сектора. REEEP придерживается многоуровневого подхода к обмену знаниями, начиная с прямого сотрудничества с близкими партнерами, которые могут предъявить свидетельства их эффективного использования для разработки политики и формирования инвестиционных каналов. При организации работает формируемый альянс посредников в области климатических знаний – Посредническая группа по климатическим вопросам, – одним из ведущих членов которого она является.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
<p>REEEP</p> <p><i>Другие партнеры:</i> ЮНИДО, IRENA, Sida, Австрия, Blue Moon Fund, CDKN, Германия, GIZ, Норвегия, OFID, Швейцария, Соединенное Королевство, CEC, EURIMA, ЕС, Австралия, Канада, Ирландия, Италия, Новая Зеландия, Испания, Нидерланды, Соединенные Штаты, NAIMA, Фонд Рокфеллера</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Технически жизнеспособные – Коммерчески жизнеспособные – Снижающие выбросы парниковых газов – Способствующие развитию – С компетентной управленческой командой – Обладающие потенциалом роста 	<ul style="list-style-type: none"> – Поддержка разработки проектов – Структурирование проекта (включая финансовое структурирование) – Финансирование ТЭО и технических исследований – Поиск грантов – Поиск заемного финансирования – Поиск капитала – Технология совместного обмена знаниями для разработки политики и формирования инвестиционных потоков – Эффективные и высокопроизводительные системы управления знаниями – Смешанное финансирование – Страхование – Гарантии – Венчурное инвестирование 	<ul style="list-style-type: none"> – Выделено более 1,2 млрд. долл. США на финансирование 87 проектов – Проект "Электрификация Африки": инициатива "За пределами единой энергосистемы" для Замбии – Инвестиции в размере 25 млн. долл. США в целях предоставления доступа к решениям в области чистой энергетики 1 миллиону жителей Замбии
Основные справочные документы			Ограничения
<ul style="list-style-type: none"> – https://www.reeep.org/ – https://www.bgfz.org/ – http://pfan.net/ – http://www.reegle.info/ – https://www.climateknowledgebrokers.net/ – https://www.climatetagger.net/ 			<ul style="list-style-type: none"> – REEEP не принимает незапрашиваемых предложений вне телеконференций по проекту

6.3.11 Фонд преобразующих инвестиций Министерства по вопросам международного развития (DFID), Соединенное Королевство

Программа преобразований DFID направлена на то, чтобы побудить рынки к преобразующим инвестициям в предприятия стран Африки к югу от Сахары и Южной Азии, приносящие пользу бедным и малообеспеченным людям за счет улучшения доступа к приемлемым в ценовом отношении товарам и услугам, и созданию возможностей получения дохода для лиц, составляющих основу пирамиды (BoP). Программа состоит из двух основных компонентов: двух инвестиционных инструментов, управляемых CDC, и ряда мероприятий по формированию рынка. Программа начата в 2012 году, и DFID планирует выделить на эти цели до 197 млн. фунтов стерлингов в течение 16 лет. Преобразующие инвестиции охватывают широкий спектр социально-экологических проблем

с участием различных инвесторов и посредников. В краткосрочной перспективе Фонд будет стимулировать увеличение притока капитала, вселяя уверенность в соинвесторов благодаря надежной комплексной проверке финансовой отдачи объектов инвестиций и их воздействия на развитие, а также предлагая частным инвесторам ограниченное потенциальное подчинение, когда это необходимо для стимулирования их участия. В более долгосрочной перспективе Фонд стремится ускорить накопление дополнительного капитала, доказывая финансовую жизнеспособность бизнес-моделей, ориентированных на малоимущих, и демонстрируя положительное влияние инвестиций этого типа. В рамках Программы преобразований DFID, целью которой является стимулирование рынка преобразующих инвестиций в странах Африки к югу от Сахары и Южной Азии, DFID создало Фонд ускорения преобразований размером 40 млн. фунтов стерлингов. Фонд, управляемый CDC, ориентирован на создание экономических возможностей и возможностей для трудоустройства путем как прямого, так и косвенного создания рабочих мест, а также расширения доступа к основным товарам и услугам, особенно в отдаленных районах или нестабильных государствах. Высокоэффективные инвестиционные стратегии сосредоточены на двух конкретных областях: 1) оказание помощи предприятиям в проведении мероприятий с высоким уровнем воздействия на развитие, связанных с их основным видом деятельности, которые они в противном случае не смогли бы осуществить, например освоение новых регионов с крайне сложными географическими условиями или разработка коммерческих предложений по значительно более низким ценам, чтобы облегчить доступ к товарам и услугам для менее обеспеченных потребителей, особенно женщин и девочек; 2) оказание помощи предприятиям, работающим в регионах со сложными географическими условиями, помощи по созданию зеленых компаний или компаний, расположенных в "коричневой зоне", близких к их основным инвестициям, которые предлагали бы товары и услуги, жизненно важные для их деятельности, такие как жилье, услуги здравоохранения и транспортные услуги.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
Фонд преобразующих инвестиций DFID <i>Другие партнеры: CDC Group и др.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Проекты, направленные на сокращение масштабов бедности в малообеспеченных сообществах Проект должен оказывать очевидное социальное воздействие и быть финансово жизнеспособным 	<ul style="list-style-type: none"> Надежная комплексная правовая оценка Долевое финансирование от 5 до 15 млн. долл. США Диверсификация проекта 	<ul style="list-style-type: none"> Фонд оказывает поддержку семи энергетическим компаниям в Африке Он предназначен для предоставления финансирования более чем 100 предприятиям в странах Африки к югу от Сахары и Южной Азии
Основные справочные документы			Ограничения
<ul style="list-style-type: none"> http://www.theimp-actprogramme.org.uk/investments-dfid-impact-fund/ 			<ul style="list-style-type: none"> Не финансируются проекты, которые могут поддерживаться посредством микро-финансирования У Фонда есть еще 11 лет для завершения поставленной задачи

6.3.12 Устойчивая энергетика для экономического развития (SEED)

SEED – это инициатива Института Роки-Маунтин в Соединенных Штатах, обращенная к госучреждениям, коммунальным предприятиям, партнерам по развитию и разработчикам энергосистем из частного сектора в странах Африки к югу от Сахары, которая способствует разработке недорогих, эффективных

комплексных энергетических программ, предусматривающих создание новых распределенных технологий на основе возобновляемых источников энергии и способных быстро обеспечить доступ к энергии для тех, у кого он отсутствует.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
<p>Устойчивая энергетика для экономического развития (SEED)</p> <p><i>Другие партнеры: Virgin Unite, Фонд Рокфеллера и др.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Проекты по использованию гидро-, ветровой, солнечной, геотермальной энергии и энергии биомассы – Проекты по созданию энергоэффективных бытовых приборов 	<ul style="list-style-type: none"> – Технические, политические и финансовые консультации – Участие в реализации проектов 	<ul style="list-style-type: none"> – Партнерство с Руандой в области наращивания потенциала и стратегии более эффективного управления энергопотреблением, что позволит сэкономить 20 млн. долл. США в краткосрочной перспективе и 1 млрд. долл. США в долгосрочной перспективе, а также повысить уровень сетевой и автономной электрификации сельских районов с 22% до 70% – В настоящее время работает в Сьерра-Леоне и Уганде
<p>Основные справочные документы</p>			
<ul style="list-style-type: none"> – https://www.rmi.org/our-work/global-energy-transitions/seed/ 			

6.3.13 Платформа повышения эффективности использования возобновляемых источников энергии (REPP)

REPP поддерживает проекты малого и среднего бизнеса в области возобновляемых источников энергии мощностью до 25 МВт в странах Африки к югу от Сахары. Эта инициатива разработана Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) и Европейским инвестиционным банком (ЕИБ) для достижения целей инициативы ООН SE4All в странах Африки к югу от Сахары путем поддержки проектов по созданию возобновляемых источников энергии. Право на поддержку имеет широкий спектр технологий возобновляемых источников энергии, включая ветровые, солнечные, геотермальные источники и получение энергии из отходов (сжигание свалочного газа и преобразование тепловой энергии отходов), гидроэнергетику, биомассу и биогаз. REPP получила первоначальное финансирование в размере 48 млн. фунтов стерлингов от Министерства бизнеса, энергетики и промышленной стратегии Соединенного Королевства через Международный климатический фонд. REPP поддерживает проекты как сетевых, так и автономных систем. Также рассматриваются проекты, разрабатываемые частными разработчиками, если они соответствуют критериям приемлемости REPP.

