

Энерджинет

Национальная
технологическая
инициатива



Инфраструктурный центр EnergyNet

Новые рынки энергетических решений для Юго-Восточной Азии

Экспертно-аналитический доклад

МОСКВА 2019

IEA
БИБЛИОТЕКА

Инфраструктурный центр EnergyNet

Новые рынки энергетических решений для Юго-Восточной Азии

Экспертно-аналитический доклад

Под редакцией:

Дмитрий Холкин

Директор Инфраструктурного центра EnergyNet

Юрий Васильев

Исполнительный директор Института арктических технологий МФТИ,

Исполнительный директор Научно-технологического центра автономной
энергетики Института арктических технологий МФТИ

Авторский коллектив:

Владимир Сидорович

Руководитель аналитического направления Инфраструктурного центра EnergyNet

Игорь Чаусов

Ведущий эксперт Инфраструктурного центра EnergyNet

Оглавление

Основные выводы и рекомендации.....	4
Введение	6
Юго-Восточная Азия – привлекательный региональный рынок.....	7
Перспективные практики новой энергетики в Юго-Восточной Азии	12
Сингапур – ворота в Юго-Восточную Азию.....	24
Навстречу рынку: предложение и необходимые шаги России.....	33
Заключение	38
Приложение А. EnergyNet на полигоне REIDS в Сингапуре.....	40

Основные выводы и рекомендации

1. Юго-Восточная Азия – один из самых быстро растущих и привлекательных рынков для российских новых энергетических решений, создаваемых компаниями сообщества EnergyNet Национальной технологической инициативы. Годовой объем этого рынка **можно консервативно оценить в \$15 млрд в год**, основываясь на статистике инвестиций в проекты, связанные с новой энергетикой. Оптимистичная оценка рынка новых энергетических технологий на среднесрочную перспективу, основанная на потребности в инвестициях для массовой электрификации и обеспечении надежного электроснабжения в странах региона, **достигает \$60 млрд в год**.
2. Этот рынок **включает в себя все приоритетные для EnergyNet сегменты**: энергоснабжение удаленных и изолированных территорий, коммерческие и промышленные микрогриды, системы накопления электроэнергии, управление спросом, потребительские сервисы на основе распределенных реестров, цифровые сети, топливные элементы и водородную энергетику.
3. Самый мощный драйвер роста рынка энергетических решений для стран Юго-Восточной Азии – быстрый рост экономик и благосостояния стран, население которых массово не имеет доступа к надежному и бесперебойному электроснабжению. В среднем **экономики региона растут на 5,1% в год, электропотребление – на 5-7% в год**. При этом **125 млн человек все еще не имеют никакого доступа к электроснабжению**, и даже в электрифицированных районах этот доступ обеспечен в среднем лишь в течение $\frac{3}{4}$ суток. Такие условия можно считать уникальными: в регионе одновременно присутствуют и спрос на электрификацию, и факторы, делающие этот спрос платежеспособным.
4. Юго-Восточная Азия – **дружественный для России и российских компаний регион**. С 14 ноября 2018 года действует стратегическое партнерство Россия – АСЕАН. 1 октября 2019 года было подписано соглашение о создании зоны свободной торговли между ЕАЭС и Сингапуром – торговыми воротами региона. Многие страны Юго-Восточной Азии сохраняют геополитическую и экономическую ориентацию на Россию в силу своего исторического опыта.
5. Инфраструктурный центр EnergyNet совместно с Московским физико-техническим институтом (МФТИ) и несколькими технологическими компаниями уже предпринял первые шаги для выхода на рынки Юго-Восточной Азии. 16 мая 2019 года в Сингапуре **было подписано соглашение о сотрудничестве с Наньянским технологическим университетом (NTU)**, запускающее первый в своем роде пилотный проект по реализации элементов архитектуры Интернета энергии (IDEA) за рубежом. МФТИ и компании сообщества EnergyNet стали частью крупного

международного проекта REIDS по апробации новых технологий для эффективного энергоснабжения островных территорий. Кроме того, ведутся активные переговоры по участию в масштабной сингапурской программе развития энергосистемы Energy Grid 2.0 и ряде других проектов в регионе.

6. Сингапур занимает особое положение с точки зрения выхода на региональный рынок среди всех стран Юго-Восточной Азии. Это наиболее развитая, несмотря на территориальный масштаб страны, экономика региона и своеобразная витрина новых технологических практик для всех других стран региона. **Сингапур – финансово-технологическая «столица» Юго-Восточной Азии** – может стать центром экспортного распространения решений EnergyNet и восточным инновационным хабом для компаний сообщества EnergyNet.

7. Этот потенциал будет раскрыт Россией только при условии активных, инициативных и быстрых действий, некоторые из которых предлагаются в настоящем докладе:

- Разработать и испытать на полигоне в России комплексное технологическое решение по созданию микрогридов, ориентированное на применение в странах Юго-Восточной Азии;
- Осуществить трансфер и разворачивание этого комплексного решения – российского демонстрационного микрогрида – на полигоне REIDS в Сингапуре;
- Сложить кооперацию с местными, в первую очередь, сингапурскими исследовательскими и коммерческими структурами и принять вместе с ними участие в разработке и пилотировании новых энергетических решений для микрогридов в целях развития и лучшей кастомизации комплексного продукта, предлагаемого российским консорциумом;
- Осуществить масштабную коммерциализацию созданного комплексного решения в странах региона, в частности, за счет выхода на эти рынки в кооперации с сингапурскими партнерами.

Введение

Экспертно-аналитический доклад «Новые рынки энергетических решений для Юго-Восточной Азии: оценка возможностей, планирование действий» стоит особняком среди публикаций Инфраструктурного центра EnergyNet. Он посвящен не одному определенному технологическому направлению в энергетике, а практическим вопросам выхода российских компаний на рынок Юго-Восточной Азии с новыми энергетическими решениями.

В докладе мы предлагаем задуматься над следующими вопросами:

- Каков будет характер спроса на современные энергетические решения в условиях бурного экономического развития региона?
- Как этот спрос соотносится с технологическими и продуктовыми предложениями сообщества EnergyNet?
- Что необходимо делать российским бизнес-компаниям, чтобы занять лидерские позиции на этом растущем рынке?

Доклад адресован представителям как крупного российского бизнеса, ищущего новые возможности, ниши для внешней экспансии, так и технологическим компаниям, предлагающим новые технологии и продукты для разных секторов энергетического рынка, годные для тиражирования и применения в разных юрисдикциях. Он будет интересен широкому кругу читателей, интересующихся современными энергетическими практиками и вопросами их внедрения в странах с разным уровнем экономического и технологического развития, в частности, студентам и аспирантам.

Доклад подготовлен в рамках деятельности Рабочей группы EnergyNet и Инфраструктурного центра EnergyNet по созданию благоприятных условий для разработки высокотехнологичных продуктов и сервисов в сфере новой энергетики, а также по их продвижению в России и за рубежом.

Юго-Восточная Азия – привлекательный региональный рынок

Юго-Восточная Азия (ЮВА) — макрорегион, охватывающий континентальные и островные территории между Японией, Китаем, Индией и Австралией. ЮВА включает полуостров Индокитай и Малайский архипелаг, часть Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). К Юго-Восточной Азии относятся 11 стран: на континентальной части расположены Вьетнам, Камбоджа, Лаос, Мьянма, Таиланд, Малайзия, а на островной — Бруней, Восточный Тимор, Индонезия, Филиппины, Сингапур.

На территории ЮВА проживают примерно 650 млн человек, 9 % жителей Земли. Суммарный ВВП стран макрорегиона составляет около 2,6 трлн долларов США (в номинальном выражении).

Все страны ЮВА, за исключением Восточного Тимора, входят в Ассоциацию государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН).

С июля 1996 года Россия является полномасштабным партнёром по диалогу с АСЕАН. В ноябре 2018 года в Сингапуре состоялся 3-й саммит АСЕАН-Россия – с участием Президента Российской Федерации В. В. Путина – на котором было принято решение о повышении уровня отношений до стратегического партнерства.

Государства ЮВА в экономическом плане развиты крайне неравномерно (см. Рисунок 1):

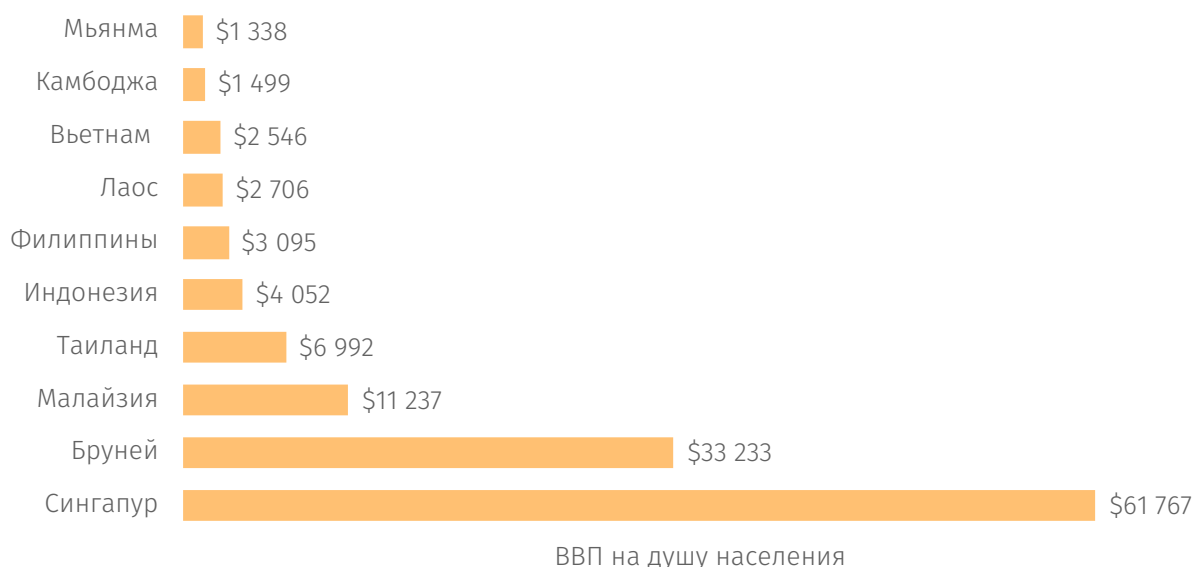


Рисунок 1 ВВП на душу населения в странах АСЕАН (доллары США; 2018)

Источник: МВФ

Сингапур и Бруней – богатые развитые страны. В число новых индустриализированных стран входят Индонезия (крупнейшая экономика ЮВА), Малайзия, Таиланд и Филиппины, к ним быстро подтягивается Вьетнам. Остальная часть Юго-Восточной Азии по-прежнему сильно зависит от сельского хозяйства, но Вьетнам заметно продвигается в развитии своих промышленных секторов. Регион, в частности, производит текстиль, электронные высокотехнологичные товары, такие как микропроцессоры, выпускает продукцию тяжелого машиностроения и т. д.

Институт экономики энергетики и финансового анализа и Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозируют, что к 2040 году экономика АСЕАН **утроится**, а население увеличится почти на 25 процентов¹.

По оценке Института экономических исследований АСЕАН и Восточной Азии, годовое конечное потребление энергии в макрорегионе может к 2040 году вырасти в несколько раз даже при консервативном сценарии (business-as-usual) развития²:

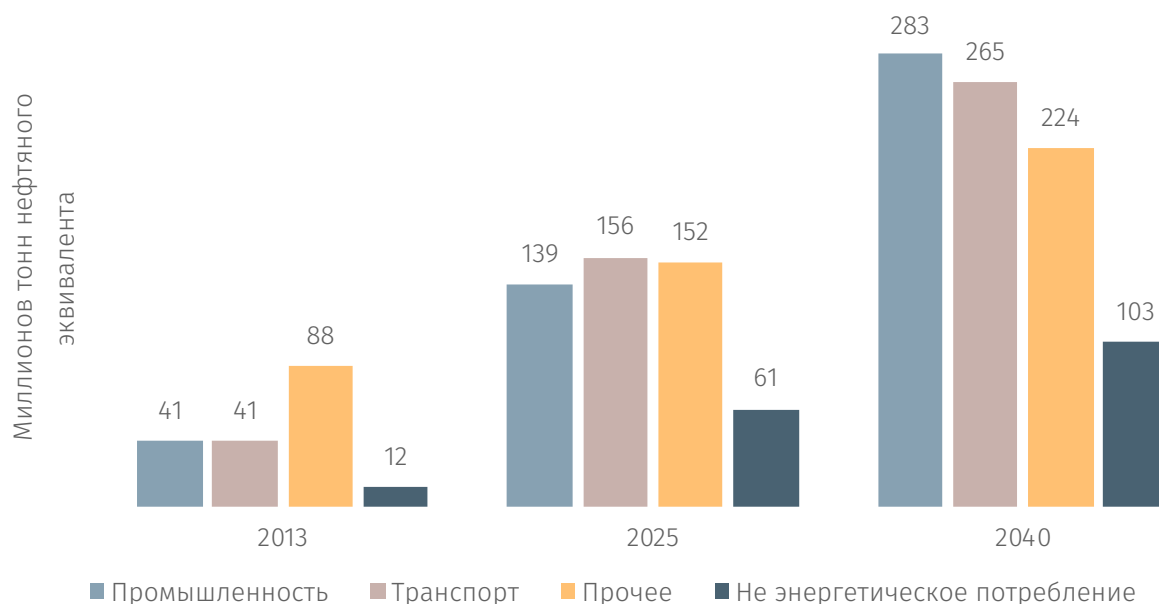


Рисунок 2 Конечное потребление энергии по секторам в странах АСЕАН (2013-2040)

