



# Справедливый энергопереход: принципы построения доступных энергосистем в Восточной и Южной Африке

Аналитическое исследование Kept

**kept**

Март 2024 г.

# Предисловие

Уважаемые коллеги!

Мы очень рады от имени Кепт представить результаты нашего исследования, посвященного анализу энергетического сектора Восточной и Южной Африки.

По оценкам экспертов, к 2060 г. до 25% людей на Земле будут проживать в Африке. В то же время уже сейчас подавляющее большинство стран Африки сталкивается со значительными вызовами в сфере электроэнергетики, экологии и климата. Речь идет о существующей энергетической бедности, низком уровне электрификации и, как следствие, критической зависимости от древесины и древесного угля, что приводит к повсеместному уничтожению лесов и ухудшению экологической обстановки в регионе. Развитие электроэнергетического сектора способно решить широкий спектр проблем на Африканском континенте и будет способствовать достижению целей в области устойчивого развития (ЦУР ООН).

Мы провели исследование возможностей и последствий различных подходов к построению энергосистем как на основе инклюзивного энергетического баланса – комбинации топливной, атомной и ВИЭ генерации, так и исключительно на базе возобновляемых источников энергии. Команда экспертов Кепт проанализировала доступность энергоресурсов и технологий, а также их возможную роль в развитии энергетического сектора и ликвидации энергетической бедности рассматриваемых стран на горизонте до 2060 г., а также и выработала ряд предложений по совершенствованию процессов энергетического планирования и адаптации связанных с этим политик финансирования и ESG.

Мы приглашаем всех ознакомиться с результатами нашего исследования, которое, уверены, послужит стимулом для размышлений и дискуссии о дальнейшем развитии континента. Мы надеемся, что выводы нашего исследования будут полезны для переговоров между регулирующими органами и бизнесом как в самих африканских странах, так и на международной арене.



## Василий Савин

**Партнер**

Руководитель практики по работе с компаниями сектора энергетики и коммунального хозяйства  
Кепт



## Сергей Роженко

**Директор**

Практика по работе с компаниями сектора энергетики и коммунального хозяйства  
Кепт

# Содержание



4

Основные выводы  
и рекомендации



6

Введение



12

Прогноз спроса



15

Пути  
электрификации



31

Влияние климатической  
политики



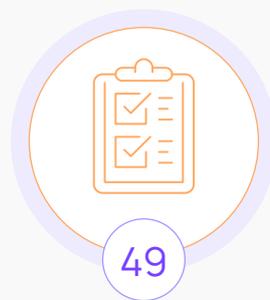
38

Стоимость  
энергоперехода



47

Подход для  
«Справедливого Перехода»



49

Заключение



52

Приложения



59

Список используемой  
литературы

“

Все кажется  
невозможным,  
пока не будет  
сделано.

Нельсон Мандела

# Основные выводы и рекомендации

## Цели исследования



Оценка реализуемости проведения полной электрификации регионов в соответствии с различными сценариями энергетической и климатической политики на национальном и межправительственном уровнях.

## Региональный охват



Энергетические рынки Восточной и Южной Африки, включая укрупненный анализ потребления, выработки э/э и затрат в 21 стране на горизонте 2020, 2040 и 2060 гг.

1



## Масштабы рынка

Регион Восточной и Южной Африки представляет собой один из крупнейших в мире неосвоенных энергорынков. Для достижения странами уровня ВВП более \$10 000 - то есть уровня развития стран со средним доходом по классификации Всемирного банка - выработка электроэнергии в регионе к 2060 г. должна увеличиться в девять раз относительно текущих значений - до 5 200 ТВтч\*, что сопоставимо с выработкой пяти энергосистем России. К 2060 г. в регионе ВЮА может появиться десять крупных энергетических систем, из которых три - в Демократической Республике Конго, Египте и Эфиопии - по размеру будут сопоставимы с энергорынком Германии с потреблением 600 ТВтч в год, а остальные семь - с рынком Великобритании и потреблением э/э около 300 ТВтч в год.

4



## Влияние на климат и социальную сферу

Доступ к электричеству и «чистой кулинарии» (clean cooking) остается ключевой социальной и экологической проблемой, поскольку он есть только у 48% и 23% жителей ВЮА. Остальная же часть населения в качестве основного источника энергии по-прежнему использует традиционную биомассу (дрова, древесный уголь). Даже с учетом роста доли ТЭС до 60% реальное изменение выбросов на душу населения по сравнению с обычной хозяйственной деятельностью будет незначительным. Электрификация позволит сократить зависимость от биомассы, что даст возможность остановить вырубку лесов и уменьшить воздействие на окружающую среду. Предлагается внести изменения в действующую политику международных финансовых организаций в области ESG для открытия финансирования новых проектов по производству э/э на ископаемых ресурсах в странах с потреблением э/э менее 1 000 кВтч/чел. в год, даже для угольных ЭС как де-факто климатически нейтральных.

2



## Пути перехода

Подобный масштаб преобразований возможен только при инклюзивном сочетании топливных и возобновляемых источников энергии. По нашим оценкам, 60% электроэнергии будет вырабатываться угольными и газовыми электростанциями, остальные 40% почти в равной степени разделят атомные станции и ВИЭ. Таким образом, африканский энергетический рынок открывает значительный потенциал для международного сотрудничества в области энергетики на ископаемых видах ресурсов, атома и ВИЭ.

5



## Стоимость перехода

Этап электрификации требует существенных инвестиций. Чтобы обеспечить доступность э/э, критически важно минимизировать ее стоимость для ВВП путем развития местных цепочек поставки технологий, рабочей силы, финансирования и топлива. Результат оценки системной величины LCOE для стран ESA составляет 105-114 \$/МВтч, однако реальная конкурентоспособность регионов отличается. Оцениваемая величина Cost to GDP э/э составляет 24-64 \$/МВтч, что в 2-5 раз ниже системной номинальной стоимости, и зависит от возможностей стран управлять цепочками поставок. Следовательно, на этапе планирования необходимо отдавать предпочтение технологиям, которые позволяют реализовать высокую долю локализации, поскольку они формируют импульс для социально-экономического развития региона.

3



## Роль энергоресурсов

Для осуществления перехода требуется значительное энергетическое строительство в объеме более 930 ГВт, включая более 320 ГВт газовых и более 245 ГВт угольных ТЭС, а также необходимой инфраструктуры. Атомная энергетика будет играть важную роль в стабилизации газового баланса и топлива. Технологии малых модульных реакторов (АСММ) обеспечат значительные преимущества для стран без выхода к морю с энергосистемами небольшой мощности и слабыми межсистемными связями. Выработка ВИЭ может обеспечить до 1100 ТВтч, одну пятую часть энергобаланса, но достижение 100%-ной доли ВИЭ в энергобалансе региона технически и экономически неосуществимо.

6

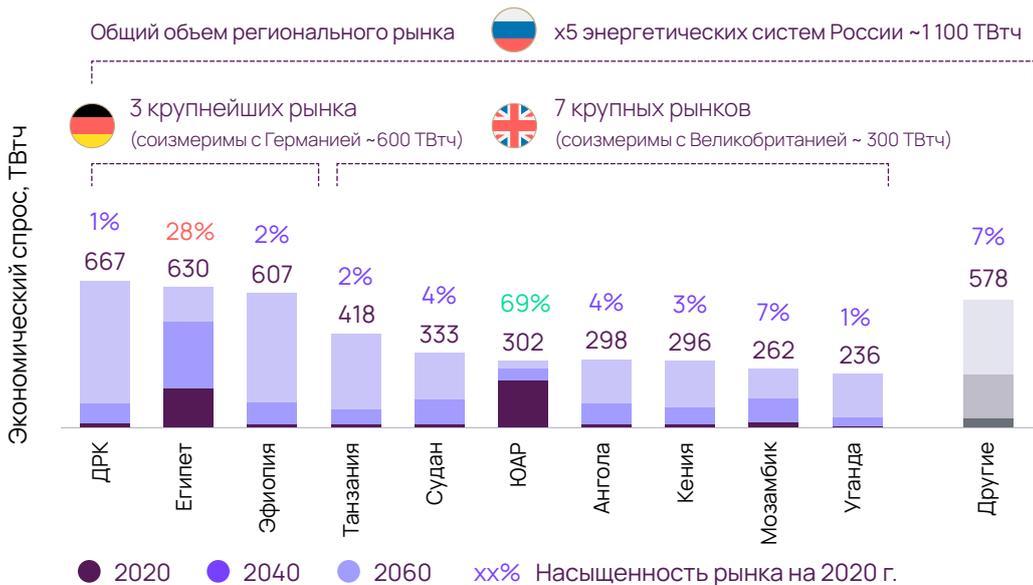


## Возможность энергоперехода

Программа электрификации и энергоперехода африканских стран - сложная, но реализуемая задача. Для ее решения предложена концепция международного сотрудничества «Пять принципов справедливого энергоперехода»: соблюдение справедливости в энергопланировании, доступе к технологиям, ESG-политике и финансировании, а также в равных правах на переговорах.

В данной публикации представлены результаты исследования, проведенного Группой аналитики в энергетике Kept в августе 2023 - марте 2024 гг. на базе анализа публичной информации.

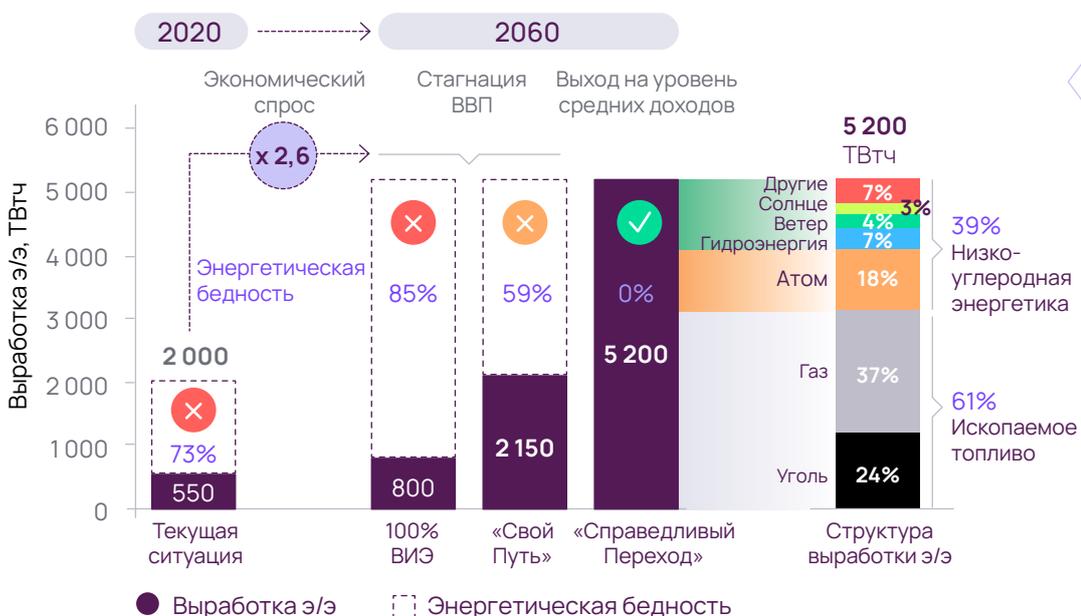
### Прогноз потребления электроэнергии топ-10 рынков ВЮА



**Потенциальный размер рынка к 2060 г.**

- 4 700** ТВтч потребление э/э
- x9** рост рынков
- 10** (8 новых) крупных развивающихся рынков

### Прогноз выработки э/э и энергетической бедности по сценариям

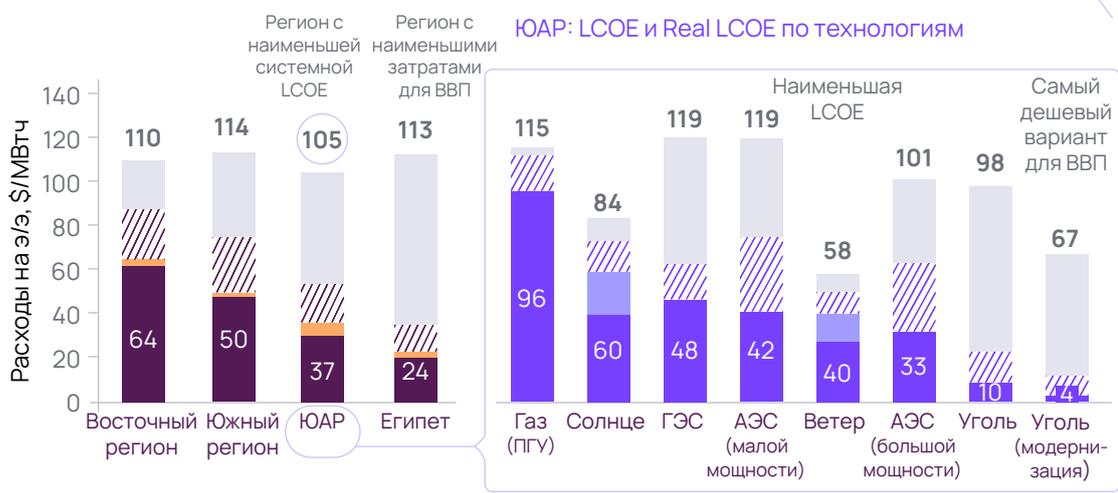


**Сценарий «Справедливый Переход» 2060 г.**

- 5 200\*** ТВтч выработка э/э
- 100%** доступ к э/э и «чистой кулинарии»
- 0%** энергетическая бедность

\*Выработка э/э в 5200 ТВтч включает потери в сети и собственные нужды электростанций, поэтому она выше, чем прогнозируемый объем потребления э/э потребителями в 4700 ТВтч.

### Системная стоимость и стоимость для ВВП по регионам, 2060 г. («Справедливый Переход»)



**Системная стоимость**

- Классическое планирование: **105-114** \$/МВтч Системная LCOE
- Планирование затрат с фокусом на доступность: **24-64** \$/МВтч Стоимость производства э/э для ВВП

# Введение



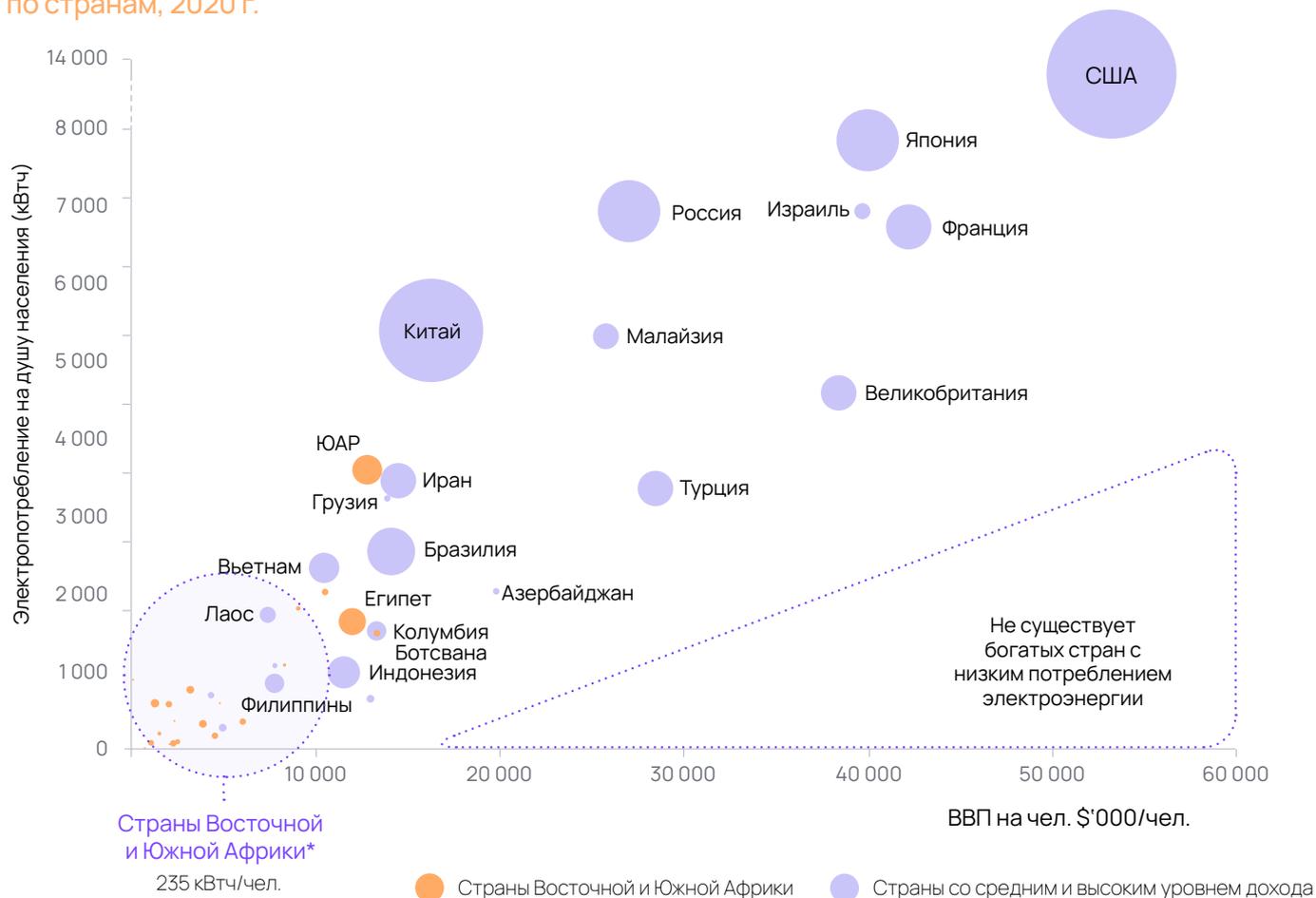
Не существует богатых стран и стран со средними доходами с низким потреблением электроэнергии. Электрификация – это ключевой фактор социально-экономического развития.

## Электрификация и экономическое развитие

Экономическое развитие, долгосрочный экономический рост стран и электроснабжение взаимосвязаны. Анализ показателей потребления э/э на душу населения и ВВП для разных стран мира, результаты которого представлены на диаграмме ниже, показывает, что страны с развитой экономикой, обеспечивающей достойным уровнем жизни свое население, как правило, имеют и высокие показатели потребления электроэнергии.

Большинство стран Восточной и Южной Африки – страны с низкими уровнями доходов, за исключением Египта, Южно-Африканской Республики и Ботсваны, где ВВП превышает \$10 000 на человека. Продолжительный низкий уровень экономического развития в этих странах сопровождается устойчиво низким уровнем жизни населения, которое не имеет доступа к электричеству и «чистой кулинарии», возможности пользоваться современной бытовой техникой.