Источники финансирования	Проекты, отвечающие установленным требованиям	Вид помощи	Результаты деятельности
<p>REPP</p> <p><i>Партнеры:</i> Министерство энергетики и изменения климата, ЮНЕП и Европейский инвестиционный банк</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Проекты возобновляемых источников энергии – Проекты должны обеспечивать мощность от 1 до 25 МВт – Проекты должны предназначаться как минимум для одной из следующих стран: Бенин, Буркина-Фасо, Кот-д'Ивуар, Эфиопия, Гана, Кения, Либерия, Мадагаскар, Малави, Мали, Мозамбик, Нигерия, Руанда, Сенегал, Сьерра-Леоне, Танзания, Того и Зимбабве – Разработчики проекта должны соблюдать социально-экологическую политику и процедуры REPP 	<ul style="list-style-type: none"> – Техническая поддержка – Облегчает доступ к инструментам снижения рисков и долгосрочному кредитованию, предоставляемому партнерами REPP по долевого финансированию – Обеспечивает финансовую поддержку экономически обоснованных проектов, ориентированную на результат. Финансовая поддержка, ориентированная на результат, может принимать форму надбавок к льготным тарифам или других соответствующих инструментов 	<ul style="list-style-type: none"> – Фонд оказывает поддержку семи энергетическим компаниям в Африке – Он предназначен для предоставления финансирования более чем 100 предприятиям в странах Африки к югу от Сахары и Южной Азии
Основные справочные документы			Ограничения
<ul style="list-style-type: none"> – https://www.repp-africa.org/africa.org/ 			<ul style="list-style-type: none"> – Могут спонсироваться не более пяти проектов в каждой из стран, имеющих право на участие – Проекты, получающие финансирование REPP, не могут рассчитывать на получение дополнительных доходов от углеродных квот через МЧР или любой другой официальный механизм углеродных рынков

6.3.14 Сводная таблица вариантов финансирования

В нижеследующей таблице обобщены различные варианты финансирования, рассмотренные выше.

	Платформы финансирования	Категория
1.	Фонды универсального обслуживания (USF)*	Органы государственной власти, международные организации
2.	Торговля квотами на выбросы углерода	
a)	МЧР	Международная организация
b)	Африканская биржа квот на выбросы углерода (ACCE)	Органы государственной власти
c)	Углеродная биржа (CTX)	Частный сектор
3.	Африканский фонд возобновляемых источников энергии (AREF)	Частный сектор, международная организация
4.	"Электрификация Африки": инициатива "За пределами единой энергосистемы"	Органы государственной власти, международная организация
5.	SEFA	Международная организация
6.	OFID	Международная организация
7.	IRENA	Международная организация
8.	REEEP	Органы государственной власти, международная организация
9.	Фонд преобразующих инвестиций DFID	Органы государственной власти
10.	SEED	Частный сектор
11.	REPP	Органы государственной власти, международная организация

* В настоящее время финансируют только операторов электросвязи без перспектив финансирования локальных энергетических проектов.

6.3.15 Финансирование инфраструктуры широкополосной связи для минимизации рисков частных инвесторов

Поставщики услуг избегают инвестиций в проекты электросвязи в сельских районах с низкой плотностью населения, что объясняется значительными капиталовложениями в строительство инфраструктуры широкополосной связи при длительных сроках окупаемости и предполагаемом невысоком уровне прибыли от скудной клиентской базы. Финансирующие агентства могут создавать механизмы финансирования, стимулирующие частный сектор к инвестированию в развитие широкополосных цифровых сетей с открытым доступом в сельских населенных пунктах, обслуживаемых в недостаточной степени.

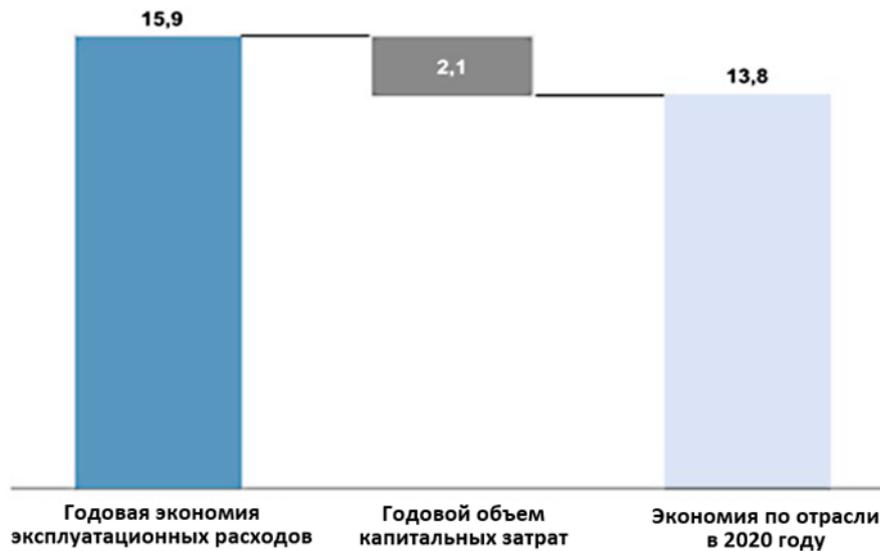
К подобным проектам инфраструктуры широкополосной связи с открытым доступом относится развитие автономных микросетей с возобновляемым источником энергии или партнерство с местными производителями энергии для обеспечения электроэнергией объектов электросвязи, а также близлежащих изолированных сельских населенных пунктов.

Типичным примером служит фонд Connecting Europe Facility (CEF) – партнерство ЕИБ и [Фонда соединения Европы Европейской Комиссии](#), – который поощряет инвесторов к финансированию сетей широкополосной связи для расширения услуг высокоскоростного цифрового интернета в малонаселенных, сельских и отдаленных районах Европы, обслуживаемых в недостаточной степени.

6.3.16 Электросвязь и электроснабжение: сотрудничество для устойчивого развития

В районах с ограниченной доступностью единой энергосистемы и автономных генерирующих установок многие базовые станции по-прежнему питаются от дизель-генераторов. Однако все чаще используются инновационные технологии возобновляемых источников и гибридные методы энергоснабжения. Согласно исследованию, проведенному GSMA (2014 год), эти системы могут обеспечить операторам связи значительную ежегодную экономию (см. рисунок 33).

Рисунок 33. Ежегодная экономия затрат в отрасли благодаря переходу на экологически чистые энергетические решения (млрд. долл. США)



Источник: GSMA, 2014.

7 Политические механизмы и рекомендации

7.1 Введение

Политика в области возобновляемых источников энергии должна все больше интегрироваться в общее планирование и стратегическую основу национального энергетического сектора, охватывающие весь цикл разработки и внедрения возобновляемых источников энергии. Директивные органы должны определить долгосрочные стратегии и цели, а также адаптировать политику и правила, которые также способствуют созданию безуглеродной энергетической среды. Политика в энергетическом и экологическом секторах должна быть согласованной и скоординированной.

IRENA рекомендует включить в нее "выявление передового опыта и тенденций в области разработки политики, а также оценку механизмов поддержки и их адаптации к изменяющимся рыночным условиям".