Некоторые страны Юго-Восточной Азии отличает низкий уровень электрификации, особенно в сельских районах. В трёх странах – Индонезии, Мьянме и Филиппинах – суммарно более 100 млн сельских граждан не имеют доступа к электроэнергии (см. Рисунок 3):

¹ Black & Veatch 2018 Strategic Directions: Electric Report

² Distributed Energy System in Southeast Asia. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, 2018

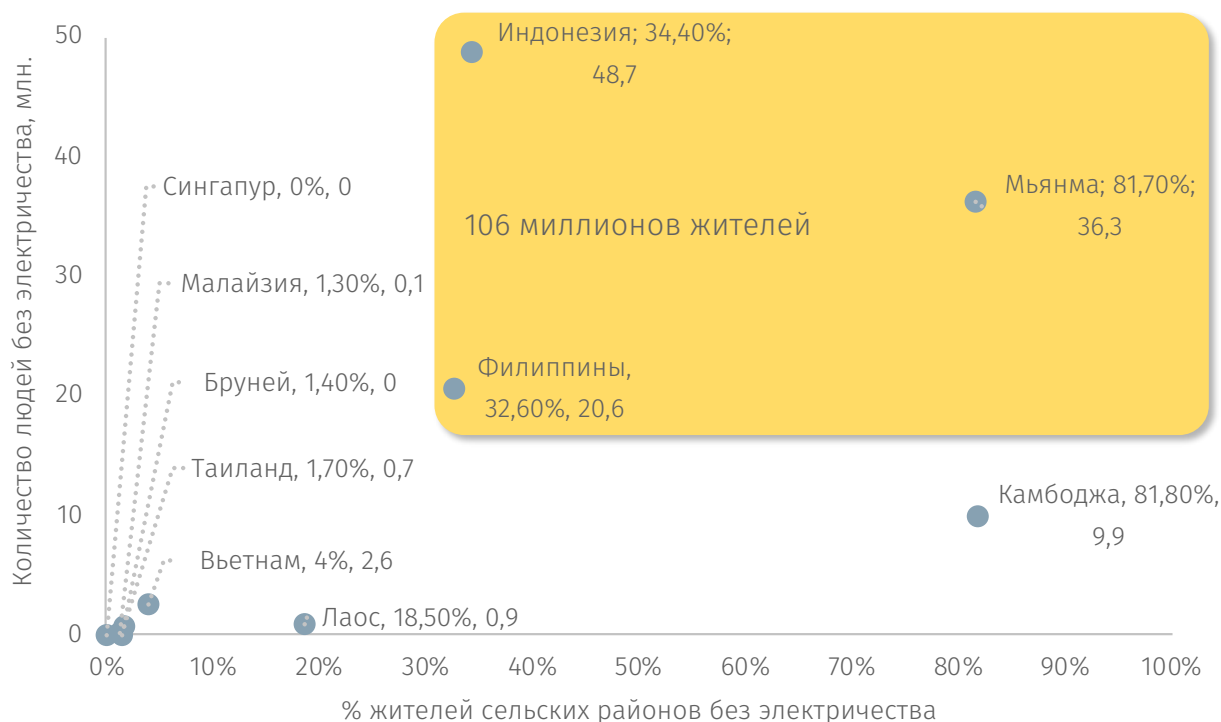


Рисунок 3 Электрификация сельских регионов в Юго-Восточной Азии

При этом потребление энергии в регионе быстро растёт – в последние годы на 5 – 7% в год³.

По оценке МЭА, установленная мощность электроэнергетики в ЮВА к 2040 году достигнет 565 ГВт. Основной прирост обеспечат возобновляемые источники энергии, но угольная генерация будет по-прежнему доминировать в выработке (40%). В то же время следует отметить, что прогнозы МЭА исторически недооценивают темп роста ВИЭ, а новые исследования свидетельствуют о повышенном риске инвестиций в угольную генерацию в странах региона по экономическим соображениям, даже без учета экологических и климатических факторов⁴.

Прогнозируется, что в Индонезии, крупнейшей экономике ЮВА и 4-й по населению стране мира, на которую сегодня приходится 36% потребления энергии в регионе, к 2040 году потребление электроэнергии утроится⁵.

Развертывание микросетей (microgrids) с интеграцией ВИЭ рассматривается всеми аналитиками в качестве одного из основных направлений дальнейшего развития энергетики региона. Это во многом обусловлено тем, что в состав территорий государств Юго-Восточной Азии входят десятки тысяч островов

³ <https://www.forbes.com/sites/riskmap/2018/08/20/seizing-opportunity-in-southeast-asias-energy-market/>

⁴ <https://www.carbontracker.org/reports/economic-and-financial-risks-of-coal-power-in-indonesia-vietnam-and-the-philippines/>

⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082618312559>

разного размера, для снабжения которых нецелесообразно «классическое» централизованное энергоснабжение от крупных электростанций. Например, в соответствии с данными Всемирного банка (2017), многие из 6000 населенных островов Индонезии обеспечиваются электроэнергией от дизельных генераторов, и лишь некоторые из них оснащены солнечными фотоэлектрическими системами, чтобы избежать использования дорогостоящего дизельного топлива⁶.

Сегодня ситуация смещается в сторону использования более чистых и совершенных способов энергоснабжения с помощью возобновляемых распределенных ресурсов и микросетей. Они, среди прочего, рассматриваются в качестве одного из ключевых средств обеспечения доступа к энергии для жителей региона, в котором примерно 125 миллионов человек живут без постоянного доступа к электроснабжению⁷. По оценке МЭА, полная электрификация Юго-Восточной Азии будет достигнута в 2030-х годах, и в период до 2040 года объём инвестиций в электроэнергетический сектор региона, направленных на расширение и модернизацию энергосистем, составит 1,2 трлн долларов США⁸.

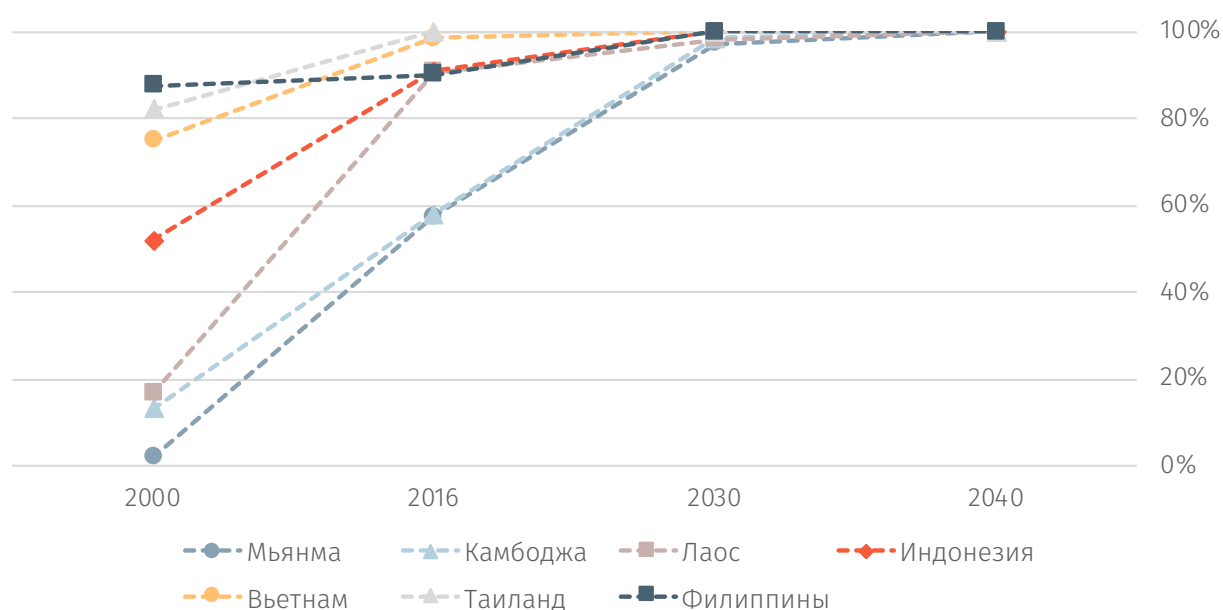


Рисунок 4 Доступ к электроэнергии в Юго-Восточной Азии (в процентах населения), 2000-2040

В недавно вышедшем докладе⁹ Института экономических исследований для АСЕАН и Восточной Азии (Economic Research Institute for ASEAN and East Asia) показано, что развитие распределенных энергетических систем идёт в регионе высокими темпами, и такие системы могут являться разумной, с технологической и

⁶ Black & Veatch 2018 Strategic Directions: Electric Report

⁷ <https://www.iea.org/southeastasia/>

⁸ <https://theaseanpost.com/article/investing-southeast-asias-electricity>

⁹ Distributed Energy System in Southeast Asia. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, 2018

экономической точек зрения, альтернативой строительству трансграничных магистральных сетей в странах АСЕАН.

Таким образом, Юго-Восточная Азия – быстрорастущая экономика, в которой формируется колоссальный спрос на современные энергетические решения.

Относительно высокие цены на электроэнергию (Таблица 1) обуславливают возможности экономически эффективной имплементации новых решений.

Таблица 1 Цены¹⁰ на электроэнергию для разных категорий потребителей в крупнейших экономиках АСЕАН

	Индонезия	Малайзия	Таиланд	Сингапур	Филиппины	Вьетнам
Домохозяйства	11,00	10,00	12,41	19,97	18,67	10,59
Малый и средний бизнес	11,00	13,58	11,00	14,30	12,23	13,44
Крупный бизнес	8,36	9,60	11,00	14,30	12,23	13,44
Малые и средние промышленные предприятия	8,36	8,29	8,36	13,05	11,69	7,81
Крупные промышленные предприятия	7,47	7,76	8,36	12,72	11,63	7,41

Сингапур является самой развитой страной Юго-Восточной Азии. Достаточно сказать, что ВВП на душу населения в стране в несколько десятков раз превосходит средний показатель по региону. Благодаря таким поразительным успехам в экономическом и инфраструктурном развитии Сингапур сегодня находится в фокусе внимания всех стран Юго-Восточной Азии и является своеобразным шоурумом экономических, технологических и социокультурных инноваций для региона. Это делает Сингапур – крупнейший центр торговли Юго-Восточной Азии – экспортными воротами в регион, в частности, и в сфере новой энергетики.

¹⁰ Курс: Rp 13,342/USD, данные 2018 года

Перспективные практики новой энергетики в Юго-Восточной Азии

Географическая специфика Юго-Восточной Азии – десятки тысяч островов – обуславливают колоссальный и особенный спрос на эффективные решения по энергоснабжению этих территорий.

Повышение доступности малой генерации, в том числе работающей на основе ВИЭ, а также интеллектуальных систем управления приводит к тому, что распределенные энергетические системы становятся одним из основных типов таких решений.

Правительства стран ЮВА осознают преимущество распределенной энергетики и стимулируют её развитие с помощью соответствующих программ.

Например, Сингапур готовится «ко все более децентрализованному энергетическому ландшафту»¹¹, как отмечают в Управлении энергетического рынка (ЕМА) страны.

Прогнозируется, что выработка электроэнергии автономными (off-grid) распределёнными энергетическими системами в странах АСЕАН к 2040 году может вырасти в 7,5 раз, в частности, на основе солнца, ветра и биомассы, почти в 20 раз¹²:

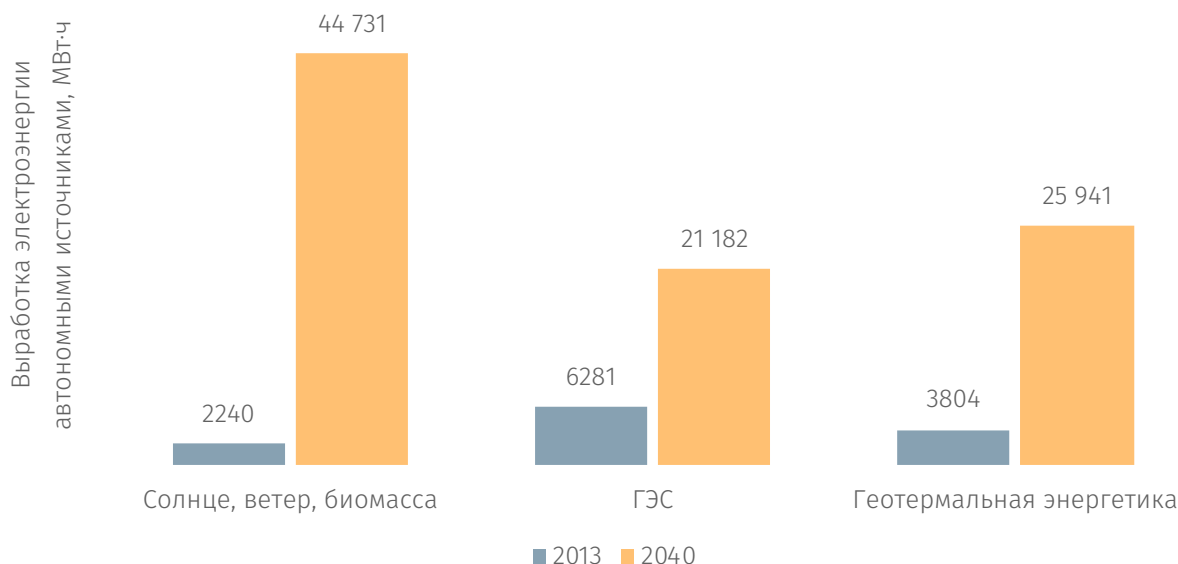


Рисунок 5 Выработка электроэнергии автономными (off-grid) распределёнными энергетическими системами в странах АСЕАН (МВт·ч)

Данные для 2040 года – прогноз в соответствии со сценарием альтернативной политики (APS)

¹¹ https://www.ema.gov.sg/Exploiting_Distributed_Generation_Programme.aspx

¹² Distributed Energy System in Southeast Asia. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, 2018, p. 20

Это обеспечит высокий спрос на новые энергетические технологии, обеспечивающие эффективное функционирование распределенных генерирующих систем.