## ВВП и потребление электроэнергии по странам, 2020 г.



Примечание: \*Восточная и Южная Африка без учета ЮАР и Египта

Источник: АЕР, МЭА, Всемирный банк, анализ Kept.



Для индустриализации и перехода к экономике современного уклада потребление э/э в африканских странах должно превысить 1 000 кВтч на человека.

### Фокус исследования

Электрификация имеет «разные оттенки», поскольку в мире нет единого определения доступа к э/э или показателя «полной электрификации» для экономик.

Так, например, согласно определению, используемому МЭА и некоторыми африканскими странами, доступ к электричеству считается предоставленным, если домохозяйство обеспечивается э/э 250 кВтч в год в сельской местности и 500 кВтч для городской, что предполагает использование 4 лампочек, работающих 4 часа в день, вентилятора, работающего 3 часа в день, и телевизора, работающего 2 часа в день. В пересчете на душу населения (допуская, что домохозяйство состоит из пяти человек) это означает 50 кВтч/чел. в сельской местности и 100 кВтч/чел. в городах, что недостаточно для использования современных бытовых приборов и не учитывает энергию, необходимую для работы коммунальных служб (водоснабжение, уличное освещение и т.д.), коммерческих и промышленных объектов. Таким образом, уровень жизни значительной части населения Африки, у которых номинально есть доступ к электроэнергии, на самом деле не соответствует современным стандартам.

Другие исследовательские центры, например, Energy for Growth Hub, используют такое более обширное определение, как «современный энергетический минимум» – стандарт для экономики страны. Доступ считается предоставленным, если потребление э/э превышает 1 000 кВтч/чел. в год, при этом 300 кВтч распределяются на домохозяйства и 700 кВтч – на коммерческий сектор.

Для определения целевых количественных показателей электрификации, обеспечивающих функционирование экономик современного уклада, мы провели сравнительный анализ уровней удельного потребления э/э, доступа к электричеству и «чистой кулинарии» по странам, которые за последние десятилетия прошли процесс электрификации.

В анализ были включены такие страны, как Индонезия, Лаос, Филиппины, Таиланд, Вьетнам, Грузия, Турция, Узбекистан, Азербайджан, Бразилия, Колумбия, Иран, Коста-Рика и Туркменистан. Были определены три целевых показателя потребления э/э, определяющие как доступ к электричеству, так и уровень развития экономики страны в целом:

- 1 600 кВтч/чел. – полная электрификация; M1
- 1 800 кВтч/чел. – полный доступ к «чистой кулинарии»; M2
- 2 200 кВтч/чел. – средний уровень доходов. M3

Достижение установленных целевых показателей станет необходимым условием для наращивания темпов индустриализации и развития сектора услуг, что окажет непосредственное влияние на доходы домохозяйств и уровень жизни населения.

По состоянию на 2020 г. удельное потребление э/э на человека в ВЮА (без ЮАР и Египта) составляет всего 235 кВтч с тенденцией к снижению на протяжении последних десятилетий. Задача увеличения этого показателя усугубляется быстрым ростом численности населения, которая, по прогнозам, к 2060 г. удвоится с нынешних 740 до 1 600 млн чел.

Второй важный аспект заключается в том, что успешные программы полной электрификации и индустриализации всегда основывались на традиционных решениях – подключении потребителей к единой энергетической сети, использовании распределительных систем передачи. Однако некоторые страны определяют электрификацию как обеспечение доступа через автономные системы, чаще всего солнечные панели на крыше.

Данное исследование фокусируется на вызовах электрификации на основе централизованных энергосистем, создающих базу для экономического роста и достойного уровня жизни населения в странах Африки.

### Характерные этапы электрификации и индустриализации

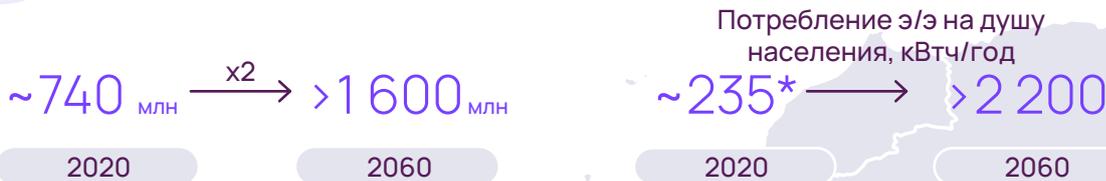
Показатели, используемые в данном исследовании



Источник: Всемирный банк, МЭА, The Energy for Growth Hub, анализ Kept.



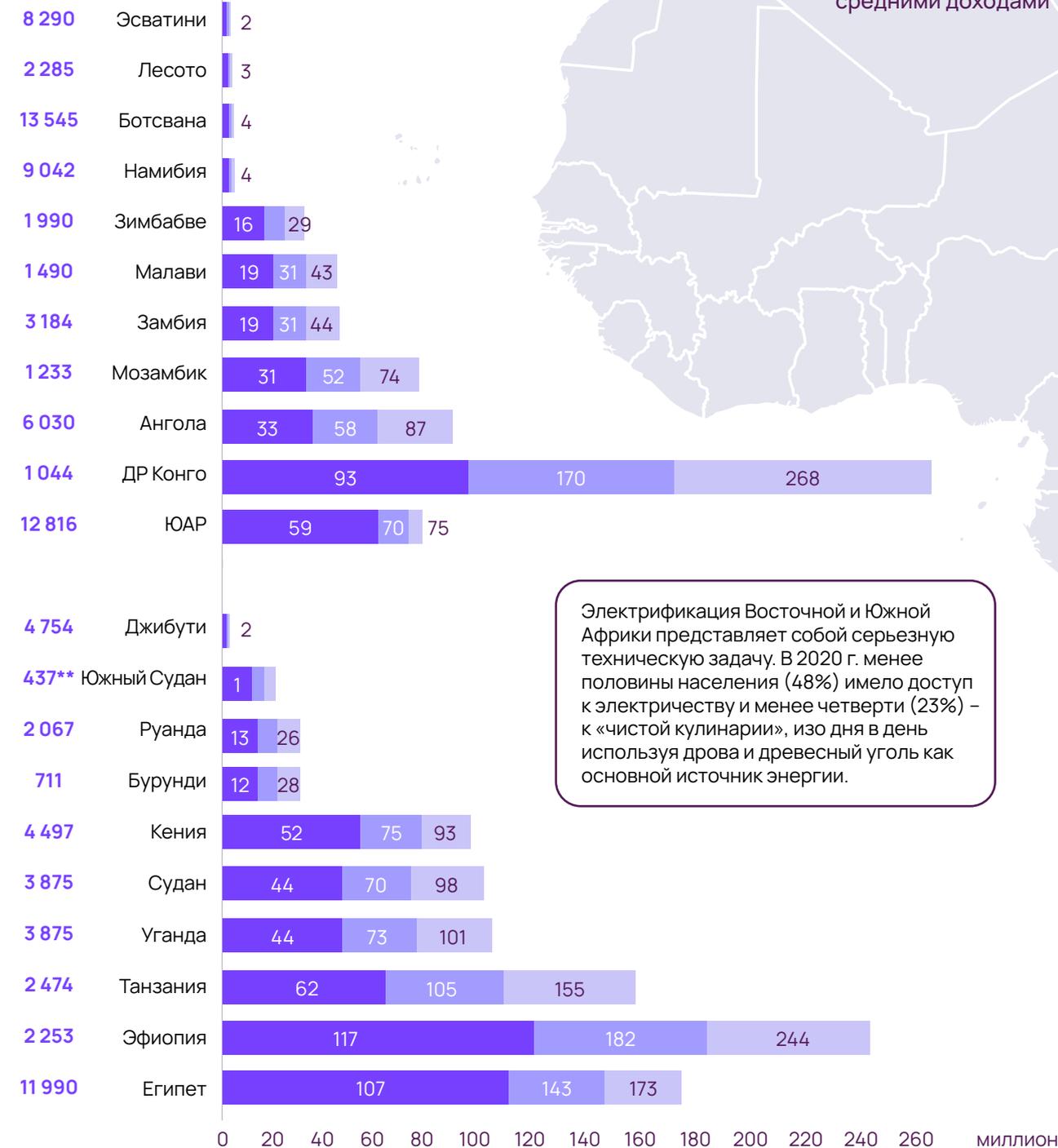
К 2060 г. население Восточной и Южной Африки может удвоиться и составить 1 600 млн человек.



ВВП (ППС)  
\$/чел.

Демографический прогноз 2020–2060 гг.

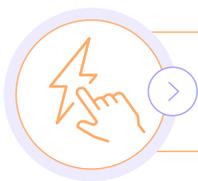
Достижение уровня экономики стран со средними доходами



Электрификация Восточной и Южной Африки представляет собой серьезную техническую задачу. В 2020 г. менее половины населения (48%) имело доступ к электричеству и менее четверти (23%) – к «чистой кулинарии», изо дня в день используя дрова и древесный уголь как основной источник энергии.

\*Восточная и Южная Африка без учета ЮАР и Египта  
\*\* 2021

● 2020 ● 2040 ● 2060



Текущий средний уровень доступа к электричеству в 48% и «чистой кулинарии» в 23% критически низок для устойчивого развития региона.

Усредненные показатели по ВЮА

Доступ к электроэнергии  
48% → 100%

Доступ к «чистой кулинарии»  
23% → 100%

2020

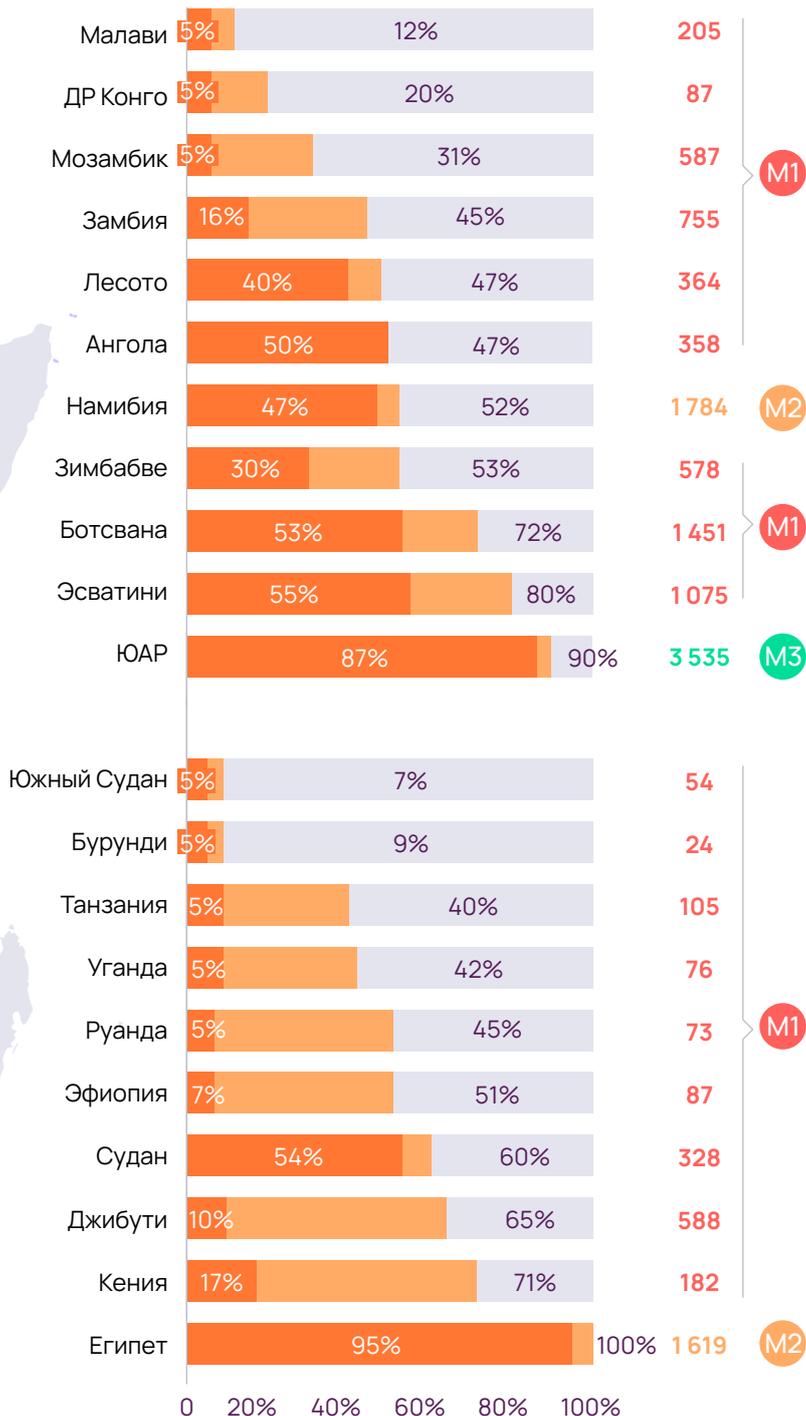
2060

2020

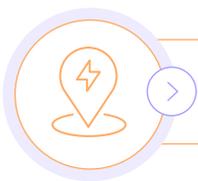
2060

Доступ к электроэнергии и «чистой кулинарии», 2020 г.

Потребление э/э на человека, кВтч/год



● Доступ к «чистой кулинарии» ● Электрификация



Фокус исследования направлен на выявление возможных путей проведения электрификации региона ВЮА.

## Основные вопросы

Для понимания масштабов, вызовов, возможных путей электрификации и перехода к современным источникам энергии в исследовании были рассмотрены следующие вопросы:



### Масштабы будущего рынка электроэнергии:

сколько энергии необходимо для развития экономики стран Восточной и Южной Африки; какие страны и регионы будут лидировать по величине энергетических рынков к 2060 году?



**Пути перехода:** каковы возможные пути достижения национальными правительствами целей 100%-ной электрификации и экономического развития?



### Роль ископаемых видов топлива и ВИЭ:

какой вклад различные источники энергии, включая уголь, газ, атом и ВИЭ, внесут в развитие генерирующих мощностей в странах Африки?



### Влияние на климат:

какое влияние различные пути развития энергетического сектора окажут на объемы выбросов и решение практических проблем окружающей среды и вырубки лесов?



**Доступность перехода:** какова реальная стоимость э/э для национального ВВП и как развитие местных цепочек поставок позволит сделать электроэнергию более доступной?



**Управляемость перехода:** какие условия необходимо выполнить для осуществления перехода? В чем состоит ключевая часть концепции справедливого энергоперехода в Африке?

Исследование состоит из пяти глав. **В главе 1** представлена методология прогнозирования потребления и экономического спроса на э/э, а также потенциал энергетических рынков ВЮА. **В главе 2** описываются сценарии региональной электрификации и перспективного развития энергетических систем в соответствии с выбранной регуляторной повесткой, а также инвестиционный потенциал в области генерирующего сектора для всех видов ресурсов. **В главе 3** обсуждается влияние климатической повестки на развитие энергетики в Африке. **В главе 4** излагается концепция соотношения стоимости э/э к ВВП и дается оценка доступности по цене. **В главе 5** описываются принципы реализации справедливого перехода и особенности стратегии российско-африканского сотрудничества.

Проведенный анализ основан на общедоступной и публичной информации, включая генеральные планы развития региональной энергосистемы Восточно-Африканского и Южно-Африканского энергетических объединений и материалы других исследований по данной тематике. Результаты настоящего исследования представляют независимую точку зрения о развитии

энергетических систем Африки, путей электрификации и индустриализации стран Восточного и Южного региона и могут послужить основой для создания программ и планов по развитию региональных и континентальных энергетических систем.

## Подход к энергетическому моделированию

В работе применен сценарный долгосрочный подход, состоящий из пяти этапов моделирования (структура которого представлена на рисунке справа).

На первом этапе были подготовлены прогнозы экономического спроса и потребления э/э для 21 страны с ежегодным интервалом до 2060 г. Для этой задачи собраны исходные данные по каждой стране: статистическая экономическая информация, численность населения, сведения об электрификации и доступе к «чистой кулинарии», параметры и характеристики электроэнергетического сектора.

На втором этапе был подготовлен прогноз поставок энергетических ресурсов на макрорегиональном уровне. Для оценки возможности удовлетворения экономического спроса был проведен анализ имеющихся ресурсов в этом регионе на агрегированном уровне для 4 макрорегионов, а также оценены местные ископаемые ресурсы и ВИЭ. Результаты анализа показали, что регион ВЮА обладает высоким потенциалом всех ресурсов, включая уголь (в таких странах, как ЮАР, Мозамбик, Танзания, Ботсвана), газ (в Танзании и Мозамбике) и ВИЭ, однако распределение этих ресурсов внутри региона неравномерно, поэтому ряд стран, не имеющих местной ресурсной базы для крупномасштабного строительства ЭС, могут рассчитывать на импорт.

Далее были определены потенциальные сценарии развития энергетики ВЮА, подробное описание которых представлено в главе 2. Энергетическое моделирование проводилось с учетом интеграционных ограничений по типу генерации в зависимости от сценария: доступность ресурсов, сроки реализации проекта, масштаб интеграции, достаточность финансирования, производственные мощности производителей оборудования, регуляторные ограничения. В результате были подготовлены прогнозные структуры энергетических балансов, учитывающие национальную и межгосударственную политики, а также определен показатель удовлетворенности экономического спроса.

Расчет выбросов определен для всего энергетического сектора, включающего генерирующий и коммунально-бытовой. На основе подготовленных энергетических балансов определена стоимость производства э/э с учетом мультипликативного эффекта на экономику страны. Баланс мощности и э/э, выбросы и стоимость были определены для 4 макрорегионов: Египта, Восточного и Южного регионов и Южно-Африканской республики для 2040 и 2060 гг.

Результаты расчетов энергетического моделирования были оценены с точки зрения достижения целевых уровней электрификации.



## Методология энергетического и экономического моделирования

### Подход к моделированию для региона ВЮА



### Региональное представление



### Представление регионов в моделировании

В данном исследовании мы использовали региональный подход к моделированию для формирования потенциальных энергетических балансов по сценариям, оценки стоимости э/э и определения доли удовлетворенного экономического спроса.

Для анализа была выбрана 21 страна из 54 на африканском континенте, и эти страны были распределены на 4 макрорегиона (см. рисунок слева): Восточный регион (9 стран\*\*), Южный регион (10 стран\*\*\*), а также Египет и ЮАР в качестве отдельных более развитых рынков.

Примечание:

\* Наименование сценариев в английской версии исследования: «100% RE», «Single GO», «New Just» соответственно.

\*\* Восточный регион: Бурунди, Джибути, Эфиопия, Кения, Руанда, Южный Судан, Судан, Уганда, Объединенная Республика Танзания.

\*\*\* Южный регион: Ангола, Ботсвана, Демократическая Республика Конго (ДРК), Эсватини, Лесото, Малави, Мозамбик, Намибия, Замбия, Зимбабве.