Для распространения услуг широкополосной связи в сельских районах требуется развитие и значительное расширение доступности электроэнергии. Властям необходимо создать благоприятную среду, для чего потребуются участие частного сектора. Чтобы облегчить этот процесс, нужна надежная политическая основа и нормативно-правовая база, способствующие снижению инвестиционных рисков и повышению жизнеспособности и общей привлекательности проектов, в частности в секторе автономных источников энергии.

Традиционная энергетическая политика

В глобальном масштабе цифровая экономика развивающихся стран растет впечатляющими темпами – на 15–25% в год⁴⁶. Тем не менее миллиард человек все еще живут без электрификации и не могут пользоваться преимуществами цифрового развития, так как в отсутствие доступа к электроэнергии они лишены возможности установления интернет-соединений. Поэтому усилия по расширению доступа к цифровым услугам в этих изолированных сообществах должны идти рука об руку с расширением инфраструктуры электроснабжения. Поскольку крупные действующие операторы электроэнергетики зачастую неохотно разворачивают свои услуги в малообеспеченных и малонаселенных отдаленных районах, необходимы механизмы политической поддержки для поощрения участия мелких операторов, предлагающих инновационные решения. Обнадуживает тот факт, что с 2016 года развивающиеся страны проводят политику, направленную на поощрение инвестиций в проекты возобновляемых источников энергии, цель которых – расширение доступа к электроэнергии в изолированных населенных пунктах⁴⁷. Вот примеры этой политики.

Стандартные требования по доле возобновляемых источников энергии (RPS). Эта норма обязывает энергетические компании производить определенную долю своей электроэнергии на базе возобновляемых источников. Производители получают сертификаты за каждую единицу электроэнергии, произведенную из возобновляемых источников. Этот сертификат продается вместе с электроэнергией компаниям-поставщикам, которые затем предъявляют его регуляторному органу, чтобы продемонстрировать соответствие нормативам.

Финансовые стимулы. Ряд стран выделяют государственные средства в виде грантов, кредитов или налоговых льгот для поощрения инвестиций в возобновляемые источники энергии. Например, Индия предлагает 30%-ную инвестиционную дотацию на солнечные фотоэлектрические системы, монтируемые на крыше.

Льготные тарифы (FIT) для систем, подключенных к единой энергосети. Это наиболее распространенная политика регуляторных органов, направленная на поддержку компаний,

⁴⁶ Bock, W., Vasisht, N., Wilms, M. and Mohan, M. (2015): The Infrastructure Needs of the Digital Economy. The Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2015/infrastructure-needs-of-the-digital-economy.aspx>.

⁴⁷ Hsu, H., Rosengarten, C., Weinfurter, A., Xie, Y., Musolino, E and Murdock, H.E. (2017): Renewable Energy and Energy Efficiency in Developing Countries: Contributions to Reducing Global Emissions. The 1 Gigaton Coalition. 90p.

работающих в области возобновляемых источников энергии. Ее цель – предложить производителям энергии из возобновляемых источников долгосрочные контракты, основанные на стоимости производства электроэнергии по каждой из технологий. Энергетические компании получают повышенные расценки за киловатт-час, отражающие стоимость производства электроэнергии. В последние годы несколько стран пересмотрели эту политику, с тем чтобы обеспечить поддержку менее масштабных проектов.

Новые бизнес-модели и роль политики

Учет соображений энергетической политики

Самая большая проблема, препятствующая развитию автономных решений с возобновляемыми источниками энергии, – недостаточное финансирование. В число причин входят длительные сроки окупаемости и низкая рентабельность этих проектов. Поэтому данную проблему следует решать политическими методами. Уже предпринимаются шаги по увеличению государственного финансирования за счет грантов, кредитов и налоговых льгот для инвесторов. Требуется приложить дополнительные усилия для поощрения частных инвестиций.

Общие принципы политики. Политика должна создавать благоприятные условия для инвестиций в повышение энергоэффективности и возобновляемые источники энергии, хранение энергии и цифровые приложения.

- Необходимо тесное сотрудничество между государственными и частными предприятиями в области преобразования энергии.
- Создание равных условий для возобновляемых источников энергии (например, реформы в области субсидирования ископаемого топлива, ценовая политика в отношении выбросов углерода).
- Определение стандартов, обеспечивающих надежность технологий и сетей (например, стандартов качества и технических стандартов, сертификатов).
- Создание механизмов гарантий, поддерживаемых многосторонними организациями от имени государственных органов власти, с ограничением финансирования и долговой нагрузки, чтобы снизить риски для частного сектора и привлечь более крупные инвестиции.

Финансовая политика. Необходимы политические инструменты, побуждающие банки выдавать надежные долгосрочные кредиты для этих проектов. С помощью соответствующей политики и нормативно-правовой базы директивные органы могут снизить экономические риски, связанные с реализацией проектов, определив приемлемую структуру тарифов, отражающую структуру затрат по проектам, включая тщательно разработанный процесс получения разрешений, лицензий и концессий и владения ими. Кроме того, малообеспеченные группы населения можно освободить от импортных пошлин на электроприборы и НДС на услуги, относящиеся к энергетике.

- a) Политика в области энергоэффективности. Меры по повышению энергоэффективности очень важны для расширения доступа к электроэнергии и снижения ее потребления на душу населения. Это ведет к снижению затрат на электроэнергию и уменьшению потерь. Действенные методы повышения энергоэффективности могут значительно улучшить экономические показатели проектов в области возобновляемых источников энергии.
- b) Тарифы на электроэнергию. Тарифы также должны отражать затраты и уникальные эксплуатационные характеристики возобновляемых источников энергии, а правила – допускать изменение тарифов в зависимости от срока эксплуатации.

7.2 Политика в области цифровой инфраструктуры

- a) Традиционный подход к развертыванию цифровых сетей основан на том, что каждый оператор создает свою собственную инфраструктуру. В преимущественно сельских и отдаленных районах традиционный подход неэффективен, и операторы сетей подвижной связи активно ведут поиск и успешно изыскивают способы распределения инвестиций в инфраструктуру, позволяющие расширить покрытие сети, сохранив при этом здоровую конкуренцию при предоставлении услуг. Модели совместного использования инфраструктуры могут повысить экономическую рентабельность

развертывания сети в сельских и отдаленных районах. Операторы могут сократить свои капитальные и инвестиционные затраты на 50–70%⁴⁸.

- b) В целях экономии операторы сетей подвижной связи также передают свои вышки связи специализированным операторам вышек.

7.3 Соображения, касающиеся политики в области цифровой инфраструктуры

- a) Развертывание государственных магистральных сетей в сельских и отдаленных районах.
- b) Охват сельских районов может быть достигнут за счет развертывания многоузловой сети фиксированного беспроводного доступа или внедрения технологий подвижной связи новых поколений 4G и 5G.
- c) Снижение затрат на транзитную передачу за счет субсидирования поставщиков сельских сетей широкополосной связи.
- d) Внедрение инновационных способов распределения радиочастотного спектра для снижения затрат на развертывание беспроводных сетей за счет упрощения процесса приобретения и удешевления лицензий на использование спектра в сельских районах, чтобы обеспечить возможность совместного использования или присвоения спектра с соблюдением прав и обязанностей согласно Регламенту радиосвязи МСЭ.
- e) Создание надлежащей нормативно-правовой базы для продвижения цифровых инноваций, таких как более интеллектуальные энергетические системы, ИИ, интернет вещей.
- f) Новые модели для автономных решений (например, PAYG, услуги с последующей оплатой, зарядка аккумуляторов) и мини-сетей (например, государственно-частное партнерство).

В отчете "Политика в области возобновляемых источников энергии в эпоху энергетического перехода" ([Renewable Energy Policies in a Time of Transition](#)) (IRENA, IEA REN21)⁴⁹ указаны основные препятствия и предлагаются варианты политики для стимулирования внедрения возобновляемых источников энергии с упором на прямую поддержку, интеграцию и создание благоприятной среды.