Наш анализ рынков ЮВА показал, что в регионе существует колоссальный потенциал развития всех тех сегментов рынка, которые являются приоритетными для EnergyNet.

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ УДАЛЕННЫХ И ИЗОЛИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ / REMOTE MICROGRIDS

По оценке Института экономических исследований АСЕАН и Восточной Азии, инвестиции в распределенную генерацию на основе ВИЭ для автономных (off-grid) систем могут составить до 2040 года (накопленным итогом) от 34 до 56 млрд долларов США (см. Рисунок 6)¹³:

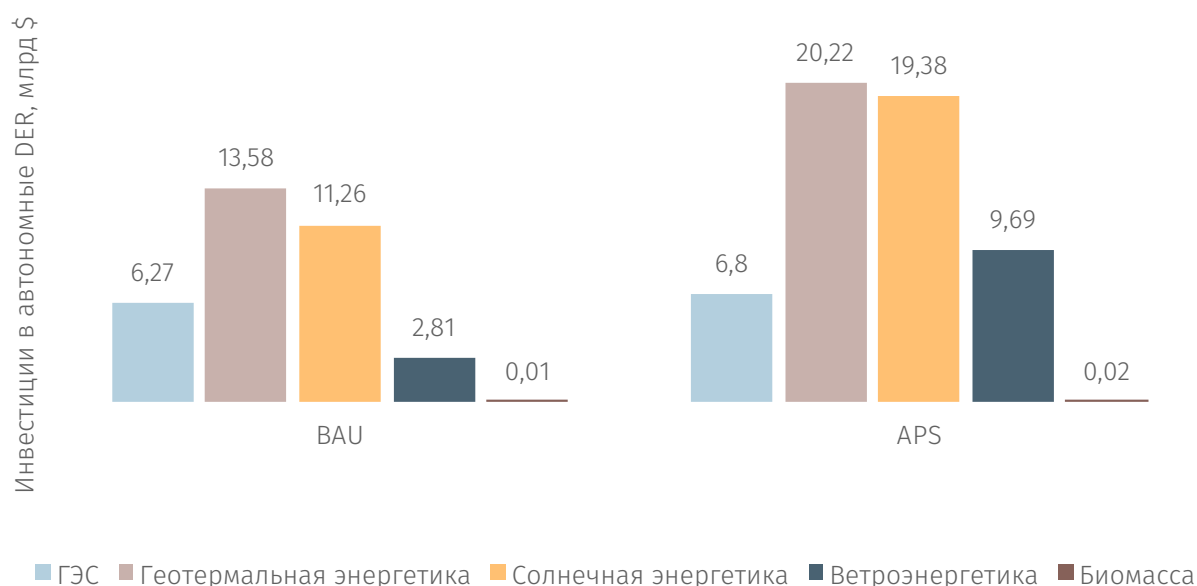


Рисунок 6 Прогноз инвестиций в распределенные автономные (off-grid) энергетические системы на основе ВИЭ в странах АСЕАН до 2040 года

В то время как в некоторых странах, таких как Таиланд, Малайзия и Вьетнам, больше внимания уделяется расширению «традиционного» энергетического хозяйства, другие страны, например, Мьянма, Индонезия и Филиппины, рассматривают удаленные микросети в качестве ключевого решения.

Из всех стран Юго-Восточной Азии Мьянма имеет самый высокий процент жителей, не имеющих доступа к электричеству (примерно 60%). Среди сельского населения электрифицированы всего 16% граждан¹⁴. Низкая плотность населения и

¹³ Distributed Energy System in Southeast Asia. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, 2018

¹⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219300104>

небольшие объемы потенциального энергопотребления обуславливают нецелесообразность строительства протяженных линий электропередачи.

По оценке Всемирного банка¹⁵, Мьянма занимает второе место в мире (!) по количеству мини-сетей (mini-grids), однако речь идёт о системах, в терминологии Банка, «первого и второго поколения», то есть простейших локальных сетях, питающихся от дизельной установки или небольшой гидроэлектростанции. Средний (медианный) размер мини-сети составляет всего 15 кВт.

Правительство стимулирует развитие микросетей и разрешает иностранным инвесторам на 100% владеть подобными проектами. Согласно докладу Tracking SDG7: The Energy Progress Report, Мьянма относится к числу стран мира с самой быстрой электрификацией¹⁶.

Многие проекты мини- и микро-сетей в Мьянме в последние годы связаны с распространением сотовой телефонной связи. Например, компания Yoma Micro Power привлекла 28 млн долларов США в виде долевого и заемного финансирования от Международной финансовой корпорации (МФК), норвежского инвестиционного фондом Norfund и сингапурской Yoma Strategic Holdings. Средства направлены на создание общинных микросетей, в которых якорными клиентами выступают вышки сотовой связи.

Индонезии принадлежит более 17 500 островов, и, разумеется, страна сталкивается с определенными географическими ограничениями, когда дело доходит до электрификации. В 2016 году правительство приняло программу «Яркая Индонезия», чтобы дать электричество последним 15% населения, не имеющим доступа к нему. В том же году Индонезия утвердила политику «Ускорения электрификации в сельских районах», в которой изложены правила развития удаленных микросетей. Иностранные инвестиции в данный сектор связаны с некоторыми ограничениями (иностранцы не могут владеть мелкими, до 1 МВт, проектами).

Большой рынок Индонезии привлекает крупные ТНК. Так, французская энергетическая корпорация Engie в 2017 году подписала три партнерских соглашения с индонезийскими компаниями Electric Vine, PT Arya Watala Capital и Sugar Group о разработке, совместном финансировании, эксплуатации и обслуживании удаленных микросетей на общую сумму 1,25 миллиарда долларов США в течение следующих 5 лет¹⁷.

¹⁵ Mini Grids for Half a Billion People: Market Outlook and Handbook for Decision Makers. Executive Summary. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Technical Report 014/19. Washington, DC: World Bank.

¹⁶ <https://trackingsdg7.esmap.org/>

¹⁷ <https://www.engie.com/wp-content/uploads/2017/03/press-release-engie-29-march-2017-indonesia.pdf>

Филиппинам принадлежит более, чем 7100 островов, и они имеют те же мотивы для развития удаленных микросетей, что и Индонезия. В стране поставлена амбициозная цель достичь 100% электрификации к 2022 году. Сегодня электрифицировано примерно 91% территорий. Правительство признает, что полная электрификация «не может быть достигнута только с помощью традиционного расширения сети, и поэтому требуются нетрадиционные средства, такие как микросети»¹⁸. По оценке Всемирного банка, на Филиппинах 7,7% населения уже обслуживается мини-сетями¹⁹.

Филиппины отличает относительно открытая нормативно-правовая среда, в которой правительство поддерживает прозрачные конкурсные процедуры, связанные с добавлением возобновляемых источников энергии на удаленные острова. Такие организации, как Альянс по электрификации сельских районов, активно поощряют приход иностранных компаний в страну, помогая стимулировать распространение микросетей посредством разъяснительной работы.

Сингапур является технологическим лидером, законодателем регуляторной моды, а также крупным инвестором в ЮВА в секторе microgrids.

Сингапурский технологический институт (SIT) в сотрудничестве с SP Group разрабатывает первую в Сингапуре экспериментальную городскую микросеть. Микросеть охватит девять зданий, будет в значительной степени автономной и сможет подключаться к системе и отключаться от неё по мере необходимости²⁰.

Сингапурская CleanGrid Partners создает портфель микросетевых проектов стоимостью 100 млн долларов США в ЮВА²¹. Первая микросеть CleanGrid строится в филиппинской провинции Палаван. В её составе – солнечная фотоэлектрическая система мощностью 1,4 МВт, четыре новых дизельных генератора общей мощностью 1,2 МВт и система накопления энергии литий-ионных батарей Tesla емкостью 2,4 МВт·ч.

В Сингапуре реализуется масштабный международный проект REIDS по апробации новых технологий для эффективного энергоснабжения островных территорий. В данном проекте участвуют компании EnergyNet, и мы подробно рассказываем о нём в Приложении № 1 к настоящему Докладу.

¹⁸ <https://www.pna.gov.ph/articles/1068999>

¹⁹ Mini Grids for Half a Billion People: Market Outlook and Handbook for Decision Makers.

Executive Summary. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Technical Report 014/19. Washington, DC: World Bank.

²⁰ https://www.ema.gov.sg/experimental_urban_micro-grid.aspx

²¹ <https://microgridknowledge.com/cleangrid-southeast-asia-microgrid/>

МИКРОГРИДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММЕРЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Значительная доля – до 50% - электропотребления стран Юго-Восточной Азии приходится на промышленных и коммерческих потребителей, что в условиях относительно высоких цен на электроэнергию порождает спрос на технологии и комплексные решения, позволяющие за счет собственных источников энергии и оптимизации спроса на электроэнергию и мощность снизить расходы на электроснабжение. Основным решением в этой сфере является создание микрогридов промышленных предприятий, присоединенных к сети, – аналогов активных энергетических комплексов (АЭК), предлагаемых к созданию в России.

Один из наиболее крупных проектов такого рода реализуется в сингапурском порту. Портовая инфраструктура Сингапура с 2012 года стабильно удерживает второе место в мире по грузообороту²², который в 2018 году достиг 14,8 млн TEU²³. Терминалы Пасир Панджанг (Pasir Panjang) – самые современные в составе сингапурского порта, управляемого глобальной компанией Port of Singapore Authority (PSA). Их строительство было начато в 1993 году, а первые причалы введены в строй в 1998 году. Сегодня мощность шести терминалов Пасир Панджанг составляет 35 млн TEU²⁴. Эксплуатация терминалов Пасир Панджанг будет осуществляться до 2040 года, когда предполагается полностью передать портовую функцию возводимому с 2015 года на намывных территориях порту Туас (Tuas Mega Port) мощностью до 65 млн TEU, ввод в эксплуатацию первой очереди которого ожидается в 2021 году²⁵.

В терминалах используются частично автоматизированные портовые краны с дистанционным управлением в рамках единой информационно-управляющей системы порта, а также 30 полностью автоматических контейнерных погрузчиков, 8 из которых – на гибридной и 22 – на полностью электрической (аккумуляторной) тяге²⁶. Осенью 2018 года было подписано соглашение между PSA, Национальным инновационным кластером по аддитивному производству (NAMIC) и компанией 3D MetalForge о создании первого в своем роде производства деталей и запасных частей для портовой инфраструктуры с использованием металлургических 3D-принтеров²⁷.

²² <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/top-50-world-container-ports>

²³ <https://www.singaporepsa.com>

²⁴ <https://seafarersrights.org/singapore-premier-opens-expanded-pasir-panjang-terminal/>

²⁵ <https://www.channelnewsasia.com/news/singapore/tuas-mega-port-mpa-open-phases-2021-11470784>

²⁶ <https://www.channelnewsasia.com/news/singapore/automated-quay-crane-system-on-trial-at-pasir-panjang-terminal-10554856>

²⁷ <https://www.globalpsa.com/3d-printing-facility-at-psas-pasir-panjang-terminal/>