# Прогноз спроса



Для достижения к 2060 г. уровня ВВП стран со средними доходами потребление э/э в странах ВЮА должно увеличиться в 9 раз до 4 700 ТВтч.

## Прогноз экономического спроса

Для оценки уровня электрификации и энергетической бедности в Восточной и Южной Африке мы рассчитали два отдельных показателя спроса на э/э – экономический спрос и потребление э/э.

Экономический спрос в странах ВЮА оценивался на основе прогноза численности населения и целевого уровня потребления электроэнергии, как для стран со средним уровнем дохода, – 2 200 кВтч на человека. Расчетная величина потребления э/э определена как экономический спрос и отражает потенциальный размер энергетических рынков, если будут удовлетворены все потребности для населения и экономики.

Второй показатель – потребление э/э, определяющее долю экономического спроса, которая, вероятно, будет удовлетворена с учетом ограничений на скорость развития инфраструктуры потребления на стороне потребителя, а также сетей передачи и распределения электроэнергии в стране. Прогноз потребления э/э, которое необходимо для поддержания экономического роста, выполнен на основе дифференцированных годовых темпов роста потребления э/э на душу населения и прогнозе по его численности. В зависимости от показателей потребления э/э на душу населения в той или иной стране использовались регрессирующие среднегодовые темпы роста от 10% до 0,3%. Основным допущением был потенциально быстрый рост на ранней стадии развития рынков и постепенное замедление темпов роста потребления по мере насыщения рынка и достижения уровня стран со средними доходами.

По данным Всемирного банка, население Восточной и Южной Африки в 2020 г. составляло 743 млн человек. По прогнозам Керт, к 2040 г. и 2060 г. этот показатель достигнет 1,2 млрд и 1,6 млрд человек соответственно. Таким образом, общая численность населения региона увеличится более чем в два раза. Странами с наибольшим количеством населения станут ДРК, Египет, Эфиопия, Танзания и др.

По состоянию на 2020 г. потребление э/э в ВЮА составляло около 510 ТВтч, при этом экономический спрос оценивается как 1 700 ТВтч. Учитывая продолжающийся рост численности населения в ВЮА, к 2040 г. экономический спрос увеличится до 2 850 ТВтч, а к 2060 г. – до 4 700 ТВтч. К 2060 г. потребление э/э достигает экономического спроса. Таким образом, общий потенциал энергорынка к 2060 г. будет эквивалентен примерно пяти энергосистемам России, что в девять раз больше рынка э/э по сравнению с уровнем 2020 г.

## Размер рынков к 2060 г.

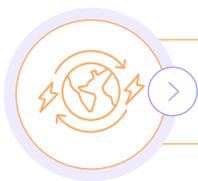
В настоящее время в регионе существует только два крупных рынка – Египет и ЮАР, потребление э/э которых составляет около 180 ТВтч и 210 ТВтч соответственно (2020 г.). Но к 2060 г. ожидается, что ситуация существенно изменится, и сегодняшние лидеры будут поглощены «спящими гигантами» с низкой электрификацией.

При условии развития энергорынков Восточного и Южного регионов до уровня, сопоставимого со странами со средними доходами, в регионе сформируются 10 крупных энергорынков с ежегодным потреблением э/э 300–600 ТВтч. Три рынка, включая Демократическую Республику Конго, Египет и Эфиопию, могут вырасти до размеров рынка электроэнергии Германии (600–670 ТВтч). Еще семь стран, в том числе Танзания, Кения, Ангола, начиная с низкой базы, могут достичь размера рынка электроэнергии Великобритании (240–420 ТВтч).

Развитие энергосистем и генерирующих мощностей в этих странах будет сопровождаться быстрым ростом крупных технически развитых отраслей промышленности и сектора услуг, что непосредственно будет стимулировать экономический рост и рост ВВП, а значит приведет к повышению благосостояния населения Восточной и Южной Африки. Это также создаст условия для развития предпринимательской деятельности, привлечения инвестиций и стимулирования развития производств и разных отраслей экономики.

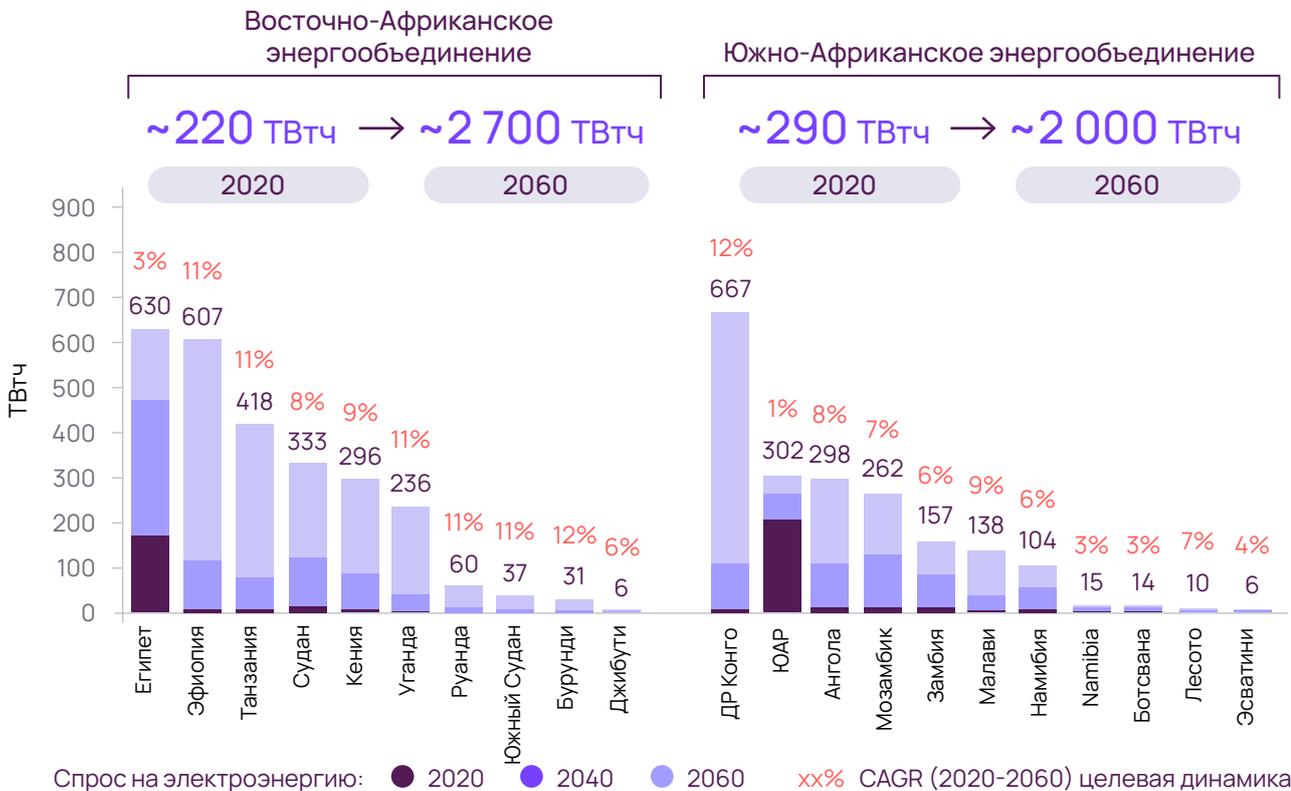
Однако энергетический переход в таком большом масштабе требует решения вопроса энергетических ресурсов и их потенциальной роли в формировании будущих энергосистем, о чем мы подробнее расскажем в главе 2 нашей публикации.

Далее приводятся прогнозы экономического спроса и показатели развития по 21 стране и 4 макрорегионам до 2060 г. на основе сравнительного анализа потребления э/э на душу населения стран со средним уровнем дохода, а также уровни электрификации и экономического развития стран, определенные на основе контрольных показателей.



К 2060 г. в Восточной и Южной Африке могут образоваться 10 (8 новых) крупных энергорынков, сопоставимых по размеру с рынками Германии и Великобритании.

### Прогноз потребления электроэнергии до 2060 г.



### Вероятность достижения показателей потребления на душу населения по странам:



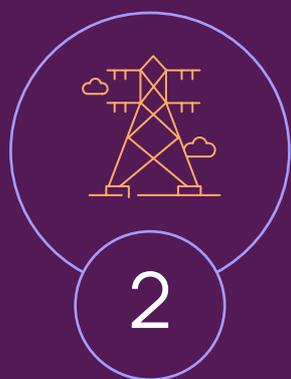
### Прогноз экономического спроса и электропотребления ЮВА до 2060 г.



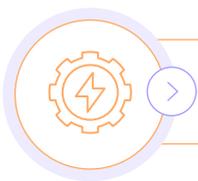
### Размер рынков электроэнергии к 2060 г.



Источник: АЕР, МЭА, IRENA, Всемирный банк, анализ Kept



# Пути электрификации



Взаимодействие национальных и международных энергетических и климатических политик определяет объем энергоресурсов, доступных для электрификации.

### Стратегические пути электрификации

В ходе проведения исследования были разработаны три стратегических сценария (см. рисунок ниже) для оценки осуществимости электрификации рассматриваемых стран в зависимости от взаимодействия между национальной и международной политиками в области ископаемой, ядерной, возобновляемой энергетики и климата:

- «100% ВИЭ»;
- «Свой Путь»;
- «Справедливый Переход».

Сценарии в общих чертах описывают возможные национальные пути развития энергетики стран ВЮА – от следования существующей основной программе развития ВИЭ и до более сложной как технически, так и экономически, но осуществимой программы, разработанной в рамках скоординированного взаимодействия на международном уровне, учитывающей особенности Африки, ее ресурсы, цели по улучшению условий жизни африканских народов и укрепление потенциала в области устойчивого развития. Сценарные условия включают факторы внутренней и мировой финансовой, технической и климатической политик, влияющие на развитие различных источников энергии:

**«100% ВИЭ»:** Страны реализуют стратегии развития энергетического сектора только на ВИЭ. Предполагается, что все угольные ТЭС и 50% газовых ТЭС должны быть выведены из эксплуатации к 2060 г. Финансовая и нормативная поддержка существующих или новых технологий использования ископаемого топлива не предполагается.

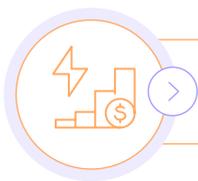
**«Свой Путь»:** Страны реализуют национальные программы развития энергетического сектора на основе подхода наименьших затрат, используя доступные ресурсы. Однако реализация различных типов проектов по-прежнему сдерживается ограничениями глобальной финансовой и климатической политики.

**«Справедливый Переход»:** Страны реализуют согласованные на международном уровне программы развития энергетического сектора при поддержке международного финансирования и климатической политики, скорректированной таким образом, чтобы обеспечить переход к централизованной электрификации, «чистой кулинарии» и индустриализации с использованием инклюзивного энергетического баланса.

На рисунке ниже представлено описание сценариев.

### Основные сценарные развилки





Выработка электроэнергии увеличивается во всех сценариях, но энергетическая бедность устраняется только при определенных условиях.

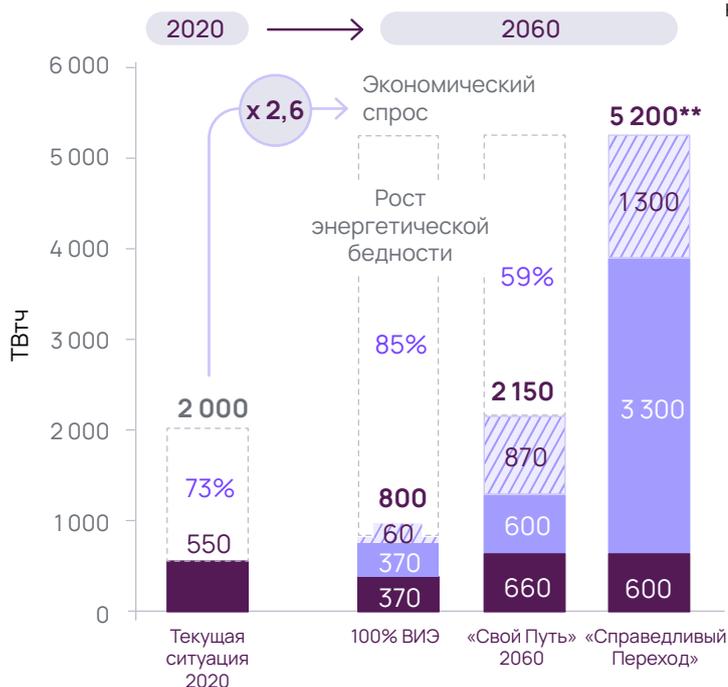
## Прогноз производства э/э и энергетической бедности

Энергетическое моделирование было выполнено для 4 макрорегионов ВЮА на 2040 и 2060 гг., чтобы понять долю экономического спроса, которая может быть удовлетворена при различных сценариях развития энергетики. Совокупный результат для ВЮА в сравнении с базовым 2020 г. показан на рисунке ниже, на основании которого можно отметить следующие ключевые выводы.

### Текущая ситуация

На 2020 г. суммарная выработка э/э в 4 макрорегионах составляла 550 ТВтч, в то время как экономический спрос оценивался в 2 000 ТВтч. Таким образом, экономическая потребность в э/э превысила фактическую выработку почти в 4 раза, т.е. 73% от экономического спроса на э/э не удовлетворяется (процент недопоставленной энергии используется в качестве косвенного показателя уровня «энергетической бедности» в данном исследовании). Можно выделить две основные технические причины: дефицит генерирующих мощностей в энергосистеме и низкий уровень развития распределительных сетей. Показатель «энергетической бедности» неравномерен в исследуемых макрорегионах. К регионам с наилучшими показателями относятся ЮАР – 7% и Египет – 32%, в то время как в Южном и Восточном регионах он достигает 84% и 94% соответственно. Это означает, что в последних двух регионах инфраструктура электроснабжения практически отсутствует.

### Производство электроэнергии и уровень энергетической бедности в ВЮА к 2060 г.



- Существующие ЭС
- Новые ЭС (вероятные)
- ▨ Новые ЭС (под риском)
- Недопоставленная энергия

### Перспективы на 2060 г.

К 2060 г. экономический спрос в ВЮА увеличивается почти в 3 раза и достигает 5200 ТВтч. Ключевыми факторами роста спроса являются рост численности населения (ежегодный прирост около 2%) и экономическое развитие до уровня стран со средним доходом. Производство э/э к 2060 г. увеличивается во всех трех сценариях, но очень неравномерно: 800 ТВтч в сценарии «100% ВИЭ», 2 150 ТВтч в сценарии «Свой Путь» и 5 200 ТВтч в сценарии «Справедливый Переход». В сценарии «100% ВИЭ» ожидается снижение выработки э/э на существующих ЭС до 370 ТВтч по мере закрытия угольных ТЭС и некоторых газовых ТЭС. В сценарии «Свой Путь» выработка э/э на существующих ЭС увеличивается до 660 ТВтч за счет проведения модернизации и улучшения производительности оборудования. В сценарии «Справедливый Переход» также принимаются меры по техническому перевооружению и продлению срока службы действующих ЭС, в ряде случаев устаревшее оборудование заменяют новым с большей производительностью и мощностью, что приводит к увеличению выработки э/э до 600 ТВтч.

Ситуация с «энергетической бедностью» более сложная. Наихудший сценарий – «100% ВИЭ», показатель «энергетической бедности» возрастает с 73% до 85%, в то время как в сценарии «Свой Путь» он все еще остается высоким на уровне 59%. **Единственный сценарий, который позволяет удовлетворить весь экономический спрос к 2060 г., – «Справедливый Переход», а значит только он позволяет достичь целей полной электрификации и экономического развития\***. В сценариях «100% ВИЭ» и «Свой Путь» экономическое развитие стран остается медленным, ВВП стагнирует или даже снижается в расчете на душу населения, а ЦУР ООН не достигаются.

#### Недопоставленная энергия:

2020		
73%	Текущий статус	✗
2060		
85%	100% ВИЭ	✗
59%	«Свой Путь»	✗
0%	«Справедливый Переход»	✔

Недопоставка ведет к стагнации и снижению ВВП

Ликвидация энергетической бедности

\* Следует отметить, что на региональном уровне два региона – ЮАР и Египет – способны полностью удовлетворить спрос в сценарии «Свой Путь».

\*\* Выработка электроэнергии 5 200 ТВтч, указанная на диаграмме, включает потери в сети и потребление собственных нужд электростанций, таким образом, больше прогнозного экономического спроса 4 700 ТВтч, представленного в главе 1.



Экономическое процветание региона ВЮА может обеспечить только инклюзивный энергетический баланс из топливной и низкоуглеродной энергетики.

## Прогноз энергетического баланса

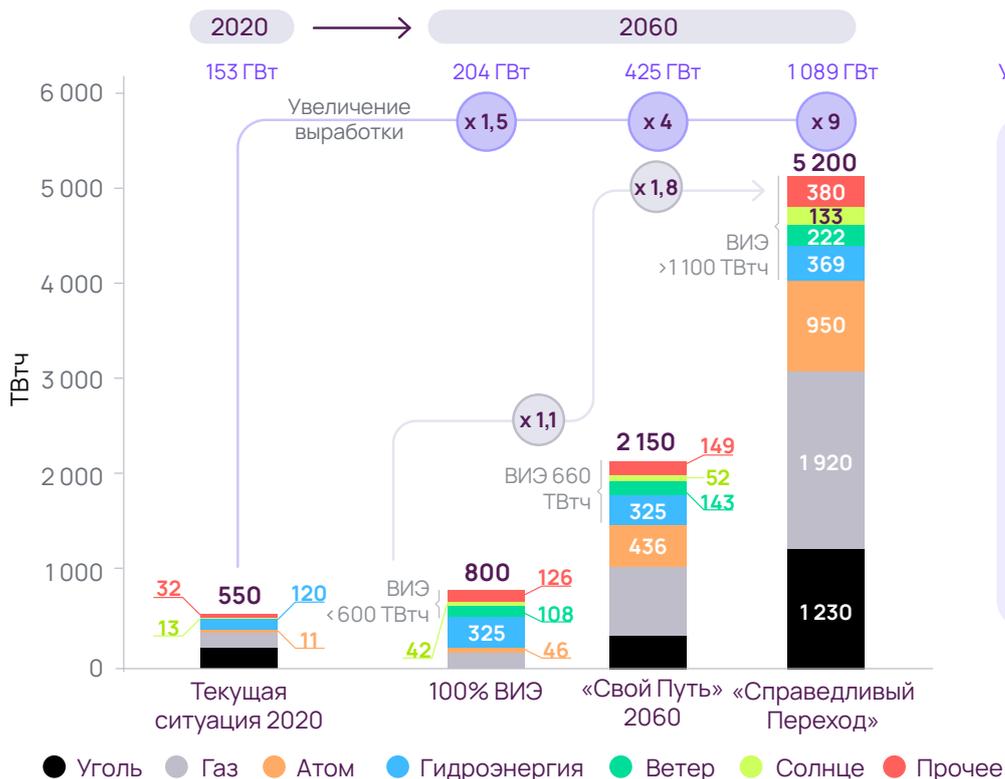
### Перспективы сценария «100% ВИЭ»

Сценарий предполагает развитие энергетического сектора только на ВИЭ. Все угольные и 50% газовых ТЭС выводятся из эксплуатации к 2060 г. Доступность ВИЭ определялась на основе исследования IRENA (2021 г.). В данной работе используется максимальный потенциал ВИЭ, общий объем которых составляет более 460 ГВт (включая гидроэнергию, энергию солнца и ветра, биомассу, геотермальную энергию и др.).