В таблице 7 приведена классификация ключевых механизмов отраслевой политики, связанных с задачами в области развития.

⁴⁸ GSMA (2016): Unlocking Rural Coverage: Enablers for commercially sustainable mobile network expansion. Connected Society. https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wpcontent/uploads/2016/07/Unlocking-Rural-Coverage-enablers-for-commercially-sustainable-mobile-network-expansion_English.pdf

⁴⁹ IRENA, IEA REN21. <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition>

Таблица 7. Классификация механизмов политики

Политика, направленная на осуществление энергетического перехода		Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в общем контексте	Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в контексте доступности (включая энергетические услуги)	Максимальное ускорение социально-экономического развития за счет внедрения возобновляемых источников энергии
Политика прямого влияния	"Кнут"	<ul style="list-style-type: none"> – Обязательные цели по использованию возобновляемых источников энергии – Энергетические квоты и обязательства – Строительные нормы – Предписания (например, на использование солнечных водонагревателей, возобновляемых источников энергии в системе централизованного теплоснабжения) – Смешанные предписания 	<ul style="list-style-type: none"> – Цели, стратегии, программы электрификации сельских районов – Стратегии и программы экологически чистого приготовления пищи – Программы в области биогазовых установок 	Политика внедрения, направленная на максимальное использование преимуществ и обеспечение устойчивого перехода (например, в отношении местных сообществ, гендерных вопросов), включая требования, льготный режим и финансовые стимулы, предоставляемые разработчикам установок и проектов, помогающих достигать социально-экономических целей
	"Пряник"	<ul style="list-style-type: none"> – Регуляторная и ценовая политика (льготные тарифы и надбавки, аукционы и т. п.) – Торгуемые сертификаты – Инструменты натурального потребления (чистая выручка, чистое измерение и т. п.) – Меры поддержки добровольных программ 	<ul style="list-style-type: none"> – Регуляторная и ценовая политика (правовые положения, ценовое/тарифное регулирование и т. п.) 	
	Фискальные и финансовые инструменты	<ul style="list-style-type: none"> – Налоговые льготы (инвестиционные и производственные налоговые вычеты, ускоренная амортизация, снижение налогов и т. п.) – Субсидии – Гранты 	<ul style="list-style-type: none"> – Налоговые льготы (например, снижение налогов) – Субсидии – Гранты – Льготное финансирование – Поддержка финансовых посредников 	

Таблица 7. Классификация механизмов политики (продолжение)

Политика, направленная на осуществление энергетического перехода	Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в общем контексте	Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в контексте доступности (включая энергетические услуги)	Максимальное ускорение социально-экономического развития за счет внедрения возобновляемых источников энергии
Политика интеграции	<ul style="list-style-type: none"> – Меры по повышению гибкости системы (продвижение гибких ресурсов, таких как хранение энергии, регулируемое энергоснабжение, формирование нагрузки и т. п.) 	<ul style="list-style-type: none"> – Политика интеграции автономных систем в единую энергосистему – Политика в области мини-сетей и интеллектуальных распределенных энергосистем – Сочетание политики в области возобновляемых источников энергии с эффективными электроприборами и энергетическими услугами 	
	<ul style="list-style-type: none"> – Политика по обеспечению создания необходимой инфраструктуры (передающие и распределительные сети, зарядные станции для электромобилей, инфраструктура централизованного теплоснабжения, подъездные пути и т. п.) – Политика по объединению усилий разных секторов – Поддержка НИОКР для развития технологий (например, хранения энергии) 		
	<ul style="list-style-type: none"> – Более четкое согласование политики в области энергоэффективности и возобновляемых источников энергии – Включение целей декарбонизации в национальные энергетические планы – Меры по адаптации социально-экономической структуры к энергетическому переходу 		

Таблица 7. Классификация механизмов политики (продолжение)

Политика, направленная на осуществление энергетического перехода	Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в общем контексте	Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в контексте доступности (включая энергетические услуги)	Максимальное ускорение социально-экономического развития за счет внедрения возобновляемых источников энергии
Политика предоставления возможностей	<ul style="list-style-type: none"> – Создание равных условий (реформы в области субсидирования ископаемого топлива, ценовая политика в отношении выбросов углерода и т. п.) – Меры по адаптации структуры энергетических рынков (гибкая краткосрочная торговля, долгосрочные ценовые сигналы и т. п.) – Обеспечение надежности технологий (стандарты качества и технические стандарты, сертификаты и т. п.) 	<ul style="list-style-type: none"> – Промышленная политика (например, использование местного потенциала) – Торговая политика (торговые соглашения, продвижение экспорта и т. п.) – Политика в области экологии и климата (например, экологические нормы) 	
	<p>Национальная политика в области возобновляемых источников энергии (цели, задачи и т. п.)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Политика по облегчению доступа к доступному по цене финансированию для всех заинтересованных сторон – Политика в области образования (включение изучения возобновляемых источников энергии в учебные программы, координация образования и обучения с оценкой фактических и необходимых навыков и т. п.) – Трудовая политика (политика в отношении рынка труда, программы обучения и переподготовки и т. п.) 		
	<ul style="list-style-type: none"> – Политика землепользования – Политика в области НИОКР и инноваций (гранты и фонды, партнерства, содействие предпринимательству, формирование отраслевых кластеров и т. п.) – Городская политика (например, местные предписания по использованию топлива) – Политика в области общественного здравоохранения 		

Таблица 7. Классификация механизмов политики (продолжение)

Политика, направленная на осуществление энергетического перехода	Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в общем контексте	Развертывание (установка и генерация) возобновляемых источников энергии в контексте доступности (включая энергетические услуги)	Максимальное ускорение социально-экономического развития за счет внедрения возобновляемых источников энергии
Политика предоставления возможностей и интеграции	<ul style="list-style-type: none"> – Вспомогательная архитектура управления и институциональная архитектура (упрощенные процедуры выдачи разрешений, специализированные органы по возобновляемым источникам энергии и т. п.) – Информационно-просветительские программы по вопросам важности и срочности энергетического перехода, направленные на повышение осведомленности и изменение поведения – Политика социальной защиты для устранения разрывов – Меры по комплексному управлению ресурсами (например, установление взаимосвязи между производством электроэнергии, продовольственным обеспечением и водоснабжением) 		

Источник: IRENA, апрель 2018 года. <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition>

7.4 Рекомендации по политике в области эксплуатации мини-сетей

Производственные модели операторов мини-сетей описывают организационную структуру процессов внедрения и эксплуатации мини-сетей и, в частности, определяют, кто владеет активами, относящимися к производству и распределению электроэнергии, и кто эксплуатирует и обслуживает систему.

Можно рассмотреть четыре основные производственные модели операторов мини-сетей:

- коммунальная служба;
- частная собственность;
- общественная собственность;
- гибридная модель.

Успешная реализация каждой модели зависит от уникального контекста:

- a) природной среды (географическое положение, энергетические ресурсы, климатические/погодные условия и т. п.);
- b) местного социально-экономического контекста;
- c) политических и регламентарных условий.

Соответствующие меры регулирования должны позволять частному сектору производить (генерировать) и продавать (распределять) электроэнергию либо государственным распределительным электроэнергетическим компаниям, либо непосредственно конечным потребителям через мини-сети.

7.5 Особая политика для изолированных районов

Большая часть дополнительной энергии, необходимой для достижения универсального доступа, будет вырабатываться с использованием частных автономных микро- и мини-сетей, коммунальных служб или общественных электросетей в сельских районах развивающихся стран. Эти автономные решения вряд ли будут интегрированы в единую энергосистему и, скорее всего, далее будут работать автономно. Может возникнуть ситуация, когда крупные общественные схемы будут включаться в национальную единую энергосистему, финансируемую или управляемую действующей

электроэнергетической компанией, которая отвечает за производство и доставку электроэнергии. Большинство стран субсидируют электроэнергию, предоставляемую единой энергосистемой. Поэтому автономные источники электроэнергии не могут конкурировать по цене с электроэнергией из единой энергосистемы.