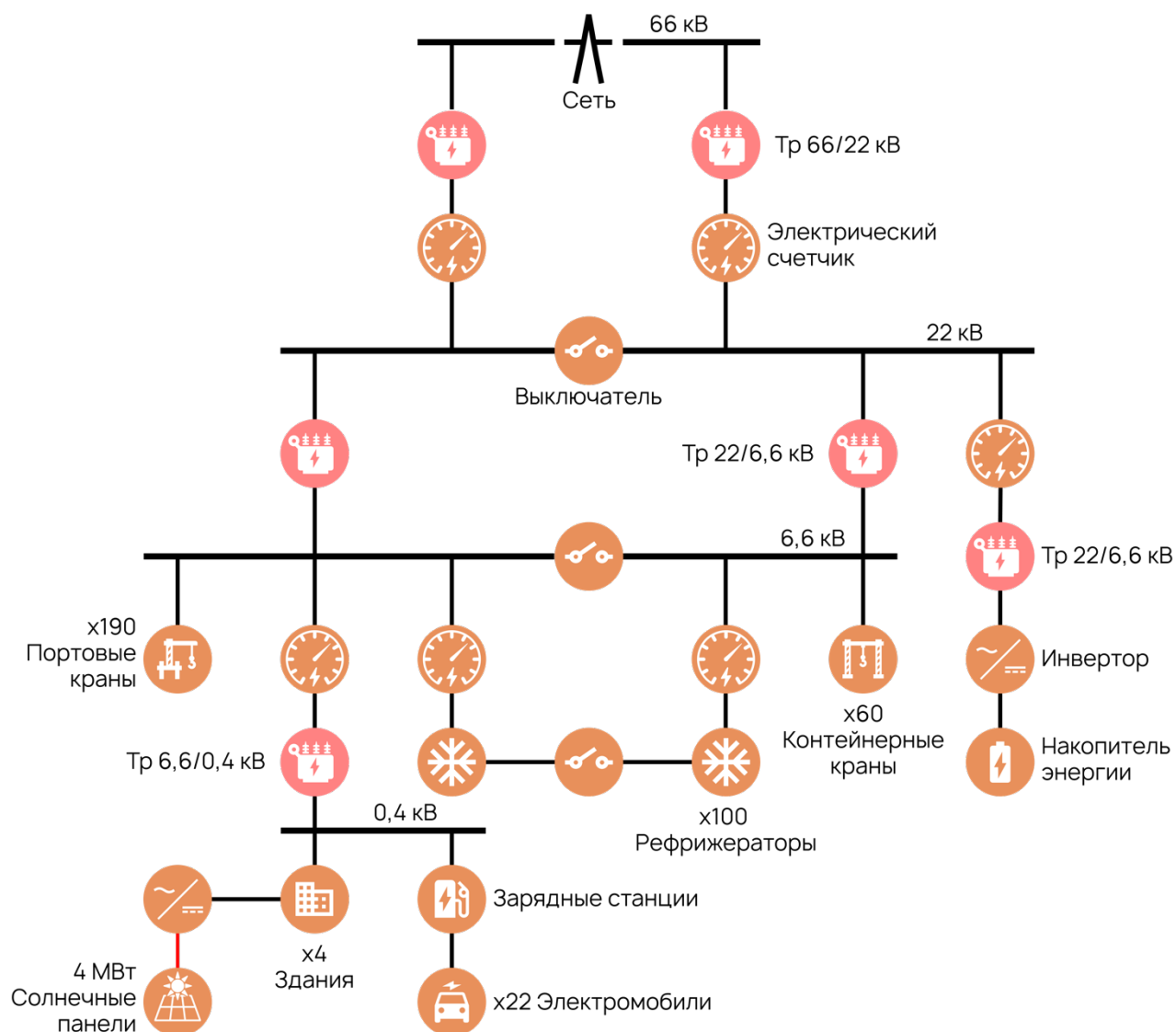


Рисунок 7 Схема электроэнергетической инфраструктуры сингапурского порта Pasir Panjang

Сингапурский энергетический регулятор EMA совместно с PSA запускают работы по комплексной модернизации энергетической инфраструктуры терминала Пасир Панджанг и, в связи с этим, – отбор компаний на выполнение R&D по темам развития энергетики терминала, нацеленной на повышение эффективности электроснабжения терминала и снижение вклада энергопотребления терминала в эмиссию парниковых газов²⁸.

Под реализацию гранта в составе терминалов Пасир Панджанг выделена тестовая площадка, в состав которой входят сетевые и генерирующие объекты – солнечные панели мощностью до 4 МВт. Нагрузки представлены 60 автоматизированными промышленными кранами мощностью до 3 МВА каждый, 190 козловыми контейнерными кранами мощностью до 1 МВА каждый и 100 рефрижераторными системами мощностью по 750 кВА каждая. Электропотребление терминала

²⁸ <https://worldmaritimenews.com/archives/277880/psa-eyes-smart-grid-technology-for-pasir-panjang-terminal/>

характеризуется высокой степенью неравномерности с базовым потреблением мощности 21 – 23 МВт и пиковым потреблением до 25 МВт. Присоединение двух систем накопления электроэнергии на основе аккумуляторных батарей (BESS) совокупной емкостью не менее 2 МВт·ч в рамках проекта предполагается осуществлять к сетям 6,6 кВ с размещением систем накопления электроэнергии в 20-футовых контейнерах.

Проект реконструкции системы электроснабжения порта и создание микрогрида нацелены на поиск двух основных типов решений:

1. Инновационные и экономически целесообразные решения по повышению надежности и эффективности электрических сетей, снижению потребности в присоединенной мощности и пикового потребления мощности, предиктивного мониторинга состояния и диагностики сбоев. Решение должно представлять собой единую (централизованную) систему управления сетью (SGMS). Решение должно быть по возможности основано на аналитике данных (big data), машинном обучении и применении искусственного интеллекта, обеспечивать удаленный мониторинг и контроль проблем в электрической сети, а также снижение времени устранения отказов и возобновления электроснабжения при инцидентах, предсказание потребления электроэнергии и мощности, интеграцию и управление распределенными энергетическими ресурсами, включая встроенные аккумуляторные системы накопления электроэнергии, в целях сглаживания пиков потребления, участия в регулировании частоты и оптимизации потоков мощности.
2. Инновационные и экономически целесообразные решения по проектированию и установке распределенных энергетических ресурсов, включая аккумуляторные системы накопления электроэнергии, а также управлению ими, для работы на энергетических рынках и оптимизации затрат на электроснабжение.

Но сингапурский порт – не единственный объект, на котором предполагается разворачивание присоединенного к сети микрогрида. В настоящее время в рамках проекта Energy Grid 2.0 Наньянский технологический университет (NTU) рассматривает возможность полностью децентрализованного управления сингапурской энергосистемой, в рамках которой эта энергосистема представляется сложной сетью микрогридов и отдельных просьюмеров с единым набором рынков, построенных на принципах транзакционной энергетики. Эти работы должны завершиться созданием распределенной системы управления энергетическими ресурсами (DERMS) уровня всего мегаполиса.

СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Развитие ВИЭ и быстрое распространение микросетей закономерно формируют спрос на системы накопления энергии (СНЭ) в Юго-Восточной Азии. Накопители всё чаще воспринимаются регуляторами и участниками рынка как полезная добавка к энергосистемам, позволяющая снизить объёмы «горячих» резервов и предоставляющая важные вспомогательные услуги. Соответственно, в регионе растёт государственная поддержка внедрения систем накопления энергии. Увеличивается число и масштабы пилотных проектов. В то же время, в разных странах пока остаются те или иные регуляторные неопределенности в данной сфере.

На Филиппинах такие компании, как AES, Solar Philippines и Manila Electric Co., находятся на продвинутой стадии разработки проектов в области хранения энергии. В 2016 году AES завершила строительство первой СНЭ в Юго-Восточной Азии и планирует построить на Филиппинах накопители суммарной мощностью до 250 МВт. Компания Solar Philippines в 2018 году ввела в эксплуатацию микросеть, в которой использована СНЭ (литий-ионные аккумуляторы) мощностью 2 МВт.

Индонезия – крупнейшая экономика региона – является потенциально гигантским рынком СНЭ. В краткосрочной перспективе речь будет идти в первую очередь о «гибридных системах» (солнце-накопитель), устанавливаемых в островных микросетях. Три первых проекта на островах Индонезии с накопителями энергии суммарной емкостью 2,1 МВт·ч были реализованы с участием французского девелопера Akuo Energy в июне прошлого года.

Развитие рынка накопителей энергии в Таиланде находится в начальной стадии. В то же время, по оценке консалтинговой компании Wood Mackenzie, к 2023 году в Таиланде, единственной стране не только в ЮВА, но и во всём Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР), приведенная стоимость электроэнергии (LCOE), выдаваемой комбинированными объектами (солнечная электростанция – СНЭ), будет ниже, чем оптовые цены на электроэнергию²⁹. Это будет способствовать быстрому распространению данной технологии в стране.

Сингапурская программа применения систем накопления электроэнергии³⁰ построена на идее снятия регуляторных барьеров и поддержки пилотных проектов, которые должны показать эффективность применения накопителей. С октября 2017 года реализуются два таких проекта: CW Group устанавливает накопитель на основе редокс-ванадиевой технологии, Red Dot Power – на основе литий-ионной. Оба

²⁹ <https://www.pv-magazine.com/2019/05/14/pvstorage-opportunity-looms-in-asia-pacific-region-woodmac/>

³⁰ Energy Storage Systems for Singapore. Policy Paper. – EMA, 2018.

накопителя работают в качестве элементов тест-беда по отработке технологии интеграции систем накопления электроэнергии в энергосистему Сингапура.

Системы накопления электроэнергии мощностью более 100 кВт в настоящее время допущены на все сегменты энергетического рынка Сингапура как самостоятельные игроки: они могут торговать электроэнергией на оптовом рынке, играя на суточной разнице цен, могут торговать системными услугами (участвовать в регулировании), предоставлять услугу резервирования мощности как на разгрузку, так и на загрузку, использоваться во всех перечисленных ранее моделях управления спросом.

Сегодня в Сингапуре также реализуется программа ускорения внедрения систем накопления энергии Accelerating Energy Storage for Singapore (ACCESS)³¹. Программа направлена на то, чтобы стимулировать внедрение накопителей и способствовать таким образом росту числа солнечных фотоэлектрических установок. Кроме того, она также призвана помочь сформировать возможности для использования накопителей в различных узлах энергосистемы.

УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ (DEMAND RESPONSE)

В большинстве стран ЮВА внедрение практик управления спросом зафиксировано в планах развития энергетики и пока находится на ранних стадиях реализации. Однако Сингапур является ведущим, передовым рынком по управлению спросом в Юго-Восточной Азии.

По нашим оценкам, несмотря на то, что рынок управления спросом и электропотреблением в Сингапуре – молодой, и соответствующие практики были введены в конструкцию рынка недавно, этот рынок одновременно – один из самых интересных в мире, поскольку он предлагает большое количество моделей включения ресурсов конечных потребителей в повышение эффективности и надежности работы энергосистемы. Одновременно действуют несколько программ, участие в которых для конечных потребителей обеспечивают, как правило, агрегаторы – в основном, энергосбытовые компании.

Программа управления конечным электропотреблением (DSM) предполагает различные тарифные стимулы для потребителей, мотивирующие их снижать потребление в пиковые часы и заботиться о собственной энергоэффективности. В рамках программы поддерживается проведение энергоаудита, применение автоматических систем управления «умными» зданиями, снижение потребления в часы пиковых нагрузок на энергосистему и применение систем накопления электроэнергии. Эта программа создает дополнительные стимулы для работы конечных потребителей с агрегаторами управления спросом.

³¹ <https://www.ema.gov.sg/ACCESS.aspx>

Собственно, программа управления спросом (DR), нацеленная на снижение цен на оптовом рынке, рассчитана на привлечение на рынок агрегаторов – посредников, продающих услугу по управлению спросом сингапурскому системному оператору и выстраивающих работу с конечными потребителями, чтобы обеспечить управление их потреблением. Впрочем, участвовать в программе могут и сами потребители, если они способны снижать потребляемую мощность хотя бы на 100 кВт.

По правилам рынка управления спросом, участник программы получает плату за непотребленную им или его клиентами электроэнергию в размере трети от достигнутого на оптовом рынке снижения цены. Это означает, что если за счет снижения спроса, например, на 25 МВт·ч в расчетный период цена снизилась на \$10 за МВт·ч, а общее потребление в этот же период составило 1500 МВт·ч, то общая экономия составит \$15000, треть от нее – \$5000, а каждый агрегатор или потребитель получит по \$200 за каждый МВт·ч, который он или его клиенты не потребили.

Наиболее показательного успеха в роли агрегатора управления спросом сразу после появления рыночных возможностей по управлению спросом достигла компания Red Dot Power, создавшая виртуальную электростанцию (VPP) мощностью 40 МВт за счет управления вентиляцией и лифтами в Marina Bay Sands, централизованным кондиционированием (чиллерами) в зданиях Keppel DHCS и Tang Plaza, а также дугowymi печами металлургического завода NatSteel.

Отдельная часть рынка управления спросом – поддержка проектов установки солнечной генерации для собственного обеспечения, позволяющих снизить дневное потребление из сети, как правило, формирующее основной системный пик, связанный с работой кондиционеров в самую жаркую и одновременно самую солнечную часть дня. Поддерживается даже использование резервных дизель-генераторов в наиболее пиковые часы.

Оригинальная модель на рынке управления спросом – привлечение конечных потребителей к обеспечению системной надежности и регулированию частоты. С 2004 года предоставление аварийного резерва, вводимого за 10 минут после команды системного оператора, может осуществляться не только генераторами, но и конечными потребителями. С 2016 года конечные потребители могут также предоставлять свою нагрузку для обеспечения первичного и вторичного, включаемого в контур диспетчерского управления системного оператора, на общих основаниях с генерацией. Кроме того, к участию на этом сегменте рынка допускаются агрегаторы. Такие конечные потребители и их агрегаторы, участвующие в работе рынка резервирования и системных услуг, носят название

отключаемой нагрузки (IL). Потребители розничного рынка могут участвовать одновременно в сервисах управления спросом (DR) и отключаемой по запросу нагрузки (IL), предоставляя системе двойную помощь и получая двойную выгоду.