Общая установленная мощность ВЮА возрастает до 204 ГВт, при этом к 2060 г. производство э/э достигает 800 ТВтч. Выработка э/э на ТЭС сокращается почти в 2,3 раза до 155 ТВт в результате действий административной политики, отсутствия инвестиций в модернизацию и мероприятия по продлению срока службы оборудования, что приводит к закрытию угольных и газовых ТЭС. Выработка э/э на АЭС увеличивается до 46 ТВтч, поскольку при формировании энергетического баланса учитываются только строящиеся в настоящее время АЭС. К 2060 г. выработка э/э ВИЭ увеличится до 600 ТВтч, при этом дальнейшая интеграция ограничена отсутствием диспетчируемых мощностей в энергосистеме. Не достигая уровня истощения ресурсов, объемы строительства сокращаются, а вновь построенные ВИЭ не окупаются из-за большого времени простоя.

Неудовлетворенный спрос на э/э возрастает с 73% до 85%, что приводит к дальнейшему ухудшению экономической ситуации и условий для жизни. Из-за нестабильных поставок энергии ВИЭ возрастают риски продолжительных

### Прогноз выработки э/э по типам электростанций в ВЮА к 2060 г.



Установленная мощность

### Потенциальная структура выработки э/э к 2060 г.

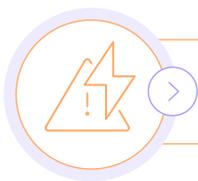
39% Низкоуглеродная энергетика

- 21% ВИЭ (1100 ТВтч)
- 18% Атом (950 ТВтч)

61% Топливная энергетика

- 37% Газ (1920 ТВтч)
- 24% Уголь (1230 ТВтч)

Источник: анализ Kept.



**Достижение 100% ВИЭ в энергетическом балансе ВЮА технически не реализуемо и ведет к росту, а не снижению энергетической бедности в регионе.**

Потребление э/э на душу населения почти удвоилось до 1 370 кВтч, однако 59% экономического спроса остается неудовлетворенным. Не достигая целевых показателей электрификации, в ряде стран ВЮА население все еще не имеет 100%-ного доступа к э/э и «чистой кулинарии». Темпы развития экономики стран остаются низкими.

**Перспективы сценария «Справедливый Переход»**

Данный сценарий предполагает, что страны реализуют программы развития энергетического сектора, согласованные на международном уровне, без избыточных ограничений на применение технологий ископаемого топлива и атомной энергетики. Установленная мощность электростанций может достичь 404 ГВт к 2040 г. и 1 089 ГВт к 2060 г. Экономический спрос на э/э будет удовлетворен к 2060 г., а энергетическая бедность ликвидирована. В 2040 г. дефицит э/э по-прежнему сохраняется на уровне 42% из-за относительно короткого периода времени для крупномасштабного строительства. Ожидается, что в 2060 г. удельное потребление э/э в ВЮА составит 3 330 кВтч/чел., а в Египте и ЮАР превысит 3 650 кВтч/чел.

Установленная мощность диспетчируемой генерации – угольных и газовых ТЭС, АЭС к 2060 г. достигает 778 ГВт, включая 128 ГВт атомной генерации. Основными ограничениями в развитии этих видов технологий остаются финансирование, скорость строительства, освоение ресурсной базы и развитие инфраструктуры, а также производственные мощности производителей оборудования.

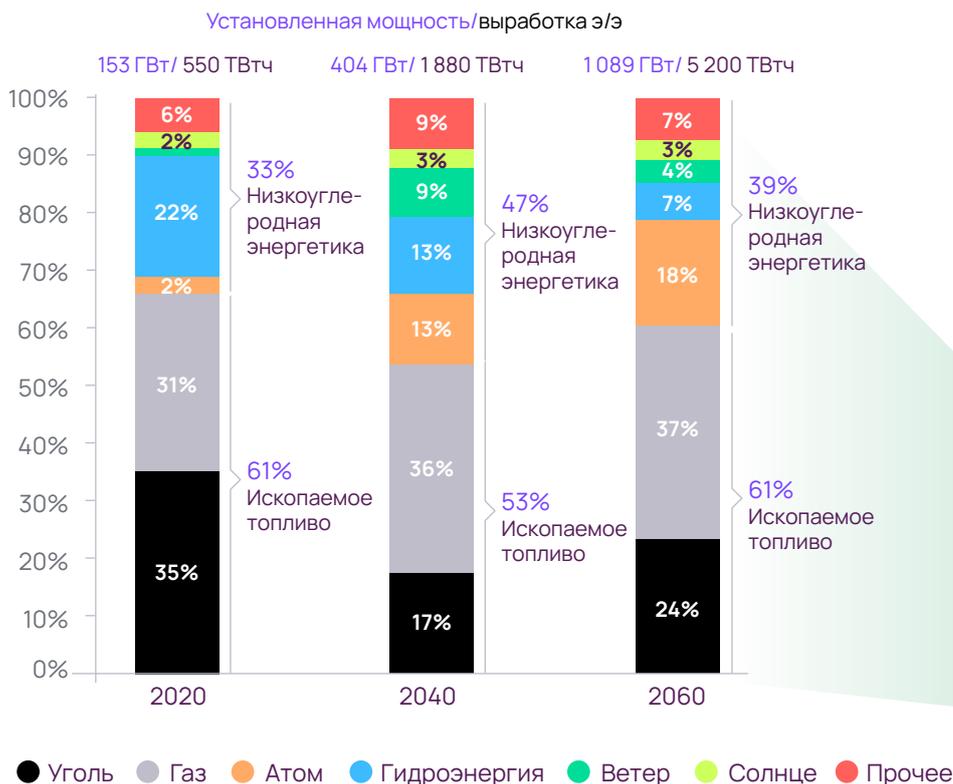
Благодаря расширению базы диспетчируемой генерации установленная мощность электростанций ВИЭ также увеличится и может достигнуть уровня 311 ГВт 2060 г., что будет составлять почти треть от суммарной установленной мощности ЭС региона.

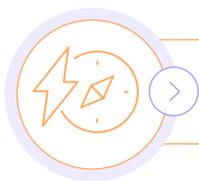
Таким образом, около 53% и 61%, или 1 010 ТВтч и 3 172 ТВтч электроэнергии, может вырабатываться на угольных и газовых ТЭС к 2040 и 2060 гг. соответственно. Остальной спрос может быть обеспечен почти в равной степени за счет АЭС и ВИЭ. К 2060 г. выработка АЭС составит 946 ТВтч, постепенно увеличив свою долю в энергетическом балансе до 13% в 2040 г. и 18% к 2060 г. Благодаря значительному увеличению диспетчируемой генерации, потенциальный объем интеграции ВИЭ возрастает почти в 2 раза в сравнении со сценарием 100% ВИЭ, а производимая электроэнергия на ВИЭ может составлять более чем 1 100 ТВтч в условиях обеспечения требований к балансовой надежности и бесперебойности электроснабжения потребителей.

Данный сценарий предполагает, что страны реализуют программы развития энергетического сектора, согласованные на международном уровне, без дополнительных избыточных ограничений на применение технологий ископаемого топлива и атомной энергетики.

На рисунке ниже показана ожидаемая структура выработки электроэнергии в 2040 и 2060 гг. в Восточной и Южной Африке для данного сценария.

**Структура выработки э/э в ВЮА («Справедливый Переход»)**





Региональные перспективы: текущий уровень развития электроэнергетического сектора существенно отличается от региона к региону.

### Результаты энергетического моделирования по регионам, сценарий «Справедливый Переход»

#### Египет



	2020 Факт	2040 Прогноз	2060 Прогноз
Население, млн чел.	107	143	173
Доступ к электроэнергии, %	100%	100%	100%
Доступ к «чистой кулинарии», %	95%	100%	100%
Экономический спрос, ТВтч	236	474	630
Выработка электроэнергии, ТВтч	198	539	716
Не покрытый спрос на э/э, %	32%	0%	0%
Установленная мощность ЭС, ГВт	59	117	154

#### Восточный регион

- Бурунди
- Джибути
- Эфиопия
- Кения
- Руанда
- Южный Судан
- Судан
- Уганда
- Танзания



Население, млн чел.	357	561	767
Доступ к электроэнергии, %	55%	58%	100%
Доступ к «чистой кулинарии», %	23%	52%	100%
Экономический спрос, ТВтч	785	1 235	2 061
Выработка электроэнергии, ТВтч	57	521	2 468
Не покрытый спрос на э/э, %	94%	65%	0%
Установленная мощность ЭС, ГВт	16	105	475

#### Южный регион

- Ангола
- Ботсвана
- ДРК
- Эсватини
- Лесото
- Малави
- Мозамбик
- Намибия
- Замбия
- Зимбабве

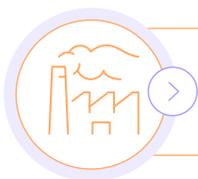


Население, млн чел.	220	376	556
Доступ к электроэнергии, %	41%	92%	100%
Доступ к «чистой кулинарии», %	23%	82%	100%
Экономический спрос, ТВтч	484	873	1 672
Выработка электроэнергии, ТВтч	79	554	1 734
Не покрытый спрос на э/э, %	84%	39%	0%
Установленная мощность ЭС, ГВт	19	110	381

#### Южно-Африканская Республика



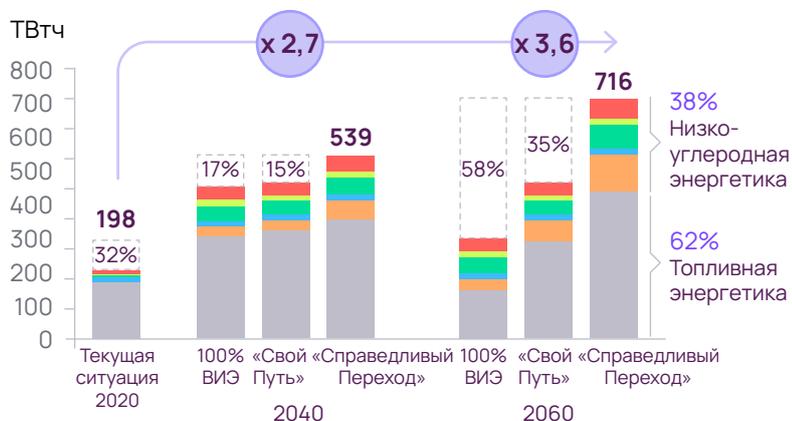
Население, млн чел.	59	70	75
Доступ к электроэнергии, %	90%	100%	100%
Доступ к «чистой кулинарии», %	87%	100%	100%
Экономический спрос, ТВтч	218	263	302
Выработка электроэнергии, ТВтч	213	269	309
Не покрытый спрос на э/э, %	7%	0%	0%
Установленная мощность ЭС, ГВт	59	71	80



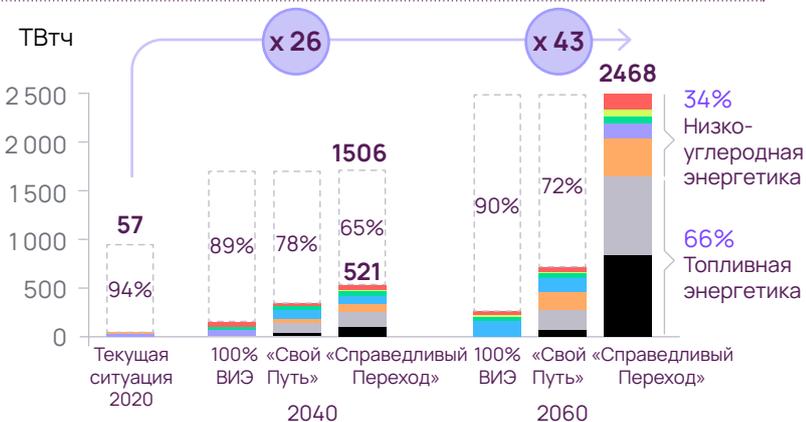
Два региона – ЮАР и Египет могут удовлетворить энергетические потребности самостоятельно только за счет национальных программ развития (сценарий «Свой Путь»).

**Египет:** По состоянию на 2020 г. выработка э/э составила 198 ТВтч, при неудовлетворенном экономическом спросе 32%. Экономический спрос возрастет до 474 ТВтч к 2040 г. и до 630 ТВтч к 2060 г. Ключевые факторы роста спроса – экономическое развитие и увеличение численности населения. Генерация ЭС полностью удовлетворяет спрос в 2040 и 2060 гг. Основной источник генерации – газовые ТЭС (до 62%) благодаря большим собственным запасам газа. Доля выработки э/э от АЭС увеличивается до 15% и играет значительную роль в стабилизации газового баланса в энергетическом секторе. К 2060 г. производство электроэнергии от ВИЭ может достичь 23%.

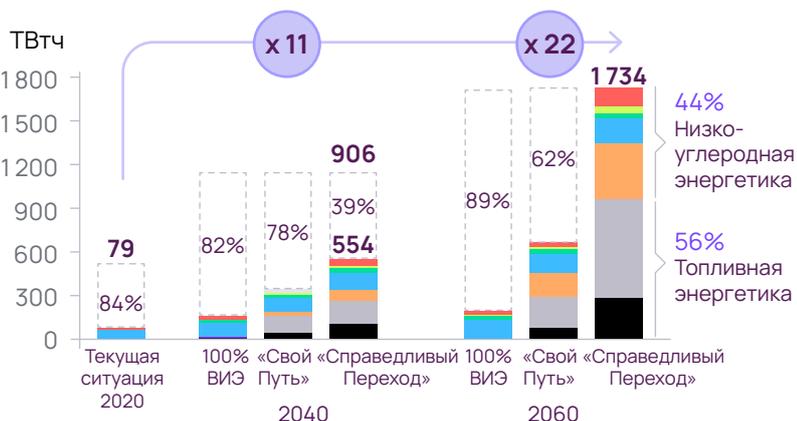
Производство э/э ЭС по сценариям



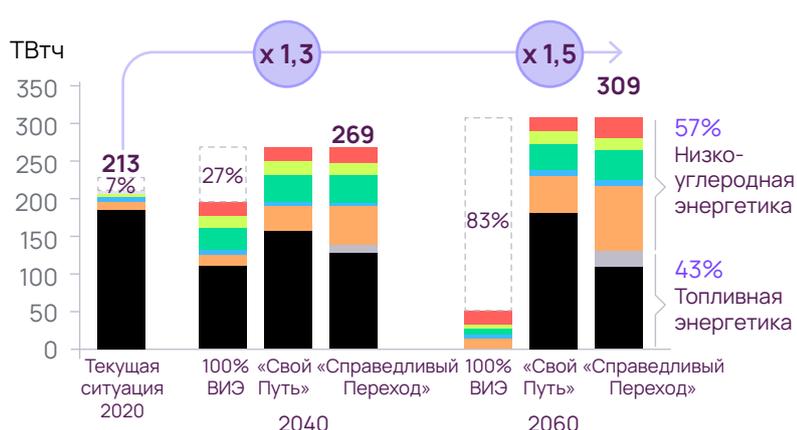
**Восточный регион:** По состоянию на 2020 г. выработка э/э составила 57 ТВтч, при неудовлетворенном экономическом спросе 94%. Экономический спрос возрастет до 1 235 ТВтч к 2040 г. и до 2 061 ТВтч к 2060 г. Ключевые факторы роста спроса – увеличение численности населения, обеспечение доступа к электричеству и экономическое развитие после 2040 г. Генерация ЭС может полностью удовлетворить спрос только к 2060 г. Основной источник генерации – угольные и газовые ТЭС (до 66%) за счет использования ресурсной базы региона. Выработка э/э от АЭС составляет 15% благодаря интеграции энергоблоков с реакторами малой мощности в слаборазвитые энергосистемы ряда стран этого региона. К 2060 г. производство электроэнергии от ВИЭ может достичь 20%.

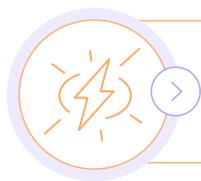


**Южный регион:** По состоянию на 2020 г. выработка э/э составила 79 ТВтч, при неудовлетворенном экономическом спросе 84%. Экономический спрос возрастет до 873 ТВтч к 2040 г. и до 1 672 ТВтч к 2060 г. Ключевые факторы роста спроса – увеличение численности населения, обеспечение доступа к электричеству и экономическое развитие после 2040 г. Генерация ЭС может полностью покрыть спрос только к 2060 г. Основной источник генерации – угольные и газовые ТЭС (до 56%) за счет использования ресурсной базы региона. Выработка э/э от АЭС составляет до 22% благодаря интеграции энергоблоков с реакторами малой мощности в слаборазвитые энергосистемы ряда стран этого региона. К 2060 г. производство электроэнергии от ВИЭ может достичь 22%.



**Южно-Африканская республика:** По состоянию на 2020 г. выработка э/э составила 213 ТВтч, при неудовлетворенном экономическом спросе 7%. Экономический спрос возрастет до 269 ТВтч к 2040 г. и до 309 ТВтч к 2060 г. Ключевые факторы роста спроса – увеличение численности населения и экономическое развитие. В двух сценариях – «Свой Путь» и «Справедливый Переход» экономический спрос удовлетворяется полностью в 2040 и 2060 гг. Основную выработку электроэнергии обеспечивают угольные и газовые ТЭС (до 43%) за счет проводимой модернизации и продления срока службы существующего парка. Доля атомной генерации в общем производстве э/э составляет до 28%. Производство электроэнергии от ВИЭ может достичь 29% к 2060 г.





Электрификация региона ВЮА способствует открытию крупнейшего в мире рынка для строительства новых электростанций мощностью более 930 ГВт.

## Перспективы рынка – сценарий «Справедливый Переход»

Энергомоделирование показывает, что полная электрификация ВЮА реализуема по сценарию «Справедливый Переход». Мы оцениваем, что потенциал рынка для строительства новых и реконструкции существующих ЭС составит около 1 100 ГВт, включая:

- газовые ТЭС – 371 ГВт;
- угольные ТЭС – 279 ГВт; (включая 40 ГВт реконструкцию);
- ВИЭ (солнце, ветер и др.) – 230 ГВт;
- АЭС – 128 ГВт (включая 32 ГВт АСММ);
- ГЭС – 81 ГВт;
- магистральные и распределительные сети.