Политические соображения

Политика и механизмы финансирования автономных решений и субъектов частного сектора имеют решающее значение с учетом ключевой роли децентрализованных, безуглеродных источников энергии для преодоления дефицита электроэнергии в отдаленных районах.

Операторам автономных сетей необходимо снизить потенциальный риск, связанный с развертыванием единой национальной энергосети в будущем, который может привести к серьезной неопределенности в отношении долгосрочной жизнеспособности проекта мини-сети. Политика, касающаяся подачи энергии из единой энергосистемы, должна определять, как и когда будет осуществляться подключение к ней, и снижать риски, с которыми сталкиваются операторы автономных и мини-сетей.

Частным проектировщикам, операторам и инвесторам мини-сетей следует предоставить возможность возмещения затрат на обеспечение устойчивого функционирования в течение разумного периода времени и получения соответствующей маржи прибыли⁵⁰.

Доступ к электроэнергии позволяет людям и местным сообществам увеличивать свои доходы и производительность труда, расширяет для них доступ к услугам здравоохранения, водоснабжения и образования, а также повышает их общий уровень социально-экономического благополучия. Доступ к универсальным энергетическим услугам и услугам широкополосной цифровой связи имеет важное значение для достижения ЦУР к 2030 году.

⁵⁰ https://www.academia.edu/38089928/Renewable_Energy_Policies_in_a_Time_of_Transition?auto=download

8 Заключение

Обеспечение возможности установления соединений – энергоемкая технология, которая не может развиваться при отсутствии доступа к электроэнергии, в частности к приемлемым в ценовом отношении, надежным и масштабируемым ее источникам. Неудивительно, что сложности с установлением соединений и отсутствие энергоснабжения зачастую наблюдаются в одних и тех же местах.

Процессы производства и распределения электроэнергии претерпевают изменения благодаря технологическим инновациям в области генерирования чистой энергии; при этом наблюдаются тенденции к декарбонизации, цифровизации и децентрализации.

Возобновляемые источники энергии в сочетании с технологиями хранения энергии и программным обеспечением для повышения энергоэффективности – ключ к обеспечению надежного и приемлемого по цене доступа к сетям связи в отдаленных районах.

Кроме того, задачи обеспечения доступа к основным услугам, таким как энергоснабжение и связь, могут и должны решаться в рамках комбинированной или совместно используемой инфраструктуры, что позволит свести к минимуму инвестиции и эксплуатационные расходы при одновременном ускорении прогресса в достижении нескольких ЦУР.

Для обеспечения возможности установления соединений для следующего миллиарда человек требуются инновации не только в области технологий, но и в области бизнес-моделей и механизмов финансирования. Как и любые другие аспекты четвертой промышленной революции, социально-экономическое развитие может происходить только в рамках масштабируемых, воспроизводимых моделей, основанных на революции платформ и применимых ко всем сегментам экономики и общества.

Именно в условиях экономики совместного потребления – как с вовлечением субъектов частного сектора, так и в рамках государственно-частных партнерств – могут эффективно решаться задачи обеспечения доступа к электроэнергии и возможности установления соединений. Финансовая поддержка со стороны организаций по развитию и международных организаций поможет привлечь инвестиции частного сектора в капиталоемкую инфраструктуру. Но эта инфраструктура – ключ к преодолению цифрового разрыва и обеспечению доступа к электроэнергии, открывающий широкие возможности для создания мощных рычагов социально-экономического развития, включая доступ к цифровым услугам.

9 Приложения и практические примеры

9.1 Энергетические компании

Рынок услуг по распределению электроэнергии будет иметь большое значение для ускорения развертывания в Африке экологически чистых энергетических решений по предоставлению надежных, приемлемых в ценовом отношении и экологически чистых услуг электроснабжения операторам вышек электросвязи.

Растущий рынок

В период с 2010 по 2015 год число новых абонентов сотовой связи в Африке увеличивалось в среднем более чем на 12% в год, и размер сети подвижной связи, как ожидается, вырастет с 240 тысяч вышек в 2014 году до 325 тысяч к 2020 году. Операторы сетей подвижной связи (MNO) составляют основу быстрорастущей экономики подвижной связи в Африке, которая включает электронную и мобильную коммерцию, мобильные деньги, мобильные банковские услуги и другие дополнительные услуги, такие как электронное здравоохранение, электронное правительство и электронное сельское хозяйство.

Однако по мере перемещения MNO в малонаселенные сельские районы средний доход на одного абонента (ARPU) снижается, а затраты на электроэнергию растут из-за отсутствия доступа к единой энергосистеме и высоких затрат на топливо. Затраты на электроэнергию могут составлять до 60% эксплуатационных расходов (ОРЕХ) MNO на инфраструктуру и служат препятствием для масштабного развертывания покрытия сетей подвижной связи в сельских районах. Благодаря недавнему падению цен на солнечные панели и снижению стоимости технологий аккумулирования энергии солнечные и гибридные энергетические решения становятся все более конкурентоспособными и могут обеспечить более надежное и экономичное энергоснабжение операторов MNO и вышек подвижной связи.

Но в условиях быстро усиливающейся и жесткой конкуренции MNO сосредотачиваются на обслуживании потребителей и инвестировании в активную инфраструктуру (например, радиооборудование), вместо того чтобы расходовать время и ресурсы на экологически чистые энергетические решения. В условиях постоянно меняющихся технологий энергоснабжения вышек, требующих специальных технических знаний, MNO не имеют широких возможностей для повышения энергоэффективности. Кроме того, по мере падения ARPU MNO отдают предпочтение расширению сети и технической модернизации активного оборудования. Имея ограниченный капитал, они, как правило, предпочитают инвестиции в активное радиооборудование инвестициям в энергетические решения. Потенциал снижения затрат, связанный с экологически чистыми и возобновляемыми источниками энергии, остается неиспользованным, тем более что ожидаемый срок их окупаемости составляет максимум четыре года. Энергосервисные компании (ЭСКО) имеют больше возможностей для инвестирования в долгосрочные активы и их амортизации с течением времени, чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами снижения затрат.

Рисунок 34. Энергетические решения ЭСКО в Африке



Экологическая устойчивость

Крупные операторы MNO и вышек подвижной связи обязуются в результате своей деятельности сократить выбросы CO₂. Сократив потребление топлива в среднем на 66% за счет инвестиций в эффективные энергосистемы, MNO значительно сокращают выбросы CO₂.

В число преимуществ ЭСКО-решений для операторов MNO и вышек подвижной связи входят:

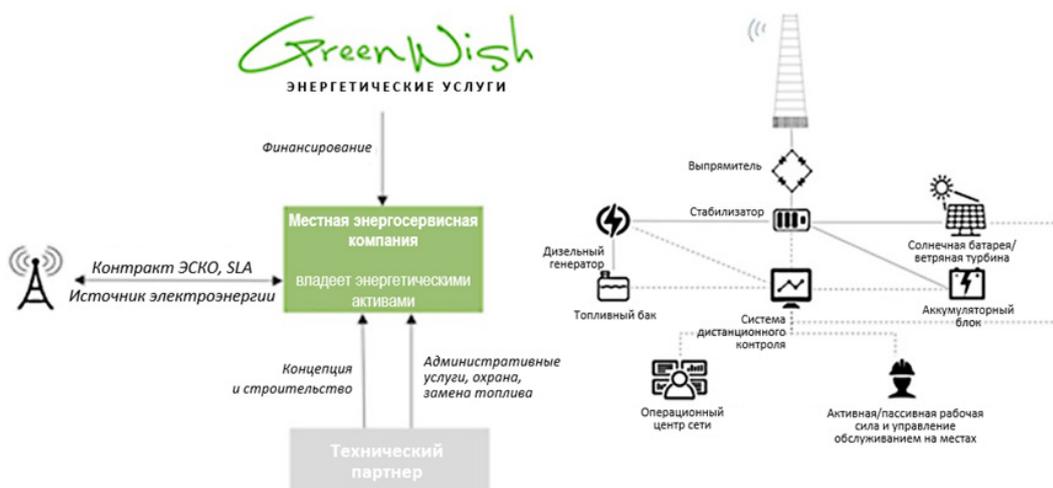
- Сокращение капитальных затрат
Заключение контрактов на инвестиции в производство энергии и эксплуатацию и техническое обслуживание (O&M) с ЭСКО позволяет операторам MNO и вышек подвижной связи ограничить влияние нехватки начального капитала на капитальные затраты и сократить расходование капитальных резервов на непрофильные бизнес-активы.
- Снижение стоимости
Модель ЭСКО позволяет операторам MNO и вышек подвижной связи извлекать выгоду из значительного общего сокращения эксплуатационных расходов (от 20% до 35% в зависимости от страны) главным образом за счет сокращения расходов на электроэнергию, а также снижения затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание без необходимости расходовать какие-либо инвестиционные средства, поскольку ЭСКО инвестирует за них.
- Надежность
Энергия, от которой зависит надежность работы сети и уровень услуг, предоставляемых абонентам, имеет решающее значение для операторов MNO и вышек подвижной связи. Модель ЭСКО позволяет им воспользоваться преимуществами надежного источника энергии, требующего минимального обслуживания на местах, а также предоставляет гарантии обеспечения качества, предусмотренного контрактом.

9.2 Типовые финансовые, договорные и эксплуатационные решения

За проектирование, закупку, эксплуатацию и техническое обслуживание энергоэффективного оборудования для питания вышек электросвязи будет отвечать местная ЭСКО. Каждая местная ЭСКО заключает контракт с одним или несколькими клиентами в рамках генерального соглашения о предоставлении услуг сроком на десять (или более) лет, взимая с них:

- фиксированную плату за пользование инфраструктурой, покрывающую первоначальные и возмещаемые капитальные затраты, расходы на финансирование и расходы на управление ЭСКО;
- плату за электроэнергию, покрывающую расходы на топливо и электричество, получаемое из единой энергосистемы, с гарантированным объемом экономии топлива (риск переходит на технического партнера);
- плату за O&M, покрывающую стоимость услуг по эксплуатации и техническому обслуживанию (риск переходит к техническому партнеру).

Рисунок 35. Пример договорно-технических решений для компаний электросвязи



Распределение рисков

Модель ЭСКО позволяет операторам МНО/вышек подвижной связи выделить энергетические активы, связанные с их вышками, в инструмент специального назначения. Как и в стандартной структуре финансирования на основе активов/проекта, строительные, эксплуатационные и операционные риски передаются партнерам по строительству и O&M проекта.

Воспроизводимость и масштабируемость

Благодаря местному присутствию и деятельности партнеров по эксплуатации и техническому обслуживанию (O&M), которые уже работают с операторами подвижной связи в странах Африки к югу от Сахары, модель ЭСКО легко воспроизводится и масштабируется в других странах. Генеральные соглашения о предоставлении услуг между ЭСКО и операторами должны быть строго стандартизированы во всех проектах. Таким образом, местная ЭСКО будет связана с будущими проектами на уровне портфеля ЭСКО, что позволит кредиторам поддерживать проекты на уровне портфеля или проекта, во всех случаях полагаясь на активы в ценных бумагах, но в конечном итоге придерживаясь подхода диверсифицированного профиля рисков в портфеле.

Весомое воздействие инвестиций на окружающую среду

Деятельность ЭСКО основана на замене систем производства электроэнергии с высокой долей использования ископаемого топлива гибридными системами. Например, инвестиции позволяют установить оборудование для производства возобновляемой энергии или эффективные

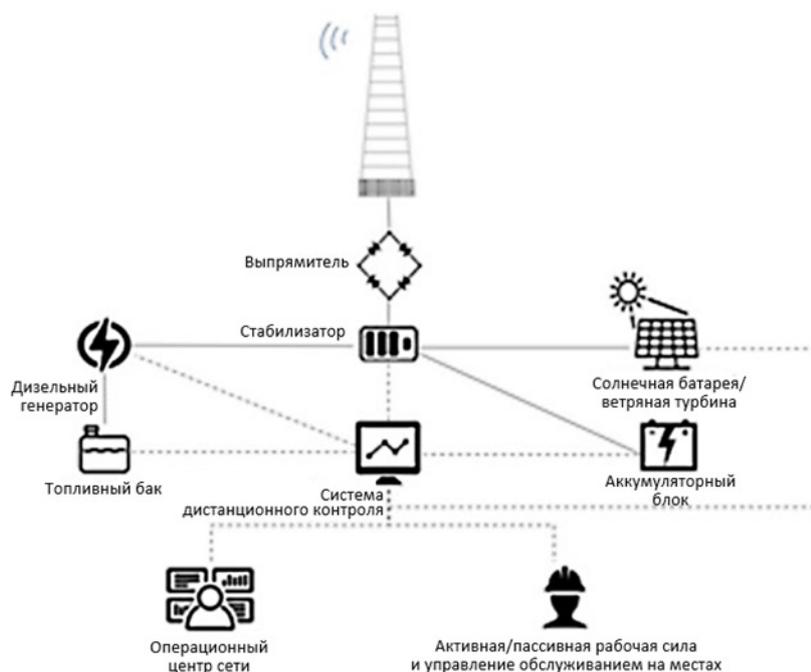
аккумуляторные батареи, что снизит потребление топлива в среднем на 66%, а это приведет к сокращению объема выбросов примерно на 5500 тонн в эквиваленте CO₂ в год в рамках только одного проекта Orange DRC.

Надежное техническое решение

Каждая местная ЭСКО заменяет неэффективные дизельные системы производства электроэнергии, принадлежащие операторам МНО или вышек подвижной связи, энергоэффективными солнечными гибридными системами, производящими электроэнергию. Данные решения:

- дешевле благодаря уменьшению зависимости от дизель-генераторов;
- экологически чище, так как расход топлива снижается на 50–100%;
- надежнее благодаря гарантированному времени безотказной работы с коэффициентом готовности до 99,9%.

Рисунок 36. Пример надежного технического решения



9.3 Умные зеленые сообщества

9.3.1 Умные сообщества

Умные сообщества – это глобальная физическая и цифровая общая распределительная платформа, ориентированная на районы, обслуживаемые в недостаточной степени, с конечной целью содействия их социально-экономическому развитию.

В рамках этой платформы прилагаются усилия, направленные на достижение 15 из 17 ЦУР, определенных Организацией Объединенных Наций, в соответствии с инициативой Франции, председательствующей на состоявшемся в Найроби в марте 2019 года саммите "Одна планета", в котором участвовали французское агентство по развитию AFD, Bpifrance и другие учреждения.