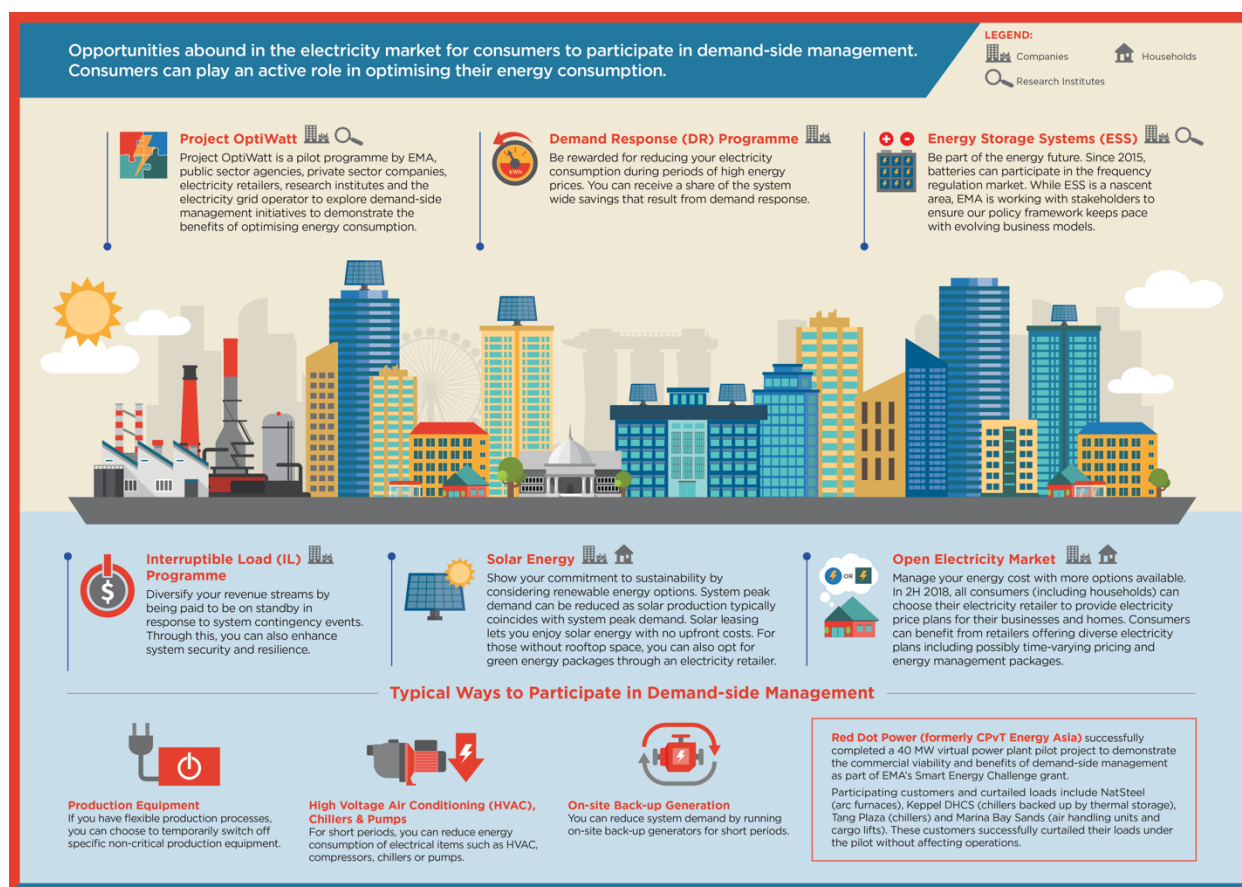


Рисунок 8 Программа управления спросом в Сингапуре

Сегодня в Сингапуре реализуется проект «Optiwatt» (2016–2020 годы), «пилот» по изучению осуществимости практик управления спросом в стране. В 2017 году было агрегировано 0,1% от пикового потребления мощности, в число агрегированных ресурсов управления спросом вошли коммерческие и промышленные клиенты, работающие по схеме прерываемой нагрузки (аварийное управление спросом). В настоящее время разница пиковых и непиковых цен на электроэнергию в стране недостаточно велика, чтобы стимулировать потребителей к участию в управлении спросом. Ожидается, что с увеличением распределенной солнечной кровельной генерации и открытием розничного рынка для нагрузок менее 2 кВт рынок управления спросом по схеме прерываемой нагрузки, вероятно, составит 0,8% от пикового потребления мощности к концу 2020 года³² и 15% от пиковой мощности солнечных панелей.

³² <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/is-the-asia-pacific-region-demand-response-ready-2/>

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СЕРВИСЫ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ (БЛОКЧЕЙН) В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

Технологии распределенных реестров приобрели значительную популярность в Юго-Восточной Азии, и многие правительства в регионе уже осознали перспективы интеграции этой технологии в бизнес и государственный сектор. Например, по словам главы Банка Таиланда, Veerathai Santiprabhob, использование таких технологий, как блокчейн, «может помочь защитить финансовую информацию и уменьшить количество и масштабы мошеннических действий»³³.

В большинстве стран ЮВА реализуются пилотные проекты в области распределенных реестров, однако в энергетическом секторе эти проекты пока концентрируются главным образом в Сингапуре.

Сингапурская компания Electrify со своим продуктом Energy Marketplace входит в первую десятку лучших блокчейн-стартапов Юго-Восточной Азии³⁴.

Проект Electrify предполагает расширение действующего бизнеса на розничном рынке электроэнергии и создание единой платформы децентрализованного розничного рынка электроэнергии.

Существующая бизнес-модель ELECTRIFY Marketplace будет преобразована в ELECTRIFY Marketplace 2.0 с учетом использования токена ELEC. Marketplace 2.0 предоставит бытовым потребителям возможность оценивать, определять и покупать электроэнергию у розничного продавца или малых (децентрализованных) производителей энергии с применением технологии распределенных реестров и реализацией smart-контрактов.

Synergy, P2P-платформа, размещенная в Marketplace 2.0, соединит множество мелких производителей и потребителей энергии, обеспечит определенность цен и исключит посредника. Новая торговая площадка ELECTRIFY 2.0 будет представлена также в форме веб-платформы и платформы для мобильных устройств, что позволит потребителям упростить доступ ко всем услугам ELECTRIFY. Потребители смогут покупать электроэнергию у розничных продавцов электроэнергии или напрямую у своих соседей (просьюмеров), исключая посредников.

В планах компании – выход на рынки Юго-Восточной Азии в 2019 г. с новой моделью розничного электроэнергетического рынка.

Доходы Electrify составляют 10 миллионов долларов в год от проведения транзакций с 60 ГВт-ч электроэнергии.

³³ <https://theaseanpost.com/article/blockchain-gaining-ground-southeast-asia>

³⁴ <https://www.cio.com/article/3293259/innovative-blockchain-startups-in-southeast-asia.html>

В Сингапуре основан первый рынок по торговле сертификатами на возобновляемую энергию посредством технологии Blockchain, в котором предусмотрены одноранговые (peer-to-peer) торговые операции³⁵. Её создателем является SP Group – сингапурский оператор электросетевого комплекса.

Активность в плане применения технологии распределенных реестров в электроэнергетической отрасли наблюдается еще в одной стране ЮВА – Таиланде. Одним из лидеров в данной области является компания BCPG, которая недавно объявила о заключении соглашения с австралийской компанией Power Ledger в части создания платформы взаимной торговли электроэнергией, вырабатываемой возобновляемыми источниками. Реализация платформы будет заключаться в создании микрорайона, состоящего из многоэтажных жилых домов, на крышах которых будут установлены солнечные панели общей мощностью 12 мВт. Используя платформу Power Ledger, владельцы зданий смогут торговать возобновляемой энергией от солнечных панелей при помощи автономного финансового урегулирования, которое будет обеспечено с помощью безопасного банковского интерфейса.

Результаты работы данной платформы будут закреплены разработкой мобильного приложения. Мобильное приложение позволит участникам рынка проводить операции купли-продажи электрической энергии без участия компании по управлению производством электроэнергии и сбытовых компаний.

В результате нашего исследования мы пришли к выводу, что быстрорастущий энергетический рынок Юго-Восточной Азии включает в себя все технологические сегменты, приоритетные для EnergyNet. Финансовая и технологическая «столица» региона Сингапур может рассматриваться в качестве стартовой площадки и инновационного хаба для компаний сообщества EnergyNet, оптимально подходящего для выхода российских компаний на рынки новых энергетических практик ЮВА.

Сингапур – ворота в Юго-Восточную Азию

Сингапур является не только самой богатой страной ЮВА, но одним из самых развитых государств мира. Высокий уровень промышленно-технологического развития обуславливает его лидерство во всех описанных практиках новой энергетики.

Сингапур может рассматриваться в качестве технологического и демонстрационного центра передовых энергетических решений, на который во

³⁵ <https://www.pv-magazine.com/2018/11/12/singapore-launches-blockchain-based-renewable-energy-marketplace/>

многим ориентируются все другие страны Юго-Восточной Азии, да и Азиатско-Тихоокеанского региона в целом.

Инфраструктурный центр EnergyNet совместно с МФТИ и технологическими партнёрами уже начал сотрудничество с Сингапуром. Мы участвуем в крупном международном проекте REIDS по апробации новых технологий для эффективного энергоснабжения островных территорий (Приложение № 1). Взаимодействие с сингапурской стороной убедило нас, что наработки EnergyNet вызывают интерес и могут быть применимы в Сингапуре и на других рынках ЮВА.

ЭКОНОМИКА СИНГАПУРА

Сингапур, не обладая богатыми ископаемыми ресурсами и занимая всего лишь 176-е место в мире по территории и 113-е место – по численности населения (5,6 млн человек), в то же время удерживает одно из лидирующих положений в мировой экономике. Это подтверждается его показателями в рейтинге ВВП стран мира (по данным МВФ на 2018 год³⁶):

- 34-е место в мире по размеру ВВП в номинальном выражении;
- 8-е место в мире по ВВП на душу населения в номинальном выражении;
- **3-е место по ВВП на душу населения по ППС** (вслед за нефтяной монархией Катаром, и финансовым оазисом Люксембургом).

В 1965 году, когда Сингапур стал независимым государством, он был лишь 40-м в мире по ВВП на душу населения по ППС³⁷.

Сейчас по рейтингу экономической свободы Сингапур занимает второе³⁸, по индексу человеческого развития – девятое место в мире³⁹.

В соответствии с Индексом восприятия коррупции, Сингапур относится к числу наименее коррумпированных стран (3 место в мире⁴⁰).

На сегодняшний день крупнейшей отраслью Сингапура является обрабатывающий сектор, на который приходится 20-25% годового ВВП страны. Ключевые отраслевые кластеры сингапурского производства включают электронику, химию, биомедицину, логистику и транспортное машиностроение.

Следующими по величине вклада в ВВП секторами являются оптовая и розничная торговля, финансовые и деловые услуги.

³⁶ <https://www.imf.org/external/datamapper>

³⁷ <https://data.worldbank.org>

³⁸ <https://www.heritage.org/index/>

³⁹ Human Development Indices and Indicators. Statistical Update. – UN, New-York. 2018

⁴⁰ <https://transparency.org.ru/research/indeks-vospriyatiya-korrupsii>

Сингапур – крупнейший транспортный узел региона. Более 400 морских грузовых линий связывают Сингапур с 600 портами в 123 странах мира. На доходы от морской индустрии приходится 7% экономики города-государства. Сингапурский морской регистр – в десятке крупнейших в мире: под флагом Республики ходят более 4,7 тыс. судов водоизмещением 88 млн брутто регистровых тонн.

Сельское хозяйство практически не развито. Почти все продукты питания импортируются, около половины потребностей в питьевой воде обеспечивается импортом из Малайзии.

Государственные предприятия играют существенную роль в экономике Сингапура. Суверенный фонд благосостояния Temasek Holdings владеет контрольными пакетами акций нескольких крупнейших национальных компаний, таких как Singapore Airlines, SingTel, ST Engineering и MediaCorp. Экономика Сингапура является одним из главных источников финансирования прямых иностранных инвестиций в мире. Сингапур также извлекает выгоду из притока прямых иностранных инвестиций от глобальных инвесторов и учреждений благодаря его чрезвычайно привлекательному инвестиционному климату и стабильной политической среде.

В Сингапуре расположен головной офис Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС), форума, участником которого является и Россия.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР СИНГАПУРА

Не имея своих запасов полезных ископаемых, Сингапур зависит от импортных поставок ресурсов.

Почти 95% импортируемого энергетического сырья приходится на нефтепродукты и сырую нефть. При этом, за счет диверсификации поставок углеводородов, Сингапур практически не зависит от соседних стран и отношений с ними. Ситуация скорее обратная: практически весь регион зависит от поставок нефтепродуктов из Сингапура – крупнейшего в Юго-Восточной Азии центра нефтепереработки, размещенной на островах Джуронг и Букум. Сингапур добился в этой сфере удивительных успехов, заняв 4-е место в мире по экспорту нефтепродуктов⁴¹. Более половины импортируемых Сингапуром сырой нефти и нефтепродуктов затем экспортируется с добавленной стоимостью.

Установленная мощность электроэнергетики Сингапура по итогам 2018 года составила 13 614 МВт⁴².

Сингапур практически исключил нефтепродукты из производства электроэнергии, и в 2018 году 95% электричества было выработано на основе природного газа,

⁴¹ <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/267rank.html>

⁴² Smart Energy Sustainable Future. Energy Market Authority Annual Report 2017/18. – ЕМА, 2019

главным образом на эффективных установках комбинированного парогазового цикла.

Небольшой процент электроэнергии вырабатывается мусоросжигательными заводами (waste-to-energy), их установленная мощность составляет 256,8 МВт.

Установленная мощность фотоэлектрической солнечной генерации растёт, и по итогам 1 квартала 2018 года составила 114,8 МВт⁴³, тогда как в 2014 году она составляла 25,5 МВт.

Всю электроэнергию Сингапур вырабатывает на своей территории и не зависит от её импорта.

В настоящее время на электроэнергетическом рынке Сингапура торгуется только один товар – электрическая энергия. Рынок электроэнергии имеет двухуровневую конструкцию: существуют оптовый и розничный сегменты рынка. Отдельным сегментом является рынок резервирования, или рынок системных услуг по предоставлению резервов первичного, вторичного и аварийного регулирования энергосистемы.