Масштабная программа электрификации, сопоставимая с созданием пяти энергосистем России, на протяжении следующих 40 лет требует комплексного развития всех цепочек поставок: добыча первичных энергоресурсов, производство оборудования, строительство, подготовка персонала, финансирование, а также задействование смежных отраслей. Далее подробно рассматриваются перспективы каждого типа технологии, а также особенности их развития в отношении каждого из четырех макрорегионов ВЮА.

## Инвестиционные приоритеты и вызовы развития генерации в Восточной и Южной Африке к 2060 г. («Справедливый Переход»)

### Тепловые станции

- Инфраструктура разведки и добычи
- Финансирование проектов тепловой генерации
- ESG-политики
- Мощности производителей оборудования
- Модернизация существующих электростанций

## Топливный переход

Электрификация и индустриализация стран ВЮА будут возможны только при инклюзивном сочетании всех видов ресурсов. Тем не менее ТЭС будут играть важную роль, обеспечивая более чем 60% энергетического баланса, поскольку они уникальны в обеспечении необходимой масштабируемости мощностей, учитывая огромные запасы газа и угля в регионе ВЮА. Сотрудничество стран региона способствует развитию импортных поставок ресурсов в страны с ограниченными собственными ресурсами, что в свою очередь также способствует энергетическому переходу. В перспективе при наличии технической возможности и экономической целесообразности газовые электростанции могут быть переведены на водородно-газовые смеси, а угольные станции – на совместное сжигание ископаемого топлива и промышленной биомассы\*.

В дополнение к развитию угольной и газовой диспетчируемой генерации организуется строительная программа атомных электростанций, которые ограничены мощностями производителей оборудования, сроками строительства объектов и финансированием атомных проектов. Развитие тепловой генерации будет иметь ключевое значение и для интеграции ВИЭ с переменным характером выработки э/э (солнце, ветер и др.) и ГЭС с сезонным характером работы, которые не могут работать без резервирования диспетчируемой генерации.

\* Данный подход может быть аналогичен подходу, согласованному правящей коалицией Германии в начале 2024 г., с целью поддержания планов по строительству 10 ГВт новых газовых электростанций, которые в дальнейшем будут переведены на водородное топливо в период с 2035 по 2040 гг.

### Суммарная установленная мощность электростанций в ВЮА к 2060 г.

~1 100 ГВт всего ~ 930 ГВт Новых ЭС



Источник: анализ Kept



Газовые ТЭС могут внести наибольший вклад – 1 920 ТВтч или 36% в будущий энергобаланс ВЮА к 2060 г. Этот природный ресурс, как и уголь, в отличие от импортируемых солнечных и ветряных технологий является местным и в значительном объеме имеется в Африке.

## Перспективы газовой генерации

Газовая генерация – ключевой фактор успешной электрификации региона ВЮА. К 2060 г. установленная мощность газовых ТЭС в ВЮА достигнет 320 ГВт (распределение мощностей газовых ТЭС по регионам представлено на рисунке далее). Наибольшим потенциалом для строительства газовых электростанций обладают Восточный и Южный регионы – 132 и 142 ГВт соответственно, что связано с наибольшим растущим экономическим спросом и наличием запасов природного газа в этих регионах. Производство электроэнергии на газовых ТЭС составит 682 ТВтч к 2040 г. и 1 920 ТВтч к 2060 г., а это 36% от общей выработки э/э в регионе Восточной и Южной Африки.

Основными рынками для строительства новых газовых ТЭС станут рынки Восточного и Южного регионов, на которые к 2060 г. будет приходиться более 85% спроса на э/э (или 274 ГВт). В Египте и ЮАР потенциал оценивается в 38 ГВт и 4 ГВт соответственно.

Для обеспечения функционирования всего парка газовых ТЭС к 2060 г. необходимо около 309 млрд м<sup>3</sup> природного газа в год, что почти в четыре раза превышает текущие темпы добычи, а значит требует усиления геологоразведочных работ для поиска новых месторождений и увеличения добычи на существующих, а также масштабирования газовых проектов и развития инфраструктуры. Развитие газотранспортной сети в регионах будет способствовать эффективной транспортировке газа в страны, испытывающие недостаток в этом ресурсе, что приведет к созданию региональных газовых рынков и развитию межрегиональной газовой инфраструктуры. При этом будут вовлекаться смежные отрасли, такие как производство труб, оборудования для распределительных станций, внутридомового газового оборудования (газовые плиты, отопительные приборы и счетчики), строительные и инженерные направления.

Строительные масштабы для газовых ТЭС способствуют развитию местных цепочек поставок для производства компонентов, включая электрические и тепловые компоненты, газовые и паровые турбины, а также все возможности технического проектирования, тем самым снижая стоимость строительства и обеспечивая рабочие места для населения.

Газификация стран обеспечивает снабжение домохозяйств и промышленности более чистой и доступной энергией вместо древесного угля, древесины, биомассы и дизельного топлива. Особенно важное значение имеет развитие газовой генерации как базовой мощности в энергосистеме стран, где нет собственных альтернативных ресурсов. По мере развития базовой генерации и межсистемных связей возможна интеграция переменных ВИЭ, таких как ветер, солнце и др., имеющихся в регионе.



## Возможности развития газового сектора в Танзании и Мозамбике

Открытые за последнее десятилетие крупные месторождения газа на прилегающем шельфе Танзании и Мозамбика могут иметь важное значение в построении энергетических систем стран Восточной и Южной Африки. По данным Международного энергетического агентства (Africa Energy Outlook 2022), суммарные запасы природного газа в Мозамбике и Танзании оцениваются в более 30 трлн м<sup>3</sup>.

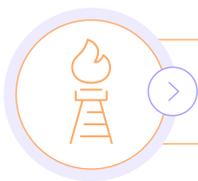
Интеграция газовой генерации оказывает значительное влияние на развитие энергетического комплекса региона, при этом значительные объемы мощностей газовых электростанций предполагают крупномасштабное освоение имеющейся ресурсной базы, разработку новых месторождений и развитие газовой инфраструктуры.

Успех реализации газовых проектов будет зависеть от комплексного подхода:

- **Баланс между экспортом и национальными потребностями:** основное стремление каждого вновь открытого месторождения в Африке – преимущественное развитие экспортно-ориентированных проектов СПГ, которые проще финансировать и реализовывать по сравнению с местным развитием отраслей с добавленной стоимостью, – не предоставляет возможности для развития других направлений газопереработки.
- **Диверсификация использования газа:** усиление положительного воздействия на экономическое развитие за счет многоотраслевого использования (энергетического сектора, промышленных потребностей и экспорта) для максимизации добавленной стоимости ресурсов для местной экономики.
- **Локализация цепочек поставок:** разработка производственных технологий для оборудования газовой промышленности, обучение персонала и предоставление услуг сервисного обслуживания.

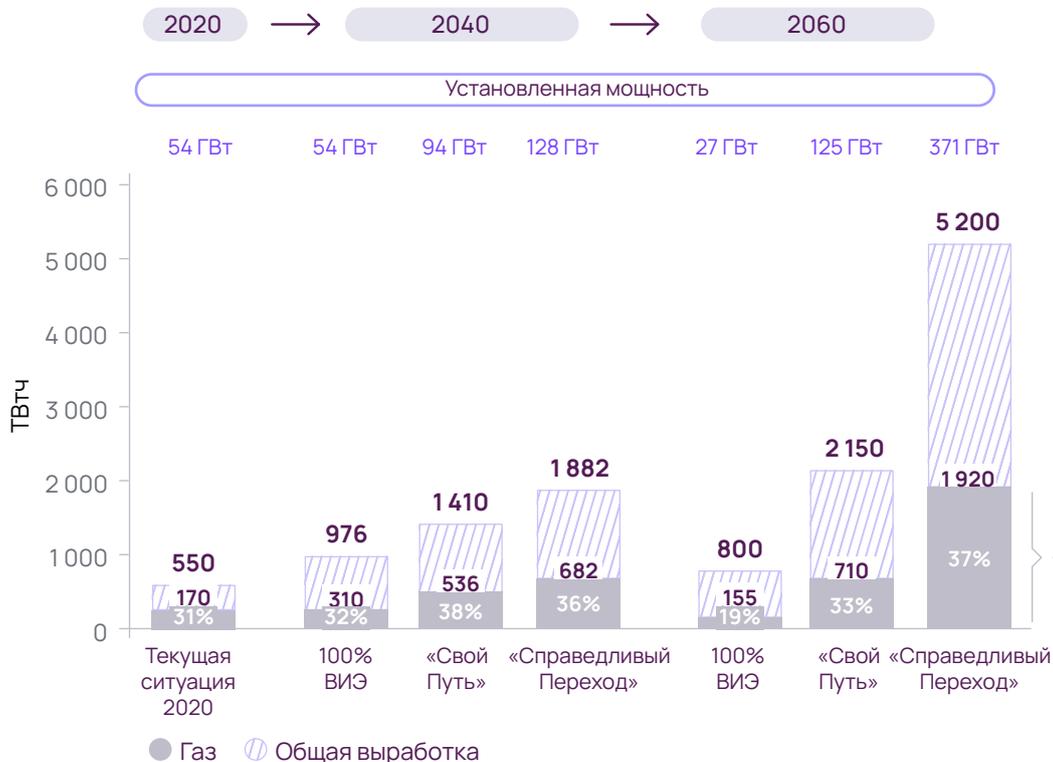
По нашим оценкам, практический критерий успешных программ газификации можно охарактеризовать как «Правило 1/3», согласно которому национальные ресурсы газа в равной степени направляются в экспорт, энергетический сектор, коммунально-бытовой сектор и промышленность для увеличения объемов продукции с высокой добавленной стоимостью для экономического развития стран.

Источник: МЭА, анализ Kept.



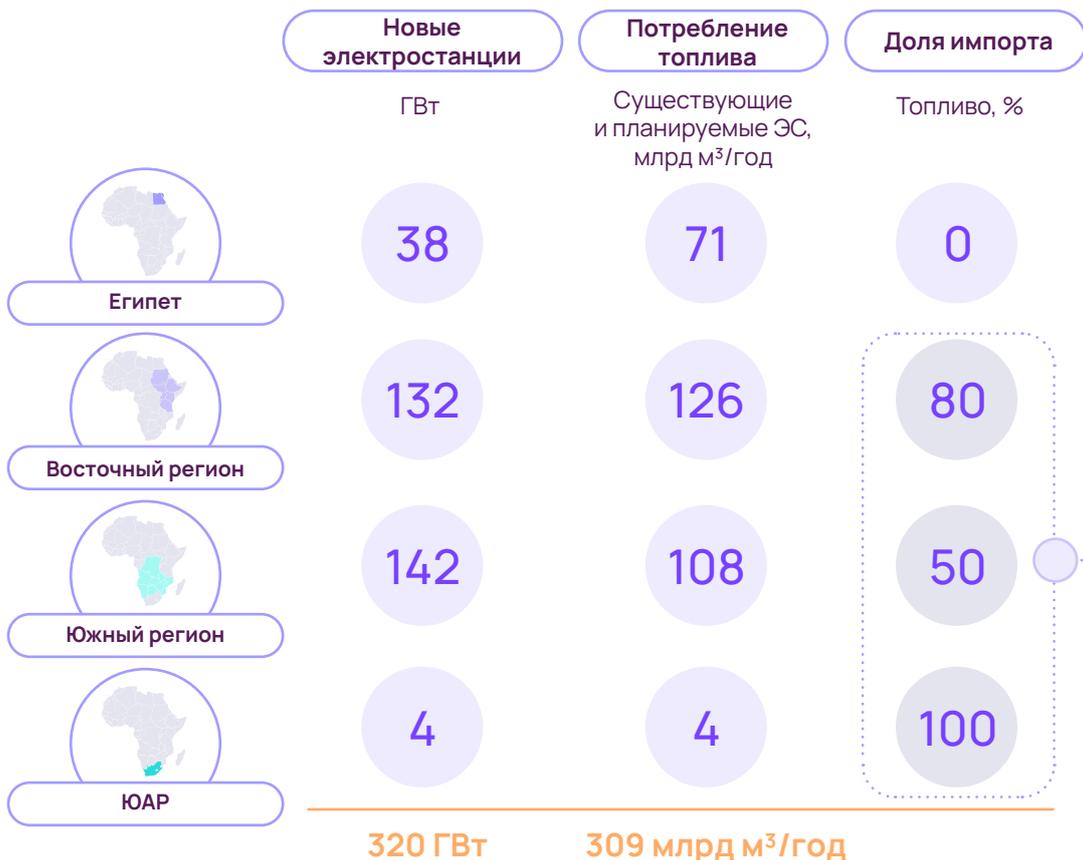
В число ключевых регионов для развития газовых ТЭС входят рынки Восточного и Южного регионов, где совокупно потребуется 280 ГВт к 2060 г.

### Прогноз выработки э/э газовыми ТЭС



**Газовые электростанции** могут внести наибольший вклад в энергетический баланс с долей выработки электроэнергии 36% к 2060 г.

### Распределение газовых ТЭС и потребность в газе по регионам к 2060 г. («Справедливый Переход»)



**Развитие инфраструктуры добычи и транспорта газа:** текущих объемов добычи газа в ВЮА достаточно для удовлетворения не более 1/3 спроса к 2060 г. Необходима ускоренная разработка новых месторождений и газотранспортной инфраструктуры.



Угольная генерация может занять второе место в энергетическом балансе ВЮА с выработкой э/э 1 200 ТВтч – 24% энергобаланса к 2060 г.

### Перспективы угольной генерации

Угольные электростанции станут вторыми по значимости источниками энергии для Восточной и Южной Африки. Выработка угольных ТЭС к 2060 г., включая существующие, в структуре энергобаланса может достичь 24% или 1 230 ТВтч. Спрос на строительство угольных ТЭС составит 245 ГВт преимущественно в Восточном и Южном регионах – 165 ГВт и 80 ГВт соответственно.

Ограниченное финансирование представляет собой ключевое препятствие для развития. Это является следствием международной политики в области ограничений в отношении выбросов CO<sub>2</sub> со стороны международных финансовых институтов и корпоративных игроков. Другие вызовы для угольной генерации – экологические (не связанные с выбросами углекислого газа) и технические (связанные с необходимостью повышения маневренности работы оборудования в условиях наращивания объема ВИЭ в энергосистеме) – могут быть успешно решены путем внедрения технологий «Чистого угля» (Clean Coal) или высокоэффективных технологий с низкими уровнем выбросов (High Efficiency Low Emissions)\* при строительстве новых и модернизации существующих электростанций.

Строительство угольных электростанций в таких масштабах способствует развитию местных цепочек поставок для производства компонентов, включая электрические и тепловые элементы, паровые турбины,

а также предоставляет возможности для развития инжиниринговых и проектных услуг, что в конечном итоге приводит к снижению стоимости строительства. Для реализации угольной программы необходимо изменить подход к финансированию угольных проектов в странах, где проводятся первичная электрификация и индустриализация.

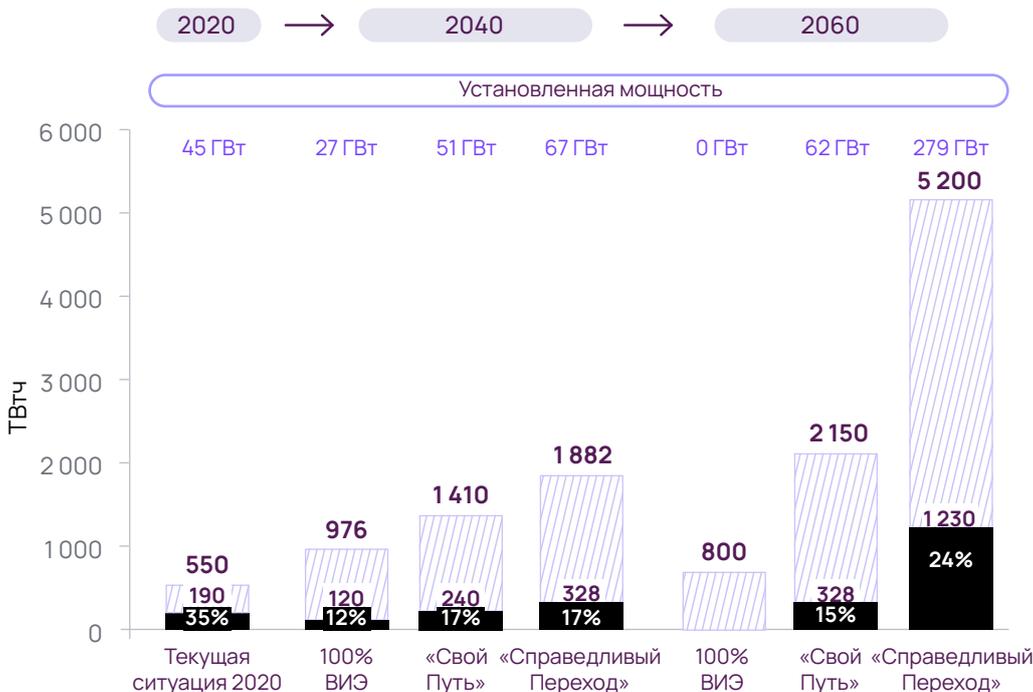
### Распределение новых угольных ЭС и потребность в топливе к 2060 г.

Регион	Новые ЭС ГВт	Потребление топлива (существующие и планируемые ЭС) млн т/год	Доля импорта (топливо) %
Египет	-	-	-
Восточный регион	165	284	95
Южный регион	80	98	70
ЮАР	~40 (реконструкция)	38	0

\*Технологии Clean Coal или High Efficiency Low Emissions включают технологические решения по двум направлениям:

- решения по подавлению выбросов загрязнителей и очистке дымовых газов – от повышения качества сжигаемого угля до применения установок азото-, сероочистки и золоулавливающих фильтров на ТЭС, к тому же этот природный ресурс, как и газ (в отличие от импортируемых солнечных и ветряных технологий), является местным и в значительном объеме имеется в Африке;
- решения по борьбе с изменением климата – от общего повышения эффективности угольной генерации до улавливания углекислого газа и совместного сжигания биомассы.

### Прогноз выработки э/э угольными ТЭС



**245 ГВт**  
**~420 млн т/год**

**Угольная генерация может добавить до 1 230 ТВтч в энергобалансе ВЮА, при этом основными ограничениями могут быть только административная политика и финансирование.**

- Уголь
- ⊕ Общее производство

Для обеспечения выработки угольных ЭС необходимо развитие потенциальных собственных и импортных (из других африканских стран) угольных ресурсов.

Источник: MGA, IRENA, СКОЛКОВО, анализ Kept.