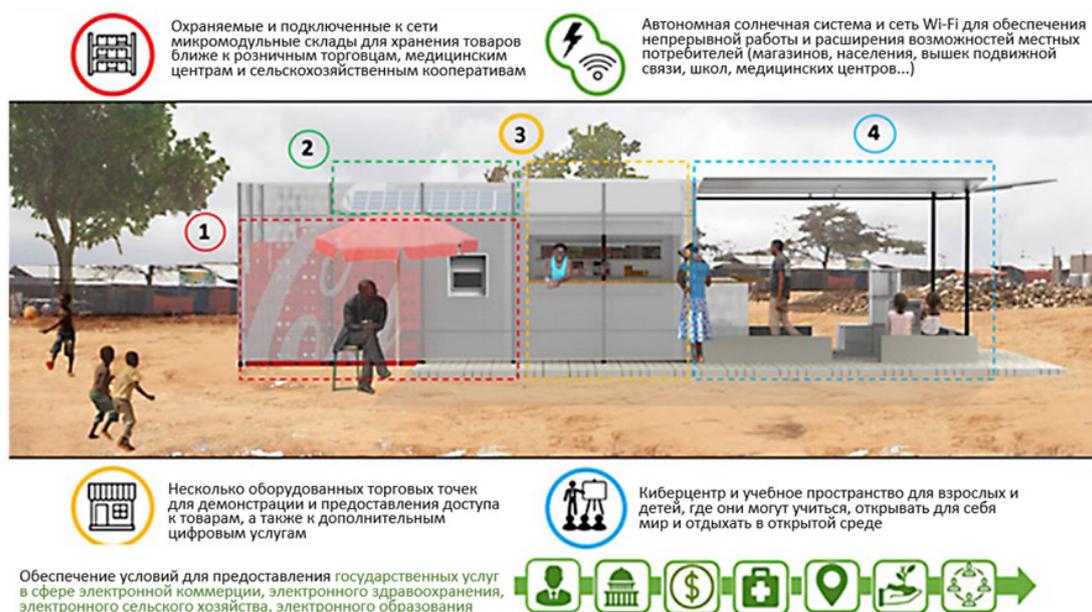
Питающиеся солнечной энергией и подключенные к сети распределительные узлы служат автономными микроскладами и торговыми точками, эффективно и рационально распределяющими продукты и услуги коммерческих, государственных и неправительственных организаций до последней мили с использованием модели "бизнес–государство"/"бизнес–бизнес–потребитель".

Получив доступ к общей сетевой инфраструктуре, они могут расширять свои услуги и направления деятельности при низких затратах, совершенствуя свои социально-экологические стратегии.

Умные сообщества также открывают устойчивые возможности местным жителям, выступая в качестве универсального механизма предоставления разнообразных услуг и обеспечения выхода на мировой рынок.

Задача масштабируемой и рентабельной модели состоит в том, чтобы с минимальными предельными издержками обеспечить доступ к универсальным услугам – электро- и водоснабжению, услугам связи, образования, здравоохранения, электронного правительства, банковским услугам, – а также расширение прав и возможностей фермеров, женщин и молодежи.

Рисунок 37. Пример умной зеленой деревни



Источник: GreenWish.

9.3.2 Бизнес-модель

Путь на рынок

Через сеть умных сообществ партнеры из государственного и частного секторов получают доступ к новым рынкам по конкурентоспособным ценам на услуги по распространению или доставке товаров, а также доступ к рекламным площадкам, а сами предоставляют доступ к данным, которые могут иметь неоценимое значение в качестве вклада в государственную политику и для улучшения понимания запросов потребителей. Партнеры категории бизнес–бизнес применяют инклюзивную бизнес-модель умных сообществ, которая охватывает вопросы, направленные на достижение 15 из 17 ЦУР, определенных Организацией Объединенных Наций, предоставляя доступ к водным ресурсам, электроэнергии, услугам связи, образованию, здравоохранению, продукции сельского хозяйства, обеспечивая создание рабочих мест, расширяя права и возможности женщин и молодежи, предоставляя услуги электронного правительства, банковские услуги и т. д.

Деятельностью местных умных сообществ управляют как штатные сотрудники, так и субподрядчики, такие как арендаторы магазинов.

Управление инфраструктурой и цифровую платформу обеспечивает компания GreenWish через субподрядчиков.

Структура франшизы направлена на ускорение экспоненциального роста платформы умных сообществ путем предоставления местным и международным брендам доступа к потребителям и пользователям, рекламе, цифровой платформе и общей логистике, электроэнергии и услугам связи в ряде стран.

Модель основана на стимулах и экспоненциальном наращивании: чем быстрее она становится рентабельной, тем больше дополнительных услуг позволяет предложить и тем более значимое влияние оказывает. Она может обеспечить успех только при условии совместного подхода и сотрудничества между брендами и органами государственной власти.

Модель получения дохода

Модель получения дохода умных сообществ основана на:

- долгосрочных фиксированных сборах с арендаторов или пользователей в рамках партнерства бизнес–бизнес;
- разделении комиссии за транзакцию при физических и цифровых транзакциях на местах;
- рекламе;
- сборе и монетизации данных, совместном владении с местными органами власти;
- грантах в рамках КСО от частных партнеров и НПО для поддержки некоммерческой общественной деятельности.

Договорная структура

Наиболее жизнеспособная и устойчивая модель предполагает финансирование инфраструктуры местными органами власти через учреждения по финансированию развития (УФР) или экспортные кредиты.

Поскольку миссия умных сообществ состоит в том, чтобы способствовать социально-экономическому развитию территорий, обслуживаемых в недостаточной степени, путем предоставления новых и инновационных продуктов и услуг как частными, так и государственными поставщиками, имеет смысл организовать эту деятельность как концессионную модель, при которой государство владеет объектами инфраструктуры, а умные сообщества строят и эксплуатируют их и управляют их деятельностью.

9.3.3 Ключевые услуги

• Энергоснабжение

Умные сообщества получают энергию от солнечных панелей/батарей и полностью автономны.

Мощность источников энергии приводится в соответствие с размером умных сообществ и видом услуг (хранение продуктов, связь и т. д.), которые строятся по модульному принципу и адаптируются к местоположению – в пригородах или сельских районах.

Арендаторы магазинов также могут продавать конечным потребителям услуги по зарядке электроприборов на месте.

• Водоснабжение

Умные сообщества оснащены недорогими системами очистки воды для обслуживания 200–3000 человек в день.

• Склады и холодильники

Каждое умное сообщество располагает складом и холодильником – при необходимости с морозильной камерой.

Имеются складские помещения для товаров повседневного спроса (продуктов, напитков, средств личной гигиены), фармацевтических продуктов, ИКТ-устройств, бытовых солнечных систем, возможно, удобрений и других товаров местного спроса. Эти склады также служат местными торговыми точками.

Цифровая платформа поддерживает учет товаров от импорта до продажи потребителям с отслеживанием запасов.

- **Розничная торговля**

Умные сообщества располагают магазином шаговой доступности для прямых продаж.

- **Точка доступа Wi-Fi**

В каждом умном сообществе имеется доступ Wi-Fi разных форматов.

При отсутствии в деревне подключения к интернету – через сеть 3G или поставщика интернет-услуг (ISP), – то возможны разные варианты.

В полностью автономной среде доступ в интернет может предоставляться через ближайшую BTS или линию спутниковой связи (VSAT) либо с использованием белого пространства телевидения.

Умные сообщества станут лабораторией для создания множества маршрутов доступа к услугам связи по конкурентоспособной цене в отдаленных районах.

- **Цифровые услуги**

Специализированная цифровая платформа, доступная в каждом умном сообществе, служит рынком услуг и позволяет размещать электронные услуги, предоставляемые стратегическими партнерами, в том числе услуги электронного правительства, электронного здравоохранения, электронного образования, электронного сельского хозяйства, электронного банковского обслуживания и электронной коммерции.

Некоторые специальные электронные услуги могут разрабатываться собственными силами.

- **Сбор данных**

Платформа будет собирать физические и цифровые данные, адаптированные к потребностям пользователей и партнеров.

Каждое умное сообщество обслуживает 15–20 тысяч человек в радиусе 5 км и имеет выгодное стратегическое расположение для сетевого трафика.

Этот охват, а также многочисленные услуги и продукты, предлагаемые в умных сообществах, откроют широкие возможности по сбору целевых данных для всех партнеров.

Данные находятся в совместном владении GreenWish и местных органов власти и предоставляются другим партнерам на платной основе в зависимости от цели использования.

9.3.4 Корпоративная социальная ответственность (КСО)

Умные сообщества измеряют влияние своих практик КСО посредством ЦУР.

Развертывая инфраструктуру для повышения доступности электроэнергии и сокращения цифрового разрыва в населенных пунктах, лишенных возможности установления соединений, умные сообщества действуют в направлении достижения 15 из 17 ЦУР.