Несмотря на компактные размеры государства и его энергетики, в Сингапуре действуют семь так называемых «основных производителей электроэнергии» (MPP), которым принадлежит 95% установленной мощности. Остальные пять процентов, порядка 680 МВт, приходятся на «автономных производителей» (Autoproducers).

В рамках проектов по изучению новых вариантов энергоснабжения и повышению энергетической безопасности Сингапур проводил предварительную технико-экономическую оценку применения решений ядерной энергетики, по результатам которой сделан вывод, что имеющиеся в настоящее время технологии пока не подходят для их развертывания в Сингапуре.

⁴³ Renewable Energy Market Analysis. South-East Asia. – IRENA, 2018

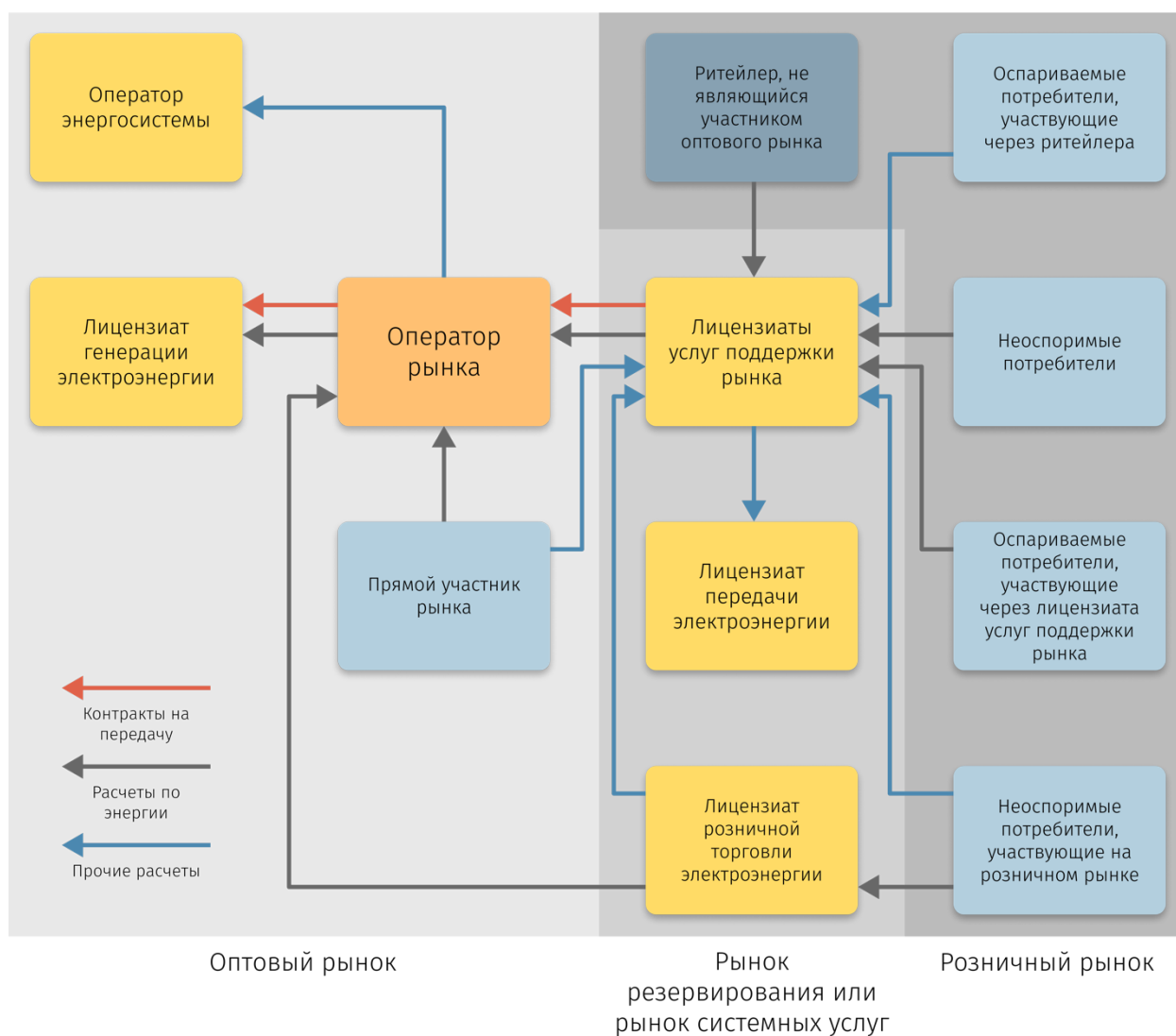


Рисунок 9 Схема национального энергетического рынка Сингапура⁴⁴

Небольшая площадь государства и географические условия на его территории обуславливают **ограниченные возможности развития возобновляемых источников энергии:**

- Отсутствует ветровой потенциал для развития наземной ветроэнергетики;
- Отсутствуют геотермальные источники энергии;
- В силу высокой плотности населения и нехватки земли отсутствуют возможности для выращивания биомассы.

Высокое среднегодовое солнечное излучение в Сингапуре, составляющее около 1500 кВт·ч/м², делает солнечную фотоэлектрическую энергетику наиболее подходящим возобновляемым источником энергии. Однако и в этом направлении существуют препятствия, такие как ограниченность земельных ресурсов для размещения крупных солнечных электростанций и затенение от высотной застройки. Тем не менее, Сингапур стремится увеличить использование солнечной

⁴⁴ Источник: Introduction to the National Electricity Market of Singapore, October 2010

энергии до 350 МВт к 2020 году. К 2030 году возобновляемая энергия может обеспечивать до 8% пикового спроса на электроэнергию в стране.

Сингапур инвестирует в исследования и разработки, а также в эксперименты и тесты, направленные на улучшение производительности солнечных фотоэлектрических систем и разработку инновационных способов их интеграции в городскую среду. В частности, действуют инициатива Совета по жилищному строительству и развитию (HDB) по установке солнечных панелей на крышах многоэтажных жилых зданий, а также проект Совета по экономическому развитию (EDB) и Национального агентства по водным ресурсам (PUB) по созданию пилотных проектов плавающих фотоэлектрических систем на водоемах Сингапура.

РЕГУЛЯТОРНЫЕ «ПЕСОЧНИЦЫ»

Бывшая британская колония, Сингапур старается следить за лучшими практиками англо-саксонского мира в сфере стимулирования и поддержки инноваций и не отставать от бывшей метрополии в плане их реализации. Одной из наиболее интересных практик такого рода, во многом близкой по замыслу работе EnergyNet, является создание «регуляторных песочниц». Эту практику Сингапур вводит вслед за успешным опытом британского регулятора Ofgem с 2017 года.

Суть механизма «регуляторных песочниц» состоит во временном предоставлении особого нормативно-правового режима для коммерческих компаний и консорциумов, которые в ходе развития новой энергетической практики столкнулись с барьерами в законодательстве и предлагают внести изменения в это законодательство, открывающие рынок для новой практики. При этом механизм может распространяться на любые новые энергетические практики и любые регуляторные изменения, необходимость и эффективность которых будет доказана за время нормативного пилотирования заявителем.

«Регуляторная песочница» работает следующим образом. Компания-заявитель обращается с запросом на создание «песочницы» в сингапурский энергетический регулятор ЕМА. Это запускает первую стадию работы, – стадию подачи заявки, на которой ЕМА обязан по запросу заявителя вступить с ним в переписку для уточнения и совместной проработки параметров заявки. У ЕМА есть 30 дней на то, чтобы принять или обоснованно отклонить заявку. Если заявка принята, стартует вторая стадия – оценка предложения. На ней заявитель и куратор, выделенный от ЕМА, детально прорабатывают параметры «песочницы», в первую очередь, проект изменений в нормативно-правовые акты. После успешного прохождения этой стадии запускается собственно регуляторный эксперимент, в ходе которого заявитель получает особый правовой статус и режим деятельности, но несет обязательства по разворачиванию заявленной новой практики и предоставлению

информации о ней в ЕМА, выполняющей функции наблюдения и контроля. Заявитель может существенно изменять конструкцию новой практики, например, бизнес-модели, если за месяц до реализации изменений известит об этом ЕМА. Результаты работы всех «песочниц» публикуются для общего доступа. Если работа «песочницы» признается ЕМА успешной, то соответствующие изменения в нормативно-правовые акты вносятся на постоянной основе.

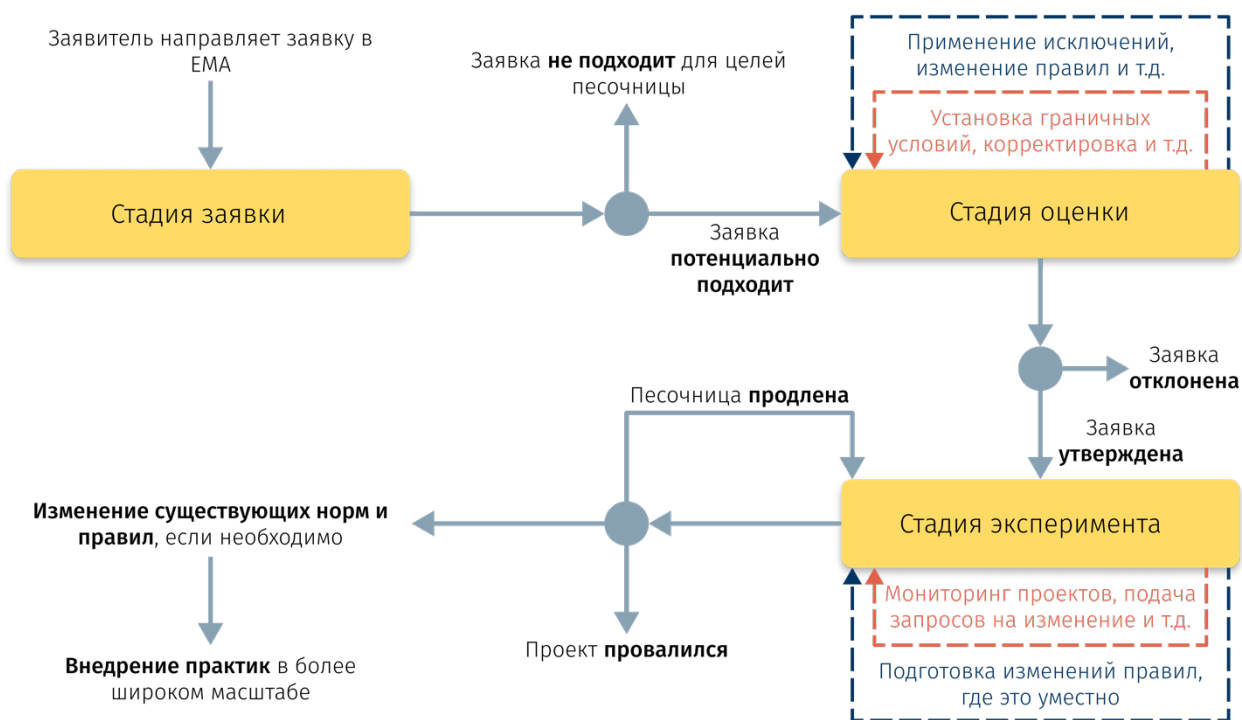


Рисунок 10 Механизм «регуляторных песочниц» в Сингапуре

Для получения статуса «регуляторной песочницы» новая практика должна отвечать следующим универсальным критериям:

- практика должна быть направлена на решение проблем или получение выгоды конечным потребителем или энергосистемой в целом;
- разворачивание практики должно требовать изменений в действующих правилах;
- практика должна использовать инновационные технологии и продукты;
- должна существовать стратегия перехода к новым правилам;
- должны быть разработаны однозначно описанные сценарии тестирования новых правил в условиях «песочницы»;
- должны быть заданы процедуры мониторинга и оценки результативности тестирования новых правил в условиях «песочницы»;
- должны быть учтены возможные риски нормативно-правовых изменений и найдены пути их преодоления;

- о должны быть определены условия масштабирования новой практики и имплементации новых правил в масштабе Сингапура.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РЫНКА СИНГАПУРА

Энергосистема Сингапура, одного из крупнейших мегаполисов в Азии, уникальным образом сочетает в себе крупный центр энергопотребления и близость источников энергии к конечным потребителям, обусловленную чрезвычайной локализацией всей энергосистемы в небольшом географическом пространстве. Это в значительной степени сближает централизованную генерацию и распределенные источники энергии, доля которых в энергосистеме неуклонно растет. Открывается перспектива рассматривать энергосистему Сингапура в качестве кластера микрогридов, в котором централизованная генерация, отвечающая за устойчивость системы и базовое энергоснабжение, сочетается с множеством потребителей с собственной генерацией, а также с распределенными источниками энергии, подключенными к распределительным сетям, и предоставляющими возможности оптимизации энергоснабжения и ресурс гибкости для энергосистемы. Такой взгляд на энергосистему Сингапура отражен в запущенной в марте 2019 года программе Energy Grid 2.0⁴⁵ под управлением Национального исследовательского фонда (NRF), Агентством по управлению энергетикой (EMA) и ряда других ведомств. Программа является частью национального пятилетнего Плана по исследованиям, инновациям и предпринимательству с совокупным финансированием 14 миллиардов долларов США.