Практика Германии по использованию «маневренного угля» для интеграции ВИЭ может служить примером для ЮАР и других африканских стран.

## «Маневренный уголь» в Германии

### Роль угольной генерации в энергопереходе

В контексте энергоперехода тепловая генерация продолжает оставаться важнейшей частью энергетического баланса Германии, превращаясь из поставщика электроэнергии в поставщика системных услуг по регулированию. Приведенный ниже график загрузки ЭС в течение недели 2023 г. демонстрирует маневренность угольных ТЭС (быстрая разгрузка и продолжительная работа с минимальной выдачей мощности) и обеспечение суточного регулирования при увеличении выработки на солнечных и ветровых электростанциях.

Модернизация угольных ТЭС с повышением маневренности позволила сократить инвестиции в строительство новых газовых ТЭС и сроки создания маневренных мощностей (в 2-4 раза). Экономленные средства были направлены на увеличение объемов ВИЭ и модернизацию сетей параллельно с адаптацией правил работы рынков для одновременного функционирования традиционной и ВИЭ-генерации.

Таким образом, угольная генерация не выводится из эксплуатации, а поддерживается и реконструируется. Подобный подход полностью противоречит так называемой инициативе Just Energy Transition IP, продвигаемой Евросоюзом и США на развивающихся

рынках ЮАР, Индонезии и других стран, способствующей досрочному закрытию угольных ТЭС.

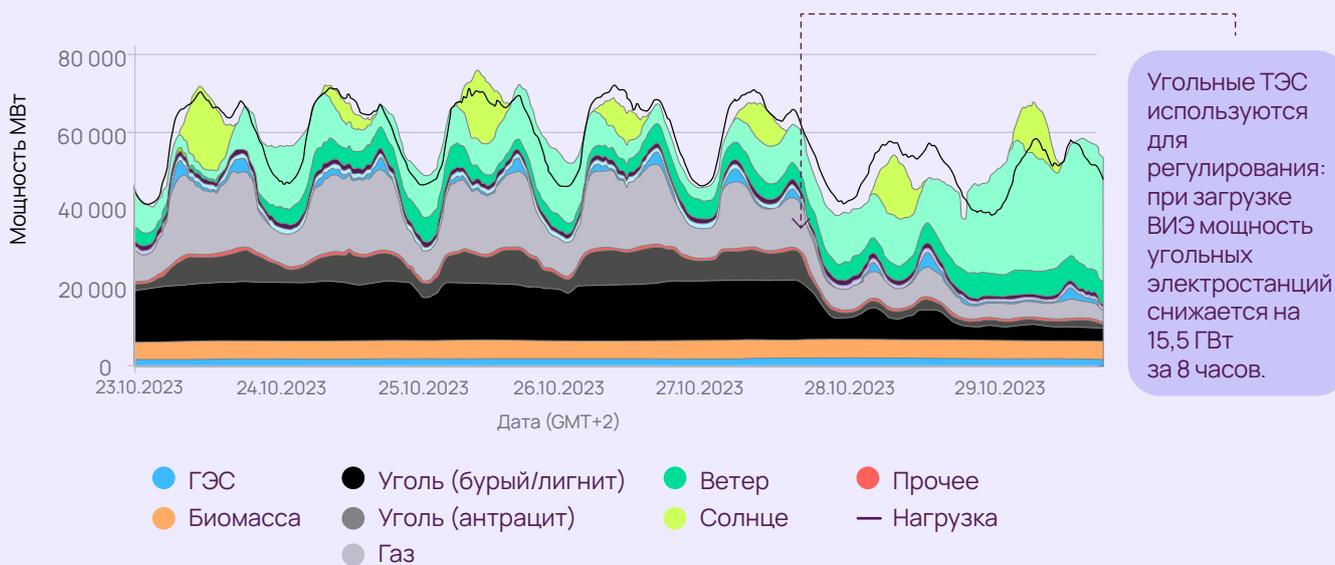
### Финансирование угольных проектов

Ведущие немецкие банки далеки от того, чтобы завершить финансирование угольной генерации, включая прямое кредитование и сделки на рынках капитала. Например, с октября 2018 г. по октябрь 2020 г. финансовые организации Германии вложили в угольную генерацию 15 млрд евро.

Финансирование угольной генерации остается значимым не только в Германии, но и в странах ОЭСР. По данным S&P Global и Urgewald, в период с января 2019 г. по ноябрь 2021 г. мировая угольная отрасль получила от коммерческих банков кредиты на сумму \$363 млрд и \$1,2 трлн. Три японских банка Mizuho Financial, Mitsubishi UFJ Financial и SMBC Group вместе с банком Barclays из Великобритании и Citigroup из США составляют первую пятерку кредиторов в рейтинге «грязной дюжины». Стоит отметить, что эти пять банков наряду с другими десятью крупнейшими кредиторами мировой угольной отрасли одновременно являются членами Банковского альянса по достижению нулевого баланса выбросов CO<sub>2</sub>.

Такой прагматичный подход может быть использован в качестве хорошего передового примера для африканских стран, особенно ЮАР, эксплуатирующих большой парк угольных ТЭС, до принятия каких-либо обязательств по выводу этих активов из эксплуатации.

### График загрузки электростанций по видам генерации в Германии, 43-я неделя 2023 г.



\*Представлены только основные генерирующие источники

Источник: S&P Global Analytics, Energy-Charts.info



Атомная генерация может обеспечить до 1/5 энергобаланса ВЮА или более 950 ТВтч, а установленная мощность достигнет 128 ГВт.

## Перспективы атомной энергетики

К 2060 г. установленная мощность АЭС может достичь 128 ГВт, что обеспечит выработку э/э до 950 ТВтч и составит 18% в энергетическом балансе ВЮА. Рынок АЭС будет разделен на сегменты генерации на основе блоков большой мощности и технологий малых модульных реакторов и реакторов средней мощности.

**Реакторы большой мощности:** Емкость рынка атомных блоков большой мощности оценивается в 80 единиц. Возможно строительство до 12 энергоблоков в Египте и 8 в ЮАР. В Египте атомная генерация имеет важное значение в стабилизации газового баланса в стране и перенаправлении газовых ресурсов в другие секторы экономики. Что касается Южной Африки, то ядерная энергетика может сыграть важную роль в замене устаревшей угольной генерации и развитии новых генерирующих мощностей в контексте политики декарбонизации.

**АСММ и реакторы средней мощности:** Емкость рынка малых модульных реакторов оценивается в 30 ГВт или 320 единиц и около 20 блоков мощностью 400–600 МВт. Специфическая роль для данных технологий отводится созданию базовой генерации в энергосистемах внутриконтинентальных стран с ограниченными топливными ресурсами. При этом серийное строительство и масштабируемость АЭС малой и средней мощности позволяют гибко адаптироваться под фактический спрос на электроэнергию.

Основными ограничениями строительства АЭС являются как строительные мощности производителей оборудования и финансирование, так и технологическая готовность малых реакторов к масштабному строительству в 2040–2060 гг. Несмотря на то, что атомная энергетика считается технологией с низким уровнем выбросов, такой же как гидроэнергетика, энергия ветра и солнечная энергия, она не включена в портфель МФО для финансирования или программ «технической поддержки». Однако интеграция АЭС позволяет сократить общий объем выбросов и играет основополагающую роль в декарбонизации энергетического сектора, а также интеграции ВИЭ.

### АСММ для Восточного и Южного регионов

Развитие технологий малых модульных реакторов (до 50–300 МВт) и АЭС средней мощности (400–600 МВт) будет иметь важное значение для ликвидации энергетической бедности и удовлетворения энергетического спроса во внутриконтинентальных странах Восточного и Южного региона.

**Независимость от импортируемых ресурсов.** В странах, не имеющих запасов ископаемых ресурсов, атомная энергетика может сократить зависимость от импортируемых ресурсов. АЭС имеют самые низкие риски, связанные с логистикой и перебоями в поставках топлива.

**Диспетчируемая генерация.** АСММ – это базовая генерация, которая обеспечивает стабильность и бесперебойность поставок э/э в энергосистеме, а также поставляет э/э в соответствии со всеми требованиями к качеству электроснабжения, что важно для развития энергоемких отраслей промышленности.



## Роль атомной энергетики в газодобывающих странах на примере Египта

Строительство АЭС в газодобывающих странах, таких как Египет, выполняет важную функцию по высвобождению добываемого газа для нужд промышленного сектора и коммунально-бытового хозяйства, а также для экспорта. При этом внедрение атомных технологий является важной частью стратегии устойчивого развития, которое повышает надежность национальной системы энергоснабжения, а также покрывает растущий спрос на э/э в условиях экономического и промышленного развития.

### Ядерная программа для Египта:

- Строительство АЭС мощностью 12x1 200 МВт экономит до 12 млрд м<sup>3</sup> газа в год (сценарий «Справедливый Переход»).
- Снижение выбросов CO<sub>2</sub> (минус 30 млн т CO<sub>2</sub> в сравнении с выработкой аналогичного объема э/э на газовых ТЭС).

### Прогноз производства э/э и потребления газа в Египте, 2060 г.



\* Учитывается строительство АЭС «Эль-Дабба»

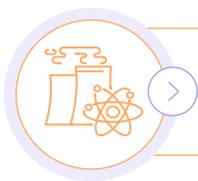
Источник: анализ Kept.

**Энергосистемы малой мощности.** Интеграция малых/средних атомных энергоблоков – наиболее экономически обоснованное решение для малых энергетических систем со слабыми связями, а также переходное решение этапа развития энергосистемы для последующего этапа по интеграции блоков средней и большой мощности развития энергетической системы.

**Содействие интеграции ВИЭ.** Наличие в энергосистеме базовой диспетчируемой генерации способствует интеграции солнечных и ветряных ЭС, при этом обеспечивая надежность и устойчивость энергосистемы, гарантированное электроснабжение потребителей.

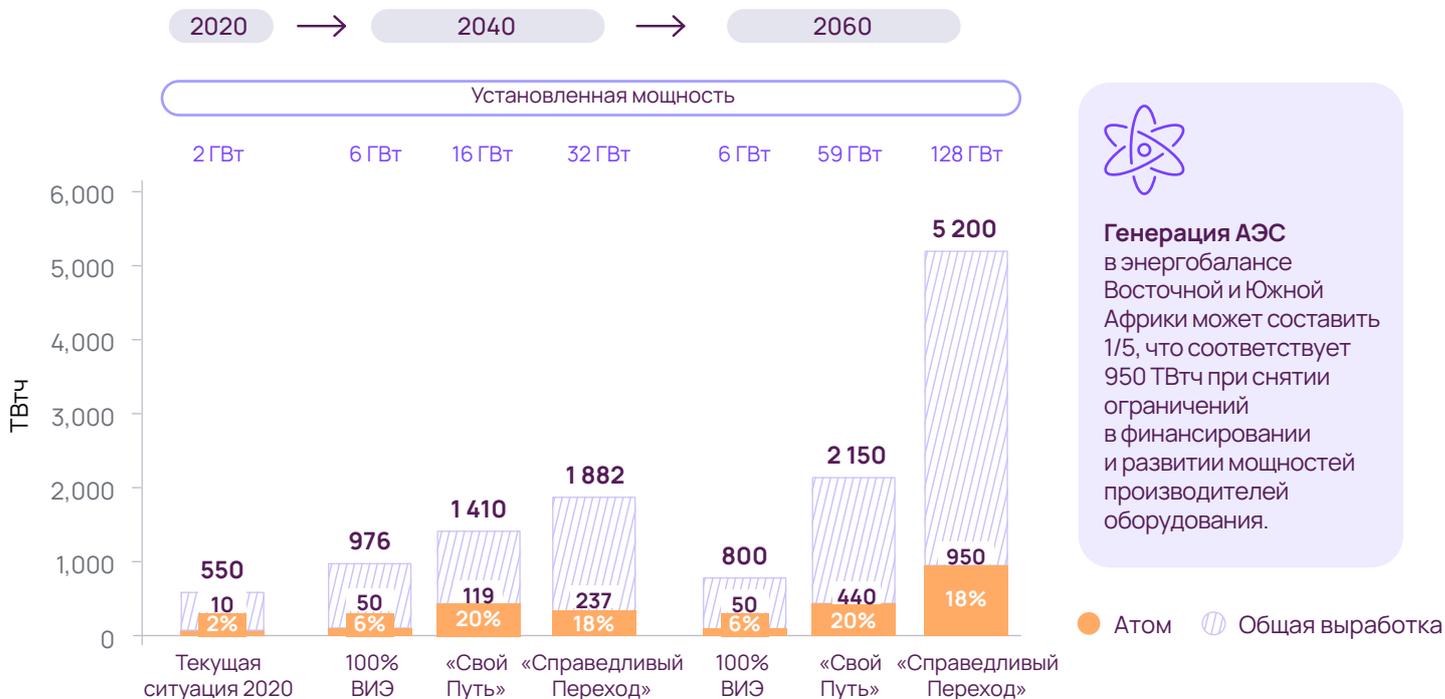
**Многоблочная компоновка.** Масштабируемость АСММ позволяет поэтапно наращивать производство электроэнергии, обеспечивая основу для строительства энергоемких промышленных объектов с высокой добавленной стоимостью.

Источник: МГА, анализ Kept.



Основными ограничениями развития атомной энергетики являются производственные мощности вендоров и финансирование атомных программ.

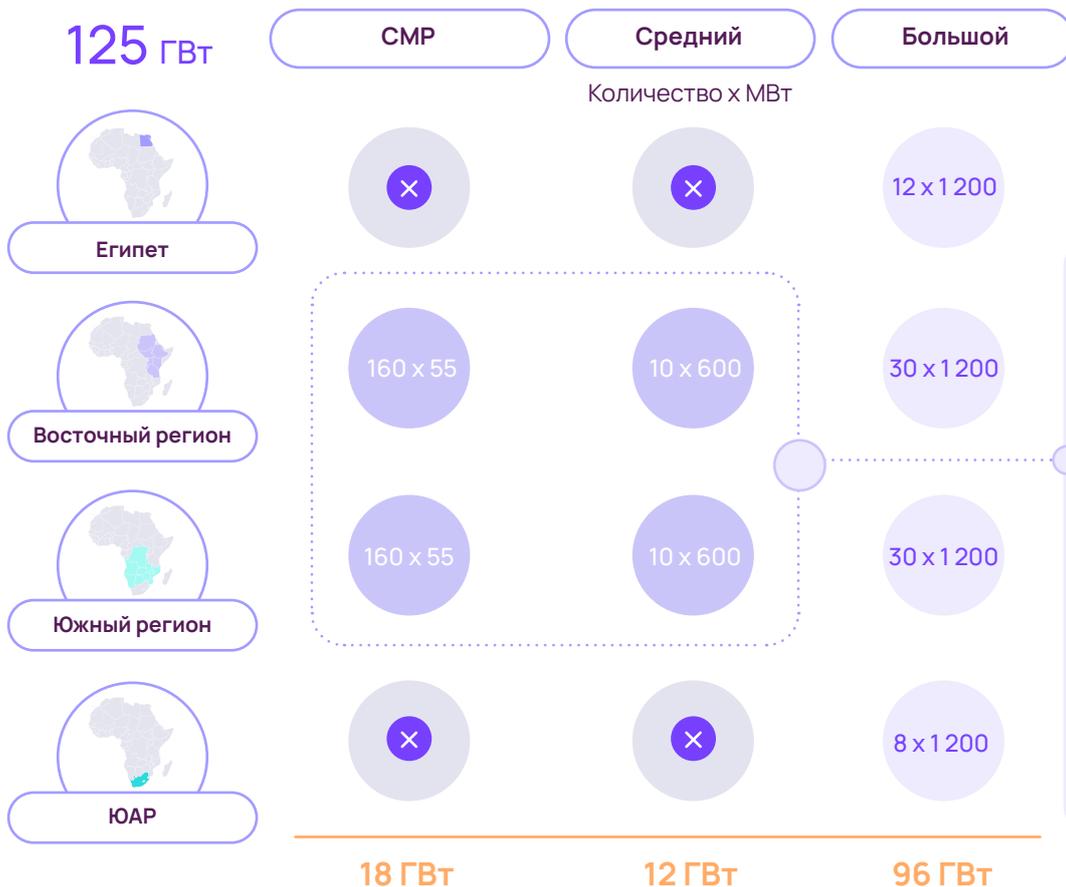
### Прогноз выработки э/э электроэнергии АЭС



**Генерация АЭС**  
в энергобалансе Восточной и Южной Африки может составить 1/5, что соответствует 950 ТВтч при снятии ограничений в финансировании и развитии мощностей производителей оборудования.

● Атом    ● Общая выработка

### Распределение новых АЭС к 2060 г. («Справедливый Переход»)



**АЭС малой и средней мощности** могут стать основой для развития энергетики во внутриматериковых странах региона ВЮА с ограниченными собственными ископаемыми ресурсами, в особенности на начальных этапах реализации программ электрификации.



ВИЭ могут обеспечить до 1 100 ТВтч выработки и занять 1/5 часть в энергобалансе ВЮА. Сценарий «Справедливый Переход» позволяет интегрировать гораздо большие мощности ВИЭ, чем сценарий 100% ВИЭ (1 100 ТВтч по сравнению с 600 ТВтч).

### Перспективы ВИЭ

Согласно расчетам, ВИЭ могут обеспечить до 1 100 ТВтч и занять 1/5 часть в энергобалансе ВЮА. В рамках первоначального процесса электрификации ВИЭ необходимо развивать параллельно с развитием диспетчируемой генерации. По нашим оценкам, более 310 ГВт ВИЭ (включая более 81 ГВт ГЭС, 69 ГВт ветряных ЭС) могут быть интегрированы в энергосистему.

Масштабирование ВИЭ сдерживается двумя основными факторами: (1) ограниченными первичными ресурсами и площадками для размещения, особенно применимыми для гидро- и ветрогенерации и (2) эффективной интеграцией ВИЭ с переменным характером выработки э/э. Это может показаться парадоксальным, но сценарий с преобладанием ископаемого топлива «Справедливый Переход» позволяет интегрировать почти в два раза больше генерации на основе ВИЭ – 1 100 ТВтч по сравнению с 600 ТВтч сценария «100% ВИЭ», ориентированного на продвижение «экологически чистых источников энергии». Это в первую очередь относится к ВИЭ с переменным характером выработки э/э, потенциальные мощности которых сильно отличаются: 230 ГВт – в сценарии «Справедливый Переход» против 99 ГВт в сценарии «100% ВИЭ».

Моделирование однозначно показывает, что формирование энергобаланса на 100% ВИЭ технически нереализуемо, поскольку объем генерации ВИЭ невозможно масштабировать до уровня обеспеченности энергией, необходимой для полной электрификации региона, что противоречит большинству мейнстрим-исследований в области «зеленой энергетики» Африки, финансируемых по линии МФО.