Рисунок 38. Умные зеленые сообщества и ЦУР



- Участие в **образовательной деятельности** и наращивании потенциала с организацией общего и узкоспециального обучения.
- Широкое использование возможностей **дистрибуции различных полезных товаров**, в том числе продукции солнечной энергетики и специализированных сельскохозяйственных продуктов.
- Распространение ключевых услуг и продуктов через женщин-предпринимателей и среди **женщин**.
- Борьба с бедностью путем предоставления людям доступа к **информации** о реальной рыночной цене товаров, а также предложения нового канала продаж с помощью услуг электронной коммерции.
- **Электронное сельское хозяйство, электронное здравоохранение и электронное образование** станут реальностью в тех местах, где потребность в таких услугах наиболее высока.
- Обеспечение возможности установления соединений помогает сделать производство более эффективным и менее углеродоемким.
- **Координация** действий ключевых частных предприятий, органов государственной власти, многосторонних учреждений и неправительственных организаций в районах с ограниченными возможностями установления соединений.

9.4 Полезные ссылки

Гидроэнергетические технологии и гидроэлектростанции

- <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=d8kQe9VdG4I>
- <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=B5qIB-asleo>
- <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=W1PR9fhf9c>
- https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=UW_SgFUfYds
- https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=_qaUufeq_7IIIII

Компания, специализирующаяся на преобразовании энергии

- <https://www.enetek-power.com/industries>

Беспроводная передача энергии

- **WiPE (Беспроводная передача энергии для целей устойчивого развития электроники)**
 - <http://www.cost-ic1301.org/>
- **WiPoT (Консорциум по беспроводной передаче энергии для практических применений)**
 - <http://www.wipot.jp/english/>
- **WBF (Форум по широкополосной беспроводной связи)**
 - <http://bwf-yrp.net/english/>
 - <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/renewable-capacity-growth-between-2019-and-2024-by-technology>

Принятые сокращения

ESCO	Energy services company	ЭСКО	Энергосервисная компания
SDGs	Sustainable Development Goals	ЦУР	Цели устойчивого развития
MNO	Mobile network operator		Оператор сети подвижной связи
O&M	Operation and maintenance		Эксплуатация и техническое обслуживание
IRENA	International Renewable Energy Agency		Международное агентство по возобновляемым источникам энергии
ADFD	Abu Dhabi Fund for Development		Фонд развития Абу-Даби
DFIs	Development finance institutions	УФР	Учреждения по финансированию развития
CPE	Customer premises equipment		Оборудование, устанавливаемое в помещениях клиента

**Канцелярия Директора
Международный союз электросвязи (МСЭ)
Бюро развития электросвязи (БРЭ)**
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Эл. почта: bdtdirector@itu.int
Тел.: +41 22 730 5035/5435
Факс: +41 22 730 5484

**Департамент цифровых сетей и
цифрового общества (DNS)**

Эл. почта: bdt-dns@itu.int
Тел.: +41 22 730 5421
Факс: +41 22 730 5484

**Канцелярия заместителя Директора и региональное присутствие
Департамент координации операций на местах (DDR)**
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Эл. почта: bdtdeputydir@itu.int
Тел.: +41 22 730 5131
Факс: +41 22 730 5484

**Департамент центра цифровых
знаний (ДКН)**

Эл. почта: bdt-dkh@itu.int
Тел.: +41 22 730 5900
Факс: +41 22 730 5484

**Департамент партнерских отношений
в интересах цифрового развития (PDD)**

Эл. почта: bdt-pdd@itu.int
Тел.: +41 22 730 5447
Факс: +41 22 730 5484

Африка

Эфиопия

Региональное отделение МСЭ
Gambia Road
Leghar Ethio Telecom Bldg., 3rd floor
P.O. Box 60 005
Addis Ababa
Ethiopia

Эл. почта: itu-ro-africa@itu.int
Тел.: +251 11 551 4977
Тел.: +251 11 551 4855
Тел.: +251 11 551 8328
Факс: +251 11 551 7299

Камерун

Зональное отделение МСЭ
Immeuble CAMPOST, 3^e étage
Boulevard du 20 mai
Boîte postale 11017
Yaoundé
Cameroun

Эл. почта: itu-yaounde@itu.int
Тел.: +237 22 22 9292
Тел.: +237 22 22 9291
Факс: +237 22 22 9297

Сенегал

Зональное отделение МСЭ
8, Route du Méridien Président
Immeuble Rokhaya, 3^e étage
Boîte postale 29471
Dakar – Yoff
Senegal

Эл. почта: itu-dakar@itu.int
Тел.: +221 33 859 7010
Тел.: +221 33 859 7021
Факс: +221 33 868 6386

Зимбабве

Зональное отделение МСЭ
USAF POTRAZ Building
877 Endeavour Crescent
Mount Pleasant Business Park
Harare
Zimbabwe

Эл. почта: itu-harare@itu.int
Тел.: +263 242 369015
Тел.: +263 242 369016

Северная и Южная Америка

Бразилия

Региональное отделение МСЭ
SAUS Quadra 6 Ed. Luis Eduardo
Magalhães
Bloco E, 10^o andar, Ala Sul
(Anatel)
CEP 70070-940 Brasilia – DF
Brazil

Эл. почта: itubrasilia@itu.int
Тел.: +55 61 2312 2730-1
Тел.: +55 61 2312 2733-5
Факс: +55 61 2312 2738

Барбадос

Зональное отделение МСЭ
United Nations House
Marine Gardens
Hastings, Christ Church
P.O. Box 1047
Bridgetown
Barbados

Эл. почта: itubridgetown@itu.int
Тел.: +1 246 431 0343
Факс: +1 246 437 7403

Чили

Зональное отделение МСЭ
Merced 753, Piso 4
Santiago de Chile
Chile

Эл. почта: itusantiago@itu.int
Тел.: +56 2 632 6134/6147
Факс: +56 2 632 6154

Гондурас

Зональное отделение МСЭ
Colonia Altos de Miramontes
Calle principal, Edificio No. 1583
Frente a Santos y Cía
Apartado Postal 976
Tegucigalpa
Honduras

Эл. почта: itutegucigalpa@itu.int
Тел.: +504 2235 5470
Факс: +504 2235 5471

Арабские государства

Египет

Региональное отделение МСЭ
Smart Village, Building B 147
3rd floor
Km 28 Cairo
Alexandria Desert Road
Giza Governorate
Cairo
Egypt

Эл. почта: itu-ro-arabstates@itu.int
Тел.: +202 3537 1777
Факс: +202 3537 1888

Азиатско-Тихоокеанский регион

Таиланд

Региональное отделение МСЭ
4th floor NBTC Region 1 Building
101 Chaengwattana Road
Laksi,
Bangkok 10210,
Thailand

Mailing address:
P.O. Box 178, Laksi Post Office
Laksi, Bangkok 10210
Thailand

Эл. почта: itu-ro-asiapacific@itu.int
Тел.: +66 2 574 9326 – 8
+66 2 575 0055

Индонезия

Зональное отделение МСЭ
Sapta Pesona Building
13th floor
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110
Indonesia

Эл. почта: itu-ro-asiapacific@itu.int
Тел.: +62 21 381 3572
Тел.: +62 21 380 2322/2324
Факс: +62 21 389 5521

Индия

**Зональное отделение и
Центр инноваций МСЭ**
C-DOT Campus
Mandi Road
Chhatarpur, Mehrauli
New Delhi 110030
India

Эл. почта: itu-ro-southasia@itu.int

СНГ

**Российская Федерация
Региональное отделение МСЭ**
4, Building 1
Sergiy Radonezhsky Str.
Moscow 105120
Russian Federation

Европа

Швейцария

Отделение для Европы МСЭ
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Международный союз электросвязи
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN: 978-92-61-35964-5



Опубликовано в Швейцарии
Женева, 2023 г.

Фотографии представлены: Adobe Stock