Программа предполагает широкий круг мероприятий, направленных на создание в Сингапуре адаптивных к интеграции новых распределенных источников энергии электрических сетей, существенное увеличение доли самих распределенных источников энергии, а также значительный рост доли активных потребителей с интеллектуально управляемой нагрузкой за счет создания новых рыночных механизмов и автоматических торговых площадок, вовлекающих ресурсы конечных потребителей в управление энергосистемой и оптимизацию ее работы. Уникальность программы в том, что она предполагает создание единой системы рыночного управления не только электроэнергетическими ресурсами, но также распределением и потреблением газа, тепловой энергии и охлаждения, по существу, реализуя мультиинфраструктурный подход.

⁴⁵ <https://www.opengovasia.com/rie2020-plan-singapore-government-embarking-on-efforts-to-build-next-generation-intelligent-grid-2-0/>

В целях реализации программы сформированы два консорциума в составе крупнейших исследовательских университетов и промышленных компаний Сингапура⁴⁶:

- Консорциум по интеллектуальной энергетике и силовой электронике (SPECS), целью которого является разработка и адаптация силовой преобразовательной техники, в частности, твердотельных трансформаторов (SST) для применения в сингапурской энергосистеме и электрических сетях;
- Сингапурский консорциум по науке и технологиям в сфере охлаждения (CoolestSG), целью которого является создание и внедрение современных технологических решений по энергоэффективному кондиционированию, холодильным установкам и их использованию в качестве источника гибкости для балансирования энергосистемы.

Оба консорциума получили от NRF и EMA финансирование под проекты в размере 6,5 миллионов долларов США на срок до ноября 2021 года.

На текущем этапе программы с марта до октября 2019 года происходит формирование экспертных фокус-групп и проведение экспертных интервью для определения приоритетных целей программы и выбора технологических решений и подходов, которые будут поддержаны в рамках программы.

Одной из важных целей программы, в реализации которой существенную роль играет Наньянский технологический университет (NTU), является создание единой системы управления всеми распределенными энергетическими ресурсами Сингапура (DERMS). Это система должна осуществлять одновременно рыночное и технологическое управление интеграцией и использованием таких ресурсов в рамках энергетики страны. Она будет основана на представлении Сингапура в качестве кластера множества микрогридов, активно торгующих друг с другом.

⁴⁶ <https://www.nrf.gov.sg/docs/default-source/modules/pressrelease/press-release---two-new-energy-consortia.pdf>

Навстречу рынку: предложение и необходимые шаги России

РОССИЙСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

Проанализированные в этом докладе особенности энергетики и энергетических рынков стран Юго-Восточной Азии формируют специфический спрос на новые энергетические решения в регионе с относительно высокими ценами на электроэнергию, но стремительно растущими электропотреблением, урбанизацией и потребностью в электрификации. Это должны быть решения, позволяющие обеспечить дешевое, масштабируемое и тиражируемое энергоснабжение потребителей в условиях, с одной стороны, существенной территориальной децентрализации, даже изолированности центров потребления и отсутствия крупных единых энергосистем при наличии, с другой стороны, существенного потенциала местных и возобновляемых источников энергии.

Российским ответом на этот рыночный вызов и предложением для энергетик стран Юго-Восточной Азии должно стать платформенное решение по созданию plug&play-масштабируемых микрогридов, основанное на архитектуре Интернета энергии (IDEA). Суть решения состоит в легкой сборке автономных (remote) или подключаемых к распределительным сетям микрогридов из источников энергии и гибкости, наиболее подходящих по географии, масштабу и типу потребителей. В таких микрогридах будет беспрепятственно обеспечиваться plug&play-присоединение новых источников энергии и гибкости, которое позволит масштабировать их при росте электропотребления и числа потребителей.

Архитектурно-технологической основой таких микрогридов выступает сочетание следующих основных компонентов:

1. Трансакционной платформы, обеспечивающей возможность децентрализованной мультиагентной экономической оптимизации использования источников энергии и распределения электроэнергии, в частности, при помощи рыночных механизмов и p2p-энергообмена;
2. Киберфизической платформы и цифровых интерфейсов, обеспечивающих информационную интеграцию источников энергии, активных потребителей и их управляемого оборудования;
3. Набора управляемых силовых интерфейсов для интеграции распределенных источников энергии и устройств, обеспечивающих автоматическое децентрализованное управление балансом и перетоками мощности.

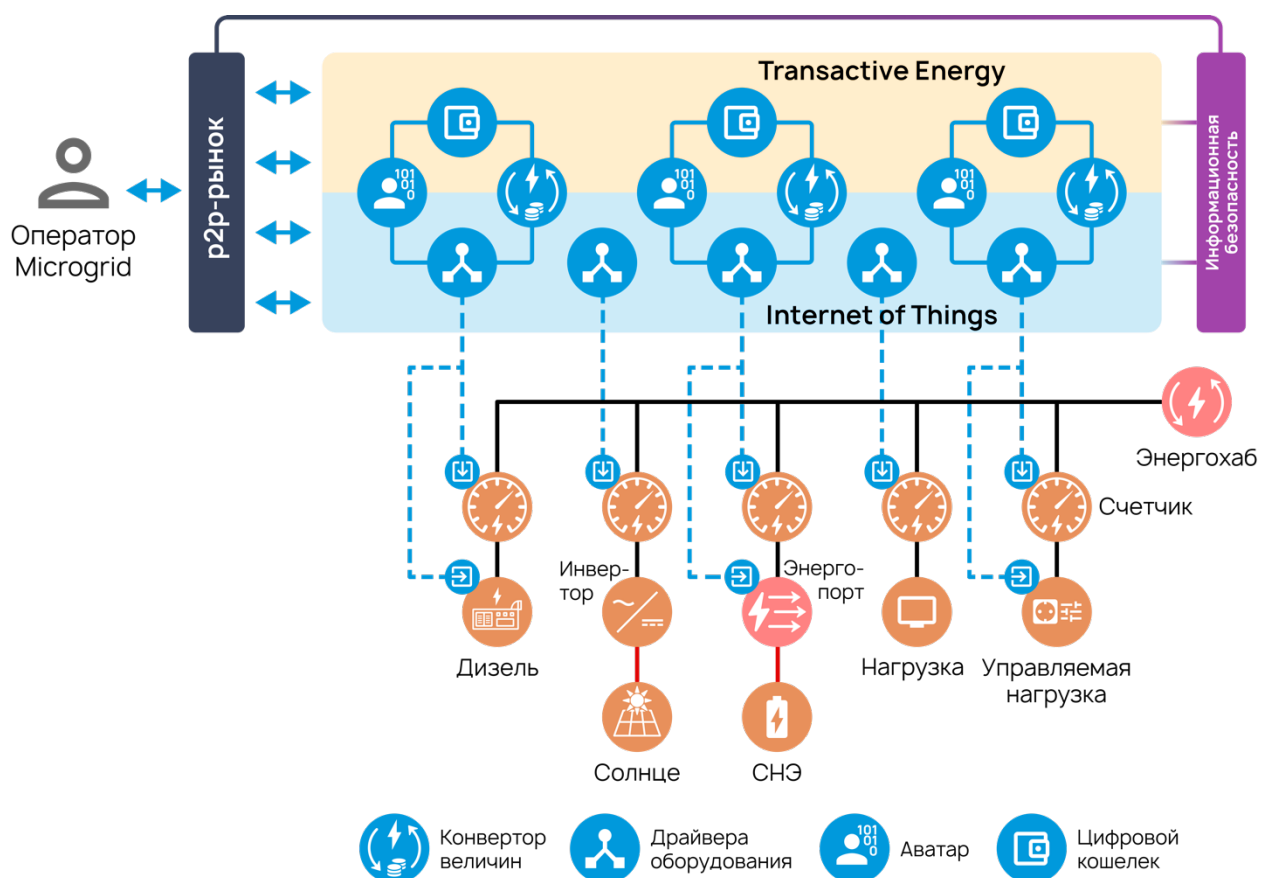


Рисунок 11 Архитектура автономной (островной) микросети (remote microgrid) в подходе IDEA

На наш взгляд, электрификация и развитие энергетик стран региона будет происходить не в направлении создания крупных централизованных энергосистем, требующих долгосрочного планирования и значительных, в первую очередь, государственных инвестиций, но за счет формирования своего рода mash-сетей или кластеров практически автономных микрогридов, которые, по мере тиражирования этой практики энергоснабжения на все большее число потребителей и населенных пунктов, окажутся связанными распределительными сетями в целях появления дополнительных возможностей торговли, взаимной оптимизации и обеспечения гибкости. Поэтому микрогриды с возможностью plug&play-масштабирования – наиболее подходящее для массового развития энергетики региона решение.

При этом лучшим полигоном для апробации и демонстрации описанного решения является сингапурский полигон REIDS. REIDS – крупный международный проект, основная цель которого – в условиях, максимально приближенных к реальным – опробовать различные комплексные решения для создания «островных», автономных микрогридов, включающих генерацию на основе ВИЭ. Среди партнеров проекта, создающих свои микрогриды, такие крупные игроки

глобального технологического рынка, как EDF, Engie, Rolls Royce, Schneider Electric, General Electric и десятки других компаний.

Российский микрогрид, демонстрирующий возможности архитектуры Интернета энергии (IDEA) в рамках REIDS, может быть создан при условии формирования технологического консорциума компаний, предоставляющих свои технические решения. Этот микрогрид будет действующим демонстрационным образцом российских технологий для покупателей из Юго-Восточной Азии.

В настоящее время Инфраструктурный центр EnergyNet начал формирование такого консорциума, уже обладающего решениями в области транзакционных платформ, силовой преобразовательной техники для децентрализованного управления балансов и перетоками мощности, систем оптимального управления источниками энергии в микрогридах, использования управления спросом как источника гибкости. Инфраструктурный центр EnergyNet приглашает присоединиться к этому консорциуму российские технологические компании, обладающие технологическими компетенциями в следующих сферах:

- Системы ветрогенерации с мощностями до 100 кВт, в том числе рассчитанные на низкие и средние скорости ветра;
- Системы солнечной генерации электроэнергии с высоким КПД;
- Системы накопления электроэнергии с высокими допустимыми зарядными и разрядными токами;
- Производственные мощности и компонентная база для массового производства силовых электронных компонент микрогридов;
- Программные решения для p2p-рынков, торговые площадки с пользовательскими интерфейсами;
- Сети постоянного тока;
- Топливные элементы и технологии накопления энергии в водородном цикле.

В ЮГО-ВОСТОЧНУЮ АЗИЮ ЧЕРЕЗ СИНГАПУР: ЧЕТЫРЕ НЕОБХОДИМЫХ ШАГА

Сингапур может стать для российских технологических компаний воротами на быстро растущие энергетические рынки Юго-Восточной Азии. Для этого российский технологический консорциум должен предпринять ряд важных шагов:

1. Разработать и испытать на полигоне в России комплексное технологическое решение по созданию микрогридов, ориентированное на применение в странах Юго-Восточной Азии.

2. Осуществить трансфер и разворачивание этого комплексного решения – российского демонстрационного микрогрида – на полигоне REIDS в Сингапуре.
3. Сложить кооперацию с местными, в первую очередь, сингапурскими исследовательскими и коммерческими структурами и принять вместе с ними участие в разработке и пилотировании новых энергетических решений для микрогридов в целях развития и лучшей кастомизации комплексного продукта, предлагаемого российским консорциумом.
4. Осуществить масштабную коммерциализацию созданного комплексного решения в странах региона, в частности, за счет выхода на эти рынки в кооперации с сингапурскими партнерами.

Инфраструктурный центр EnergyNet совместно с Московским физико-техническим институтом уже начал осуществление некоторых из них:

1. Разворачивание на полигоне REIDS элементов архитектуры Интернета энергии – транзакционную платформы и EMS – и проведение переговоров о расширении участия российских компаний в работе REIDS;
2. Проведение переговоров с Наньянским технологическим институтом (NTU) о создании в его составе лаборатории EnergyNet для реализации НИОКР в рамках программы Energy Grid 2.0.

Успех коммерциализации отечественных энергетических решений на рынках Юго-Восточной Азии будет во многом зависеть от появления на них единого российского игрока – интегратора готовых решений «под ключ». К его функциям относятся следующие направления деятельности:

- Обеспечение участия российских компаний и научных центров в демонстрационных проектах в сфере инновационной энергетики в кооперации с местным бизнесом и университетами, в частности, с привлечением механизмов грантового финансирования;
- Обеспечение успешного участия российских компаний в тендерах и реализации контрактов сингапурских частных и государственных заказчиков в сфере энергетики и «умных городов», в частности, в кооперации с сингапурским бизнесом;
- Осуществление тиражирования и масштабирования российских комплексных решений во всем регионе Юго-Восточной Азии по доступным каналам.

Принципиальное значение будет иметь поддержка этой инициативы со стороны крупного российского бизнеса, который может взять на себя роль такого

коммерческого представителя и интегратора комплексных решений EnergyNet в регионе.

Ближайшей задачей должно стать более детальное исследование требований рынка энергетических решений в Юго-Восточной Азии, подготовка аналитики для разработки продуктовых стратегий и предложение конкретных шагов по выходу на рынок Юго-Восточной Азии. Инфраструктурный центр EnergyNet планирует провести исследование стратегий продвижения на рынок новых энергетических решений и практик в Юго-Восточной Азии в 2020 году и приглашает заинтересованные организации к сотрудничеству.

Заключение

В начале доклада был поставлен ряд вопросов. По итогам проведенного аналитического исследования мы даем на них следующие ответы.