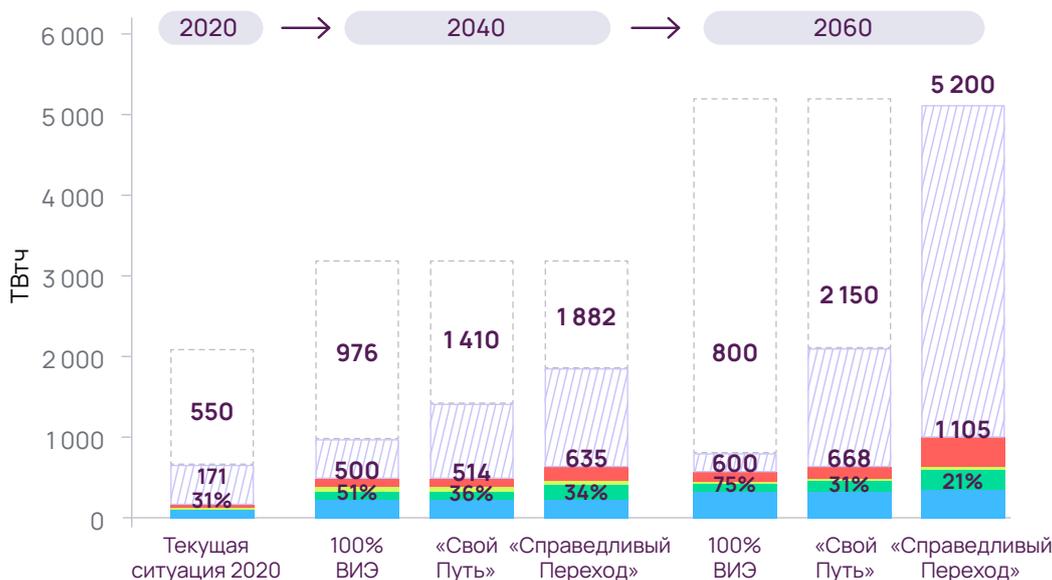
### Потенциал возобновляемых источников энергии в ВЮА

По оценкам Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) 2021 г., суммарный технический потенциал ветряной и солнечной генерации в Восточном и Южном регионе составляет более 147 ГВт и 337 ГВт соответственно. Экономический потенциал выявленных объектов в 335 зонах оценивается в 120 и 180 ГВт для ВЭС и СЭС соответственно. Таким образом, общий потенциал производства э/э ВИЭ, помимо ГЭС, составляет порядка 1 000 ТВтч, что недостаточно для покрытия экономического спроса в регионе, оцениваемого в 5 200 ТВтч.

Потенциалы других ВИЭ, таких как биомасса, геотермальная энергия, энергия приливов, энергия морских течений и т.д., до конца не изучены, однако предполагается, что они будут ниже, чем энергия солнца и ветра. Так страны, расположенные вдоль Великой Рифтовой долины (Эфиопия, Кения, ДРК и Танзания), обладают значительным потенциалом геотермальной энергии. Например, геотермальный потенциал Кении оценивается порядка 10 ГВт, а всего Восточного региона – 16 ГВт. Другим важным ресурсом является древесина, неорошаемый сахарный тростник и стебли сорго, которые также можно использовать в технологиях для выработки э/э. Высокие теоретические мощности по производству электроэнергии из биомассы можно отметить в Демократической Республике Конго (более 12 ГВт), а также Уганде и Эфиопии, Анголе, Египте, Мозамбике, Танзании и Судане.

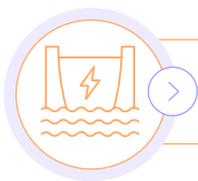
Источник: IRENA, EAPP, REGLOBAL

### Выработка электроэнергии ВИЭ



**Интеграция ВИЭ:** развитие диспетчируемой генерации в сценарии «Справедливый Переход» позволяет интегрировать ВИЭ с выработкой э/э до 1100 ТВтч, что почти в два раза больше, чем в сценарии «100% ВИЭ».

● Гидроэнергия ● Ветер ● Солнце ● Общая выработка ● Другие ● Недопоставленная э/э



Масштабное строительство ВИЭ в Африке возможно только при условии параллельного развития диспетчируемой и прежде всего тепловой генерации.

## Перспективы гидроэнергетики

ВЮА располагает значительными гидроресурсами, которые еще не полностью освоены. Однако даже полное освоение гидропотенциала региона не обеспечивает удовлетворение и десятой доли экономического спроса к 2060 г.

Большой гидропотенциал имеется в Эфиопии, Анголе, ДРК, Мозамбике, Танзании, Судане и Замбии, однако масштабное его освоение – строительство крупных ГЭС представляет собой технически сложную задачу. Важно учитывать не только экономические или технические аспекты, связанные с привлечением инвестиций и созданием магистральной электросетевой инфраструктуры, но и экологические, такие как создание водохранилищ, для которых требуется затопление земель, чаще всего пригодных для ведения сельского хозяйства, и изменение стока реки ниже по течению. Поэтому решение о строительстве объектов в рамках масштабных и долгосрочных проектов должно приниматься в сотрудничестве с соседними странами региона. Согласно генеральным планам Восточно-Африканского (2014 г.) и Южно-Африканского (2017 г.) энергетических объединений, максимальная потенциальная мощность новых и существующих ГЭС составляет 121 ГВт. В настоящем исследовании в сценарии «Справедливый Переход» общая мощность ГЭС к 2060 г. составила 81 ГВт (включая 54 ГВт новых ГЭС), обеспечивающих выработку 369 ТВтч (7% от общего объема выработки э/э).

Основными ограничениями для гидроэнергетической программы являются потенциал гидроресурсов и продолжительные сроки строительства гидрообъектов. Теоретический потенциал для ГЭС, составляющий 121 ГВт, позволяет обеспечить выработку электроэнергии в объеме до 500 ТВтч, что все равно составит менее 11% от общей выработки э/э в ВЮА к 2060 г.

Сезонные особенности региона ВЮА (дождливый и засушливые периоды) оказывают непосредственное влияние на гидрологическую обстановку рек, а значит и на располагаемую мощность ГЭС, которая за год изменяется 2–3 раза. Таким образом, сезонная нехватка гидрогенерации должна резервироваться диспетчируемой генерацией, а это значит, что спрос на э/э во время засухи может быть покрыт за счет использования энергетических резервов ТЭС или из соседних профицитных регионов.

Развитие гидроэнергетических мощностей, даже в условиях ограниченного потенциала, имеет важное значение с точки зрения повышения показателей эффективности работы энергосистемы в целом. Строительство ГЭС способствует интеграции ВИЭ (таких как солнце, ветер и др.), покрытию пиковой нагрузки, выравниванию графика нагрузки, повышению надежности работы энергосистем, а маневренность ГЭС позволяет оперативно задействовать резервы при аварийных остановках генерирующих установок на других электростанциях в энергосистеме.

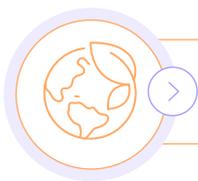
## Распределение мощностей ВИЭ по видам к 2060 г. («Справедливый Переход»)



Источник: анализ Kept.



# Влияние климатической политики



Климатическая политика, не адаптированная к текущим потребностям континента, создает существенные ограничения для электрификации Африки.

## Влияние климатической политики на развитие Африки

Современные ESG-стратегии оказывают серьезное влияние на развитие энергетического сектора в Африке. Заметной тенденцией является акцент исключительно на «зеленых» проектах, поддерживаемых МФО, программами, финансируемыми донорами и корпоративной политикой, который создает существенные ограничения для развития энергетического сектора в Африке:

- **Ограничения на технологии для энергетического сектора:** текущая политика серьезно ограничивает развитие традиционной тепловой и атомной генерации путем финансирования только ВИЭ.
- **Низкая надежность энергосистемы:** чрезмерная зависимость от ВИЭ делает энергетический сектор уязвимым к колебаниям погодных условий, влияя на надежность энергоснабжения.
- **Дефицит энергоресурсов для покрытия спроса:** переход на «зеленую» энергию – это постепенный процесс, и преждевременный отказ от традиционных источников энергии на этапе первичной электрификации приводит к увеличению энергодефицита стран Африки. Разрыв между объемом интеграции ВИЭ и растущим экономическим спросом будет препятствовать промышленному росту и общему экономическому развитию.

В совокупности это приводит к отсутствию практических вариантов электрификации и индустриализации, росту энергетической бедности и недопоставки электроэнергии потребителям и стагнации экономического роста. Чтобы решить эти проблемы, необходимо адаптировать климатическую политику и ESG-политику для признания важности диверсифицированного энергетического баланса. Для Африки, где выбросы CO<sub>2</sub> являются одними из самых низких (3% от накопленного объема выбросов в мире – см. диаграмму), политики, МФО и корпорации должны совместно поддерживать не только «зеленые» проекты, но и инвестировать в развитие всех технологий. Только такая комплексная стратегия обеспечивает устойчивый энергетический переход в соответствии с экологическими целями и экономическим развитием.

## Доля Африки в мировых совокупных выбросах CO<sub>2</sub> в 1751–2017 гг.



Источник: Всемирный банк, Our World in Data, анализ Kept.

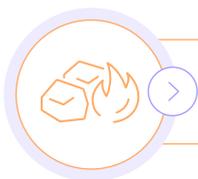
## Слепые зоны учета выбросов

При определении объемов выбросов Африки часто игнорируется один из аспектов, связанный с использованием «традиционной биомассы» в качестве замены современного электричества. Хотя широко распространено мнение, что ископаемое топливо напрямую связано с высокими выбросами, реальная картина выбросов в африканских странах более сложная.

По нашим оценкам, в 2020 г. более 73% экономического спроса в регионе ВЮА остается неудовлетворенным из-за дефицита генерирующей мощности и отсутствия инфраструктуры. Недопоставленная энергия замещается сжиганием самых примитивных и неэффективных видов топлива - традиционной биомассы: растительных и животных отходов, древесного угля и дров для отопления и приготовления еды и прочих нужд. Это приводит к дополнительным 470 млн тонн CO<sub>2</sub>, что на 110% больше по сравнению с выбросами от ТЭС при производстве такого же объема энергии.

Использование «традиционной биомассы» в значительной степени способствует обезлесению: потери в лесных районах Африки самые высокие в мире. Так, с 2015 по 2020 гг. в Африке вырублено 4,4 млн га лесов. «Традиционная биомасса» является основным топливом для домохозяйств из-за ее доступности по цене и необходимых объемов. Однако ее неэффективное производство и использование ведет к негативным последствиям как для окружающей среды, так и для здоровья населения, вызывая хронические респираторные болезни.

Серьезные негативные последствия от сжигания биомассы требуют много усилий по переходу от древесного топлива к современным формам тепловой энергии, обеспечения доступа к электричеству для удовлетворения потребностей в «чистой кулинарии», отопления домов и использования современных бытовых технологий.



«Теневые выбросы» сжигания древесного угля и дров превышают выбросы электроэнергетики в Африке.

### Прогноз выбросов CO<sub>2</sub>

Для оценки климатических последствий программы электрификации ВЮА были рассчитаны выбросы CO<sub>2</sub> для трех сценариев развития энергетического сектора, включая выбросы от сжигания топлива на электростанциях и «теневые выбросы» в результате нерационального сжигания населением традиционной биомассы из-за отсутствия доступа к электроэнергии.

Основное допущение заключается в том, что по мере электрификации и перехода к централизованной системе энерго- и теплоснабжения использование традиционной биомассы для нужд домохозяйств будет сведено к минимуму или полностью исключено, в то время как отсутствие своевременных решений по обеспечению энергоперехода заставит растущее население использовать еще больше древесины и древесного угля, тем самым увеличивая выбросы.

Моделирование показывает, что в 2020 г. до 66% выбросов были «теневыми», связанными с нерациональным использованием биомассы. К 2060 г. выбросы увеличиваются во всех трех сценариях до уровня 1 790–1 610 млн тонн CO<sub>2</sub>/год, что связано с ростом численности населения (результаты показаны на рисунке).

Наихудший сценарий с точки зрения экологического влияния и социального благополучия – «100% ВИЭ». По мере снижения удельного потребления э/э на душу населения с 735 до 510 кВтч в год общее потребление биомассы увеличивается почти в три раза из-за использования дров и древесного угля для нужд домохозяйств, отопления и приготовления еды. Несмотря на снижение выбросов в генерирующем секторе, общий объем выбросов составит до 1 600 млн тонн CO<sub>2</sub> /год, при этом 97% выбросов становятся «теневыми».

### Подход к расчету выбросов CO<sub>2</sub>



**Выбросы при производстве электроэнергии**  
(прямые выбросы)



**Выбросы от сжигания биомассы для бытовых нужд**  
(«теневые выбросы»)



**Суммарные выбросы**

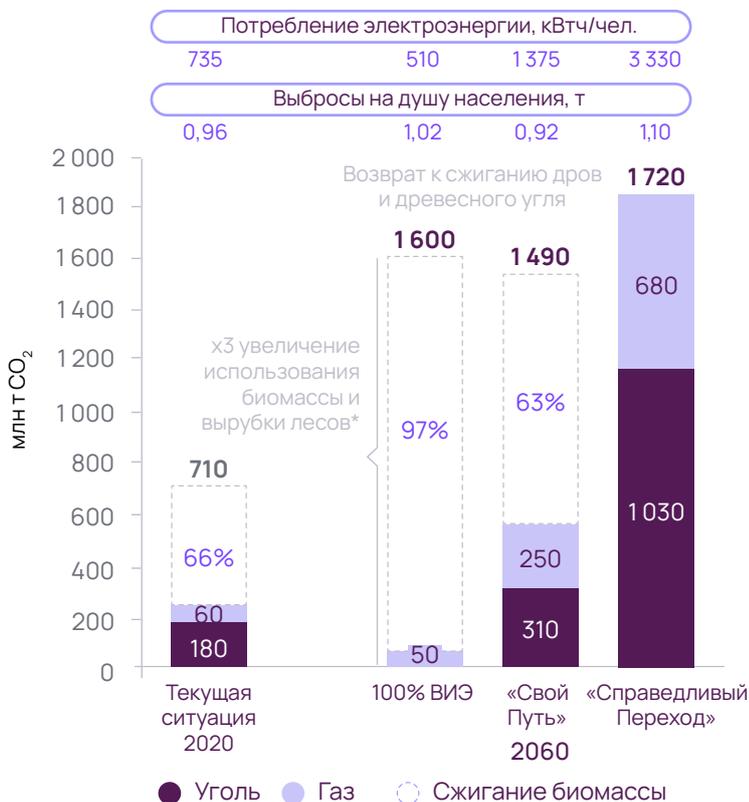
Источник: Всемирный банк, МЭА, EIB, Журнал «Сельское хозяйство, наука и технологии», анализ Kept.

В сценарии «Свой Путь» выбросы в энергетическом секторе увеличиваются до 1 490 млн тонн CO<sub>2</sub>, однако из-за дефицита э/э более 59% уход от сжигания дров и древесного угля в условиях быстрорастущего населения все так же невозможен, и на их сжигание приходится 63% от общего объема. В сценарии «Справедливый Переход», в котором экономический спрос (включая не только нужды населения и домохозяйств, но и промышленность, производство, транспорт и сектор услуг) полностью покрывается за счет развитого энергетического сектора, общий объем выбросов будет незначительно больше и составит 1 720 млн тонн CO<sub>2</sub>. При этом практически полностью исключаются уничтожение и вырубка лесов, что благоприятно влияет на экологическую ситуацию в странах ВЮА.

Предполагается, что реальная ситуация в сценариях «100% ВИЭ» и «Свой Путь» будет еще менее благоприятной, чем показывает наша оценка, поскольку полноценные статистические данные об использовании древесного угля и дров отсутствуют.

Моделирование показывает, что ниже уровня потребления, составляющего порядка 1 000 кВтч/чел. в год, электрификация, даже на ископаемой основе, обеспечивает положительное влияние на сокращение выбросов. Это объясняется более высокой эффективностью сжигания топлива на современных электростанциях (35–55%) по сравнению со сжиганием на кострах (5–10%).

### Прогноз выбросов CO<sub>2</sub> в энергетическом секторе



\* Примечание: реальное влияние традиционного использования биомассы, вероятно, будет намного выше в связи с отсутствием полноценных статистических данных.



Даже при проведении электрификации на базе 60% топливной генерации реальные изменения выбросов CO<sub>2</sub> будут незначительными из-за сокращения объема «теневого выброса» от сжигания биомассы.

### Выбросы CO<sub>2</sub> на душу населения в электроэнергетике

Выбросы на душу населения могут остаться практически неизменными до 2060 г.



0,8-1,1 т

Восточная и Южная Африка

Наименьшие выбросы при сравнении



1,4 т



1,5 т



2,1 т



2,4 т



3,1 т



3,1 т

В дальнейшем был проведен сравнительный анализ удельных прогнозных выбросов на душу населения Восточной и Южной Африки к 2060 г. с удельными показателями выбросов (от электроэнергетического сектора) развитых стран и других регионов (результаты представлены на рисунке слева). Так, удельные выбросы в странах ВЮА будут составлять 0,8–1,1 тонны на душу населения, при этом в таких странах, как Германия, Россия, Япония и США, данные показатели составляют 2,1–3,1 тонны. Важно отметить, что развитие сектора энергетики стран ВЮА, который основан до 61% на ископаемом топливе, приводит к тому, что удельные показатели выбросов на душу населения остаются меньше среднемировых значений или, например, среднего показателя для стран Евросоюза.

Моделирование показывает, что даже при строительстве значительной доли ТЭС на ископаемых видах топлива в процессе электрификации реальное изменение выбросов в регионе ВЮА будет незначительным по сравнению с обычной хозяйственной деятельностью, основанной на увеличении традиционного использования биомассы, обусловленного ростом численности населения. Причина очевидна: сжигание газа и угля на электростанции в 5–10 раз эффективнее (эффективность 35–60%) по сравнению с сжиганием дерева или древесного угля в костре или на кухонных печах (эффективность 5–10%).

Поэтому переход к развитой энергетике, обеспечение доступа к современным источникам энергии (даже до 60% на основе ископаемых ресурсов), электрификация экономики, внедрение экологически чистых технологий приготовления пищи имеют решающее значение для предотвращения пагубных последствий обезлесения и экологических кризисов в странах Восточной и Южной Африки.



На этапе первичной электрификации и до достижения уровня 1000 кВтч/чел. любые ограничения на развитие генерации на ископаемом топливе должны быть отменены.

## Корректировка ESG-политики для Африки

Энергетический переход в Восточной и Южной Африке может стать важным стимулом для достижения 17 целей ООН в области устойчивого развития.