Каков будет характер спроса на современные энергетические решения в условиях бурного экономического развития региона?

Можно уверенно говорить о том, что это должны быть решения, позволяющие обеспечить дешевое, масштабируемое и тиражируемое энергоснабжение потребителей в условиях, с одной стороны, существенной территориальной децентрализации, даже изолированности центров потребления и отсутствия крупных единых энергосистем при наличии, с другой стороны, существенного потенциала местных и возобновляемых источников энергии. На фоне стремительно растущего электропотребления, продолжающейся урбанизации стран региона, масштабных потребностей в электрификации объем рынка таких решений может составить \$15 млрд в год (\$60 млрд в год в среднесрочной перспективе).

Как этот спрос соотносится с технологическими и продуктовыми предложениями сообщества EnergyNet?

В Юго-Восточной Азии будут широко востребованы следующие бизнес-практики, базирующиеся на новых технологиях: энергоснабжение удаленных и изолированных территорий, коммерческие и промышленные микрогриды, системы накопления электроэнергии, управление спросом, потребительские сервисы на основе распределенных реестров, цифровые сети, топливные элементы и водородная энергетика. По всем этим направлениям в России в рамках EnergyNet ведется разработка технологий, продуктов и сервисов. Более того, в рамках НТИ разработан новый архитектурный подход к организации распределенных энергетических систем (Internet of Distributed of Energy Architecture), который прошел верификацию у сингапурских специалистов и вызвал большой интерес в части практического применения в рамках совместных проектов в регионе.

Что необходимо делать российским бизнес-компаниям, чтобы занять лидерские позиции на этом растущем рынке?

Базовым российским предложением для энергосистем стран Юго-Восточной Азии может стать платформенное решение по созданию plug&play - масштабируемых микрогридов (микросетей), основанных на архитектуре IDEA. Суть решения - в легкой сборке автономных (remote) или подключаемых к распределительным сетям микрогридов из источников энергии и гибкости, наиболее подходящих к конкретным условиям места размещения.

Российские компании сообщества EnergyNet уже участвуют в крупном международном проекте REIDS в Сингапуре по апробации новых технологий для эффективного энергоснабжения островных территорий. На этой базе следующим шагом является формирование мощного технологического консорциума российских участников для разработки промышленных решений и их масштабной коммерциализации в странах Юго-Восточной Азии.

Приложение А. EnergyNet на полигоне REIDS в Сингапуре

REIDS – крупный международный проект, основная цель которого – апробировать в условиях, максимально приближенных к реальным, различные комплексные решения для создания «островных», автономных микрогридов, включающих генерацию на основе ВИЭ. Среди партнеров проекта, создающих свои микрогриды, такие крупные игроки глобального технологического рынка, как EDF, Engie, Rolls Royce, Schneider Electric, General Electric и десятки других компаний. Самая интересная особенность полигона – то, что в рамках него все уже работающие и создаваемые микрогриды, а также оборудование общего пользования (SAS), принадлежащее Наньянскому технологическому университету (NTU), будут связаны единой сетью 6,6/0,4 кВ в кластер микрогридов, которые могут обмениваться электроэнергией друг с другом. Это делает полигон чрезвычайно интересным с точки зрения реализации на нем архитектуры Интернета энергии: есть возможность опробовать энергетические транзакции между всеми микрогридами и оборудованием общего пользования, а также полностью децентрализованное управление такой транзакционной энергосистемой.

Демонстрационный полигон REIDS – это шоурум лучших мировых решений для автономного электроснабжения, ориентированных на рынок всей Юго-Восточной Азии.



Рисунок 12 Вид на полигон REIDS
Фотография IC ENERGYNET

Первым автономным микрогридом на острове стала система энергоснабжения цеха перегрузки шлака, развернутая еще до старта проекта REIDS в интересах реального потребителя. Эта автономная система, обслуживающая нагрузку примерно 250 кВт днем и 180 кВт ночью, включает 400 кВт крышных солнечных панелей, накопители электроэнергии на 200 кВт·ч и два дизельных генератора по 500 кВт.

Кроме того, уже установлено оборудование общего доступа (SAS) в составе двух дизельных генераторов по 50 кВА, солнечных панелей на 400 кВт, управляемой имитационной нагрузки мощностью 350 кВА с программируемым профилем и регулируемой реактивной составляющей. В ближайшее время появится накопитель энергии мощностью 100 кВт на 180 кВт·ч.

Engie в кооперации со Schneider Electric и MuRata практически завершил строительство микрогрида с ветрогенератором мощностью 100 кВт, солнечными панелями на 200 кВт, тремя дизельными генераторами на 200 кВт суммарной мощности и накопителем энергии от MuRata мощностью 100 кВт и емкостью 200 кВт·ч, а также системой накопления энергии в водородном цикле с электролизером и топливным элементом мощностью по 50 кВт каждый и возможностью заправки водородных автомобилей. EDF разворачивает свой микрогрид под задачу демонстрации возможностей технологии V2G в условиях автономного электроснабжения. Предполагается, что постепенно будут развернуты все восемь проектов микросетей.

Управление всеми перечисленными мощностями осуществляется из единого диспетчерского центра – REIDS Hub – предоставляющего также доступ к использованию оборудования общего доступа партнерам проекта по расписанию. Этот диспетчерский центр сам является микрогридом, в котором оборудование питается от солнечных панелей на 37 кВт и двух накопителей энергии: литий-ионного на 31 кВт·ч и свинцово-кислотного на 77 кВт·ч.

Планы компаний EnergyNet на острове на первом этапе включают разворачивание до конца года транзакционной платформы Onder, которая свяжет потоки учетных и расчетных данных от всех имеющихся единиц оборудования общего пользования (SAS) и системы энергоснабжения цеха перегрузки шлака, а также установку системы оптимального управления (EMS) от АО «РТСофт» (на базе решения AMIGO), которая будет согласованно управлять оборудованием общего пользования.

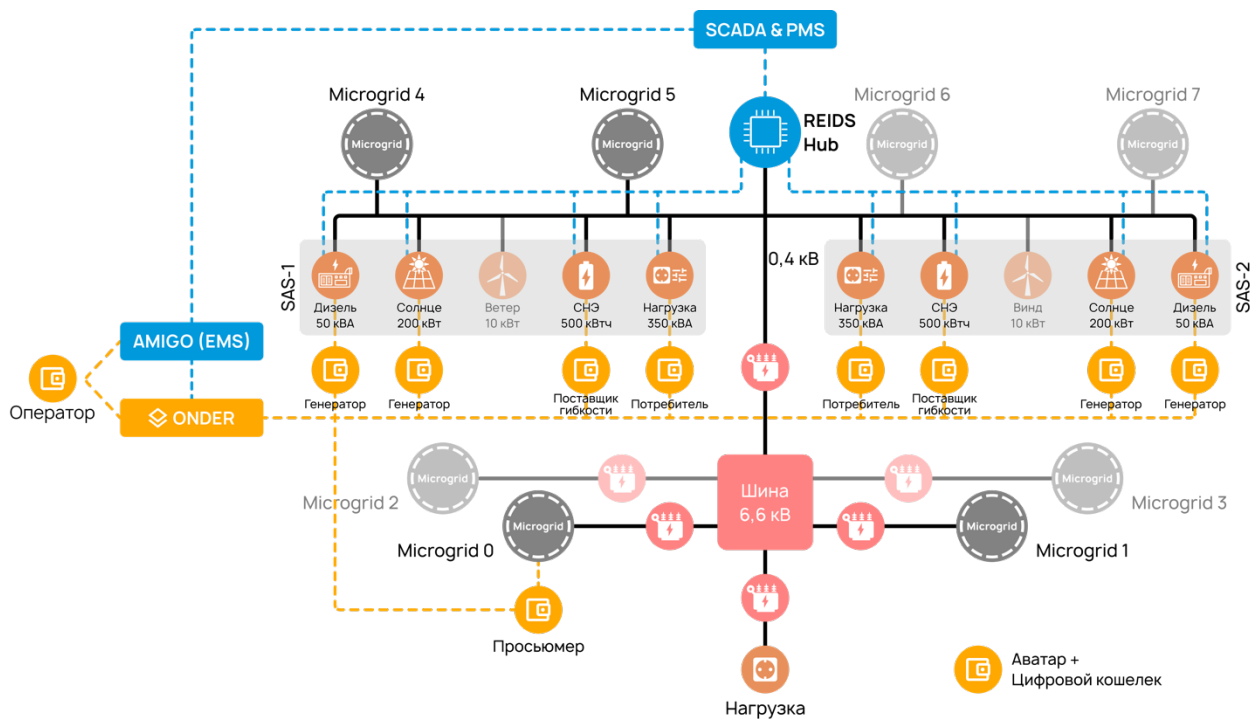


Рисунок 13 Первый этап реализации элементов архитектуры IDEA на полигоне REIDS: разворачивается транзакционная платформа ONDER и EMS AMIGO

Эти решения на следующих этапах будут дополнены другими элементами Интернета энергии – собственным IoT, а также оборудованием для децентрализованного управления режимом (энергетический порт, хаб и роутер), разрабатываемым в МФТИ.

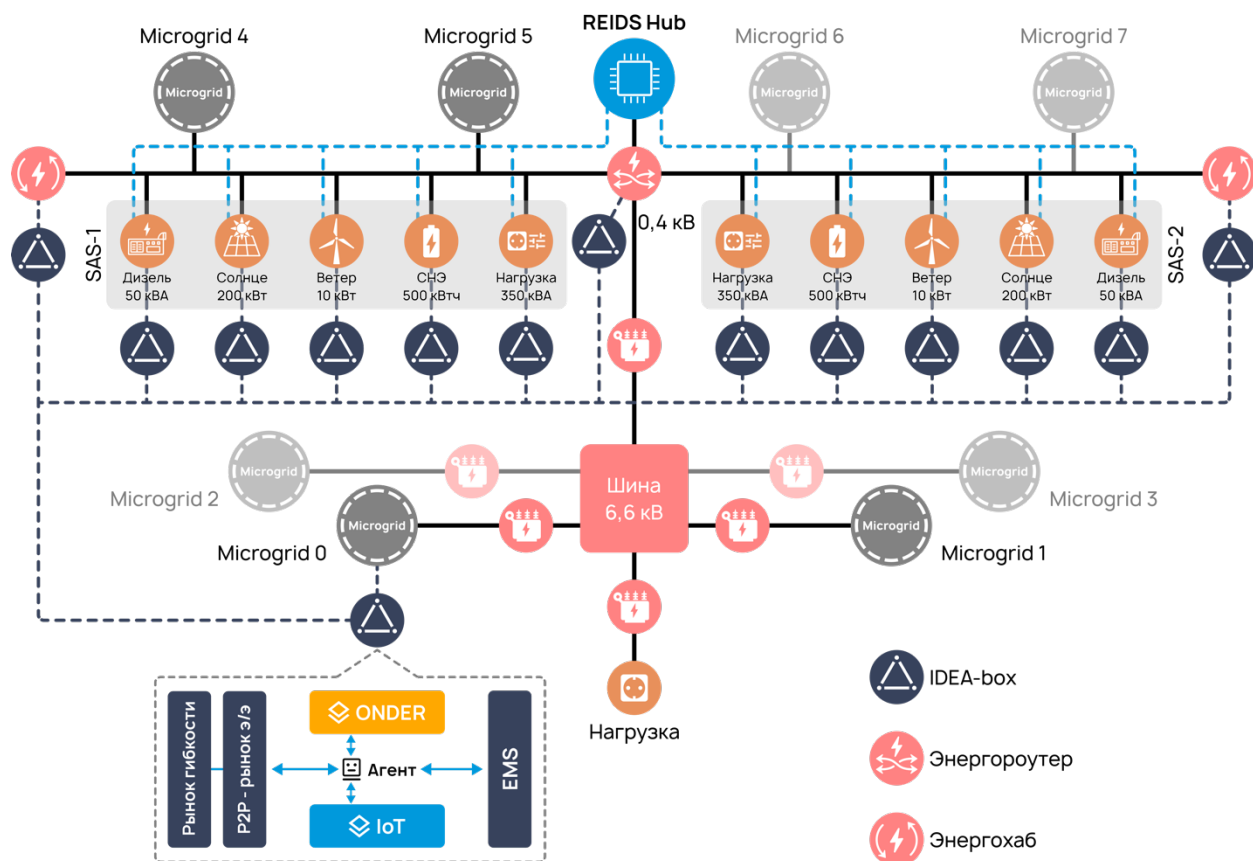


Рисунок 14 Целевая модель реализации архитектуры IDEA на полигоне REIDS

В настоящее время на полигоне складывается нестандартная балансовая ситуация: днем выработка крышных солнечных панелей на цехе перегрузки шлака больше, чем потребление, иногда в два раза. Но емкости собственных систем накопления энергии этого микрогрида не достаточно для того, чтобы сохранить всю избыточную солнечную электроэнергию. Ночью же, напротив, этот цех вынужден использовать дизельную генерацию после полной разрядки накопителей, которая наступает раньше восхода солнца. Наличие связей 0,4/6,6 кВ с оборудованием общего пользования (SAS), в первую очередь, накопителем и солнечными панелями, позволило бы за счет предоставления услуг по накоплению солнечной энергии (сервиса «шэринга» накопителей) существенно снизить потребность микрогрида цеха в дизельной генерации и повысить эффективность его электроснабжения. Это – один из сценариев энергетических транзакций, которые предстоит реализовать в рамках демонстрации российских решений компаниями EnergyNet.