Однако для обеспечения такого перехода международные финансовые организации и корпорации должны внести изменения в ESG-политику и климатическую политику для поддержки не только проектов в области «зеленой» энергетики, но и открытия финансирования для развития всех возможных технологий, включая ископаемое топливо и ядерную энергетику.

При оценке климатических последствий новых проектов генерации важно учитывать не только изменения прямых выбросов CO<sub>2</sub> при производстве э/э на электростанциях, но и их косвенное влияние на сокращение потребления биомассы и, следовательно, на сокращение выбросов от сжигания древесного угля и дров в низкоэффективных печах и на открытом огне.

Такой подход поможет более справедливо оценить потенциальные энергетические проекты и лучше понять общую осуществимость внедрения той или иной технологии в конкретном регионе.

В связи с этим предлагается внести поправки в действующую ESG-политику МФО для открытия финансирования новых энергетических проектов в странах, находящихся на этапе электрификации, с удельным потреблением э/э менее 1 000 кВтч на душу населения. Ограничения на финансирование угольных проектов не должны применяться до тех пор, пока потребление электроэнергии не достигнет 1 000 кВтч на душу населения, а для проектов газовых ЭС этот порог должен составлять 2 500 кВтч на душу населения.

Эта стратегия обеспечит устойчивый переход к современной энергетике в соответствии с глобальными целями в области климата, защиты окружающей среды и социального развития.

## Новый стандарт электрификации (предложение Kept)

### «1 000 кВтч для всех» стандарт для первичной электрификации

Развивая идею «Современного энергетического минимума», мы предлагаем следующий стандарт для стран, проходящих стадию первичной электрификации:

- 1 **1 000 кВтч/чел.** в качестве минимального целевого показателя, обеспечивающего запуск экономики современного уклада в стране.
- 2 Не применяются ограничения на строительство ТЭС до достижения **1 000 кВтч/чел.** для угольных ТЭС и **2 500 кВтч/чел.** для газовых ТЭС.
- 3 **30%/70% целевой показатель соотношения потребления** для домохозяйств и экономики.
- 4 **> 50%** целевой показатель локализации в стоимости производства э/э в стране (Cost to GDP менее 50%).

Ожидаемые результаты при использовании нового стандарта:

- Повышение уровня экономического развития и качества жизни.
- Адаптация к изменению климата, например, за счет обеспечения чистой водой, теплоснабжения и кондиционирования.
- Создание рабочих мест для населения и обеспечение роста его благосостояния.

Новый стандарт предлагается интегрировать в ESG-политику и использовать в качестве источника ключевых показателей эффективности для МФО и различных организаций и структур по развитию.

Источник: Energy for Growth Hub, анализ Kept.



## Электрификация и индустриализация в Африке способствуют достижению целого ряда целей ЦУР ООН.

### Человекоцентричный подход к развитию

Интенсивное развитие энергетического сектора в целом и электрификация экономики в частности могут стать большим стимулом для достижения 17 целей ООН в области устойчивого развития (ЦУР).

Строительство крупных инфраструктурных объектов, в том числе в сфере энергетики, дает положительный импульс развитию экономики и общества в регионе, где будет осуществляться такой проект. Влияние энергетического сектора весьма обширное и затрагивает практически все аспекты жизни населения.

Сама отрасль обеспечивает новые рабочие места, создает спрос на более высокий уровень образования в целом и на инженерные квалификации в частности, способствует развитию инфраструктуры и создает возможности трудоустройства для различных категорий населения.

Наличие электро- и теплоснабжения позволяет развивать производственные процессы с высокой энергоемкостью и добавленной стоимостью, что запускает механизмы дальнейшего развития

и повышения благосостояния в стране. Таким образом, электрификация оказывает огромное прямое или косвенное влияние на общество в целом и на то, насколько быстро оно движется к устойчивому развитию.

В целом с точки зрения ЦУР любое строительство и эксплуатация электростанций внесут значительный и позитивный прямой вклад в достижение целей «Недорогостоящая и чистая энергия» (Цель 7), «Индустриализация, инновации и инфраструктура» (Цель 9), «Устойчивые города и населенные пункты» (Цель 11) и «Борьба с изменением климата» (Цель 13). Косвенное воздействие может варьироваться от технологии к технологии и применимо к целям «Ликвидация нищеты» (Цель 1), «Ликвидация голода» (Цель 2), «Хорошее здоровье и благополучие» (Цель 3), «Качественное образование» (Цель 4), «Гендерное равенство» (Цель 5), «Чистая вода и санитария» (Цель 6), «Достойная работа и экономический рост» (Цель 8), «Уменьшение неравенства» (Цель 10), «Ответственное потребление и производство» (Цель 12), «Достойная работа и экономический рост» (Цель 14), «Сохранение экосистем суши» (Цель 15), «Мир, правосудие и эффективные институты» (Цель 16) и «Партнерство в интересах устойчивого развития» (Цель 17).

### Вклад развития энергетики в достижение ЦУР

#### Социально-экономическое развитие

Косвенное влияние



#### Развитие энергетического сектора

Прямое влияние



Источник: МЭА, IOPscience, www.globalgoals.org, анализ Kept.



Отсутствие доступа к «чистой кулинарии» является одной из самых серьезных проблем для здоровья и социального развития африканских стран.

### Доступ к «чистой кулинарии»

Сегодня треть населения (около 240 млн человек) Южной и Восточной Африки по-прежнему готовят еду на открытом огне и очагах, вдыхая вредный дым, выделяющийся в результате сжигания древесного угля, дров, сельскохозяйственных и животных отходов. Современная бытовая техника недоступна для большинства этих семей.

Отсутствие доступа к «чистой кулинарии» ведет к росту преждевременной смертности, одной из причин которой является загрязненный воздух в помещениях. На долю женщин и детей приходится 60% таких случаев. Помимо очевидных рисков для здоровья, отсутствие доступа к «чистой кулинарии» препятствует получению образования, поиску и переходу на работу, а также ведению предпринимательской деятельности.

Зависимость от дров и древесного угля для бытовых нужд привела и к серьезной экологической проблеме – массовой вырубке лесов. Производство дров и древесного угля приводит к ежегодной гибели лесов, по площади размером с Ирландию, причем худшие последствия сосредоточены в именно в Африке, где рост численности населения влияет на скорость сокращения лесных ресурсов. Зависимость от дров приводит и к продовольственному кризису особенно в районах, где ценные плодоносящие деревья приносятся в жертву ради топлива, что еще больше усугубляет нехватку ресурсов.

Именно поэтому доступ к «чистой кулинарии» имеет ключевое значение для изменения качества жизни населения и сохранения окружающей среды. Речь идет уже о сохранении средств к существованию, обеспечении продовольственной безопасности и повышении качества жизни общин.

Электрификация играет важную роль в переходе к экологически «чистой кулинарии»: это как прямое влияние в качестве использования электричества для отопления и приготовления пищи, так и косвенное – путем содействия экономическому развитию и увеличению доходов населения, которые могут обеспечить платежеспособность решений, не связанных с использованием биомассы.

### Производство древесного угля для приготовления пищи



### Приготовление пищи на традиционном топливе в Африке





# Стоимость энергоперехода



Классическое энергопланирование на основе наименьших затрат не дает понимания экономической доступности решения для конкретной страны.

## Переосмысление понятия доступности

Для достижения уровня среднего дохода по ВВП в регионах ВЮА к 2060 г. потребуется увеличить выработку электроэнергии в 9 раз – до 5 200 ТВтч, что в масштабе сопоставимо с пятью энергосистемами России. Нет сомнений в том, что объем капитальных затрат будет существенным для каждого из сценариев энергоперехода. Поэтому важно сфокусироваться на том, как такой энергопереход сделать доступным.

Доступность означает, что страны смогут обеспечить постепенное наращивание величины добавленной стоимости собственной экономики соразмерно с ростом ВВП, способствуя новым инвестициям в электрификацию. Следовательно, энергетическое планирование должно быть сфокусировано на том, чтобы обеспечить возможность вернуть вложенные инвестиции в контур собственной экономики. Формируемая за счет постепенной индустриализации большая выручка позволит африканским странам обеспечить окупаемость для новых инвестиций и возможность вернуть уже осуществленные.

Одним из основных показателей развития экономики стран является ВВП. Электроэнергетический сектор представляет преимущественные чистые затраты для экономики (электроэнергия – это промежуточный продукт, при этом он также может играть важную роль для энергоемких и экспортоориентированных отраслей, таких как нефть и газ). В зависимости от доли расходов, остающихся в национальной экономике в виде «рабочего капитала», затраты на электроэнергию могут формировать существенно отличающуюся стоимость для ВВП при одинаковой номинальной стоимости производства. Таким образом, в рамках энергопланирования обеспечение доступности – это не та же задача, что и поиск номинально наименьшей стоимости производства электроэнергии.

## Ограничения классического подхода

Наиболее распространенным методом оценки себестоимости производства э/э является метод оценки приведенных затрат на производство э/э на базе показателя LCOE (Levelised Cost of Energy). Данный показатель часто применяется для первоначального ранжирования, отбора и лоббирования вариантов развития генерации. В частности, целый ряд исследований, в т.ч. Lazard, IRENA и др., показывают, что наиболее дешевой генерацией по параметру LCOE является ВИЭ (солнечные и ветровые электростанции) по сравнению с ТЭС и АЭС.

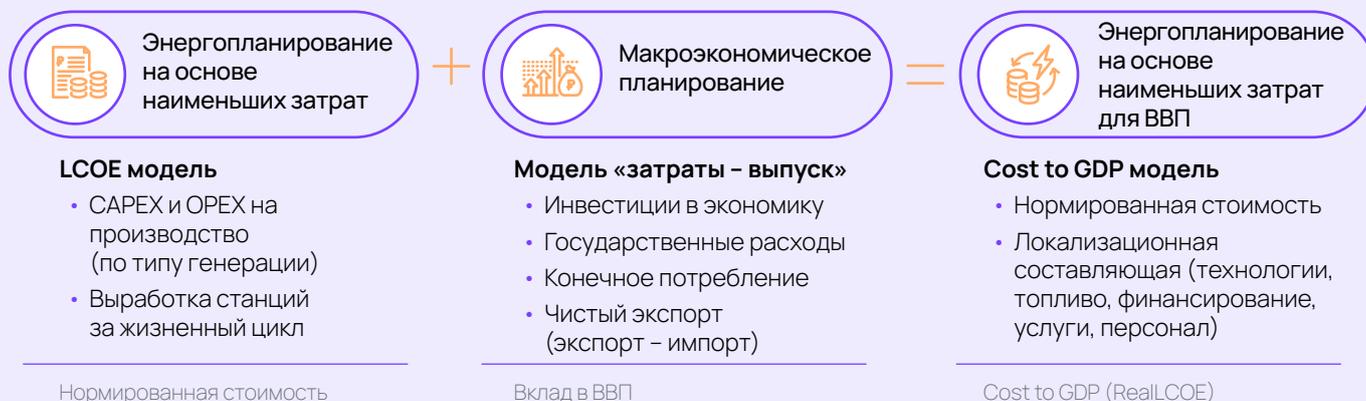
При разработке планов развития энергетики в большинстве случаев используется весьма схожий подход – так называемый метод оценки наименьших приведенных затрат на производство электроэнергии по парку электростанций. Целевой функцией такого подхода является минимизация стоимости производимой электрической энергии на горизонте планирования.

Несмотря на простоту и наглядность, использование таких метрик для выбора перспективной структуры генерирующих мощностей может вводить в заблуждение. Такой подход не позволяет оценить реальную доступность программы электрификации для экономики страны, так как применяется в отрыве от макроэкономического планирования, которое учитывает совокупную ценность инвестиций для экономики и нагрузку на ВВП страны.

Учитывая макроэкономические факторы, стоимость электроэнергии может формировать значительно отличающиеся мультипликаторы для экономики, в зависимости от доли использования местных и импортируемых технологий, услуг, топливных и трудовых ресурсов и финансирования. Это критически важно с точки зрения понимания доступности программ электрификации.

## Существующая и предлагаемая концепции энергопланирования

### Cost to GDP – новая концепция энергопланирования



**Новая интегральная метрика стоимости электроэнергии RealLCOE:** доля импортных расходов на производство электроэнергии в составе LCOE, включая компоненты расходов на топливо, оборудование, техническое обслуживание и финансирование, отрицательно влияющих на ВВП.



Учет реальной стоимости э/э для ВВП (показатель RealLCOE) существенно влияет на выбор состава генерации при планировании.

### Cost to GDP (RealLCOE) как альтернативная концепция энергопланирования

В рамках развития теории энергетического планирования мы оценили прямые макроэкономические эффекты внедрения отдельных технологий генерации электроэнергии на национальные рынки.

С учетом результатов этой оценки в данном исследовании мы предлагаем новую концепцию энергетического планирования, которую мы назвали «Концепция Cost to GDP» (далее – Концепция). Подход, применяемый в Концепции, определяет стоимостную долю импорта в составе LCOE, включая: импортируемое топливо, оборудование и услуги, отрицательно влияющие на ВВП – RealLCOE.

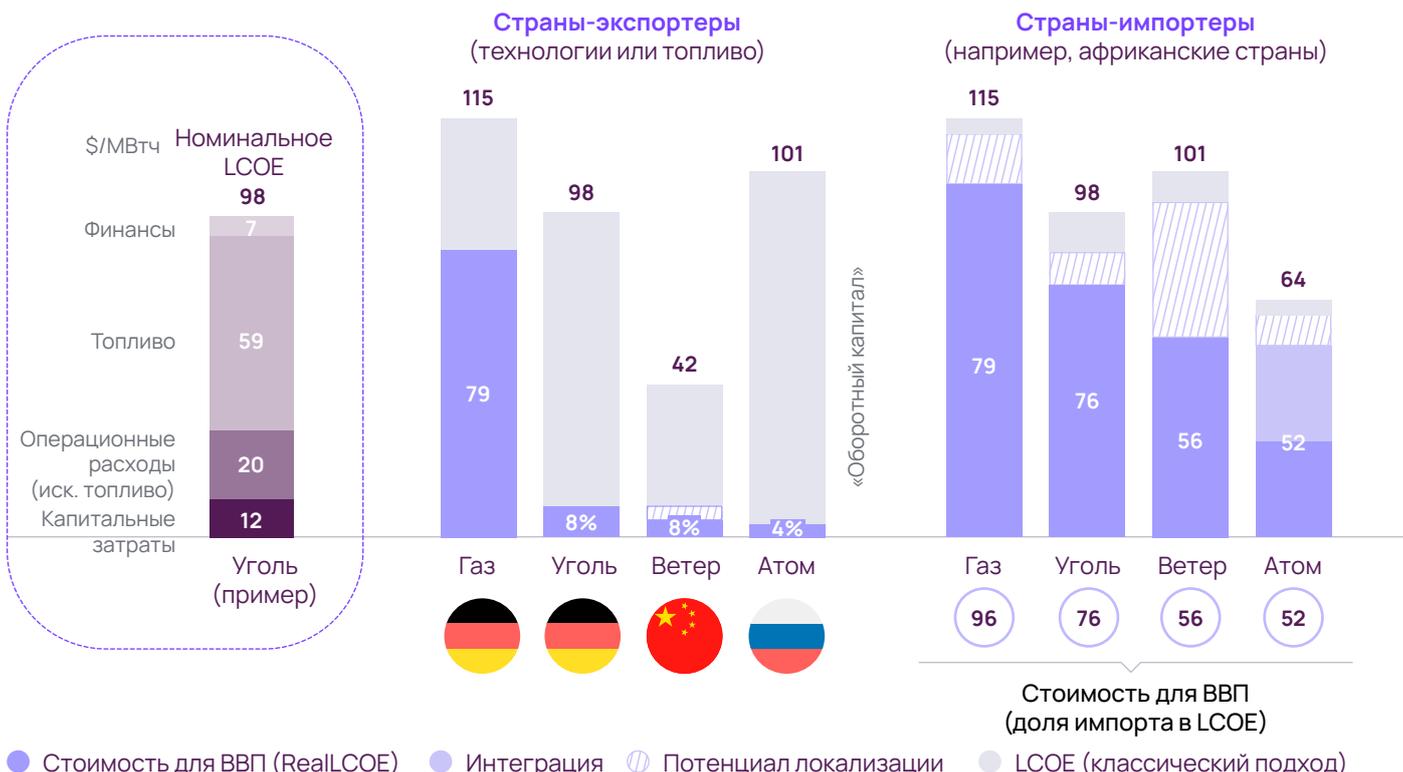
Оценка показателя RealLCOE позволяет выбрать наиболее доступную опцию для ВВП с помощью учета не столько номинального значения LCOE, сколько актуальной стоимости выбранной технологии производства электроэнергии для ВВП в условиях заданного рынка. Это позволяет сформировать наилучший мультипликатор для местного экономического развития.

Рисунок ниже отображает то, как изменяется ранжирование источников по стоимости производства энергии при переходе от классического подхода энергопланирования на основе наименьших затрат к подходу на основе Cost to GDP. Это влияет на ранжированный перечень наиболее предпочитаемых технологий на примере стран – экспортеров и импортеров технологий и топлива.

На графике ниже видно, что для Германии номинальная стоимость новой угольной электростанции на лигните может быть сопоставима с ПГУ (98 и 115 \$/МВтч соответственно), однако в действительности угольная генерация в разы дешевле газовой (8 и 79 \$/МВтч) в связи с тем, что «угольное» решение использует преимущественно местные технологии, топливо, услуги обслуживания и эксплуатации, а также финансовые ресурсы. В той же логике для России наиболее эффективным для экономики по критерию Cost to GDP будет строительство новой АЭС на базе собственных технологий и компонентов, хотя номинально покупка газовой турбины немецкого производства может казаться дешевле (для АЭС LCOE – 101 \$/МВтч, RealLCOE – 4 \$/МВтч). Тот же принцип объясняет привлекательность развития ВИЭ в Китае. Китай превосходит конкурентов по локализации цепочек поставки для ВИЭ, поэтому по показателю RealLCOE ВЭС очень доступны для экономики Китая даже с учетом высоких затрат на интеграцию, достигающих x1-2 стоимости собственно строительства объектов ВИЭ.

К сожалению, на развивающихся рынках Африки «реальная стоимость» электроэнергии существенно выше в сравнении со странами – экспортерами технологий или топлива (при том, что номинальная величина LCOE остается прежней), поскольку она практически полностью транслируется в импортируемое топливо, технологии, финансирование и услуги. Это делает местные африканские рынки неконкурентоспособными на международном уровне до тех пор, пока доля локализации существенно не вырастет.

### Сравнение стоимости производства э/э на базе LCOE и RealLCOE



Источники: IAEA, NEA, Lazard, IRENA, NREL, данные EIU, анализ Kept



Развитие местных цепочек поставок в Африке играет ключевую роль в обеспечении доступности энергетического перехода.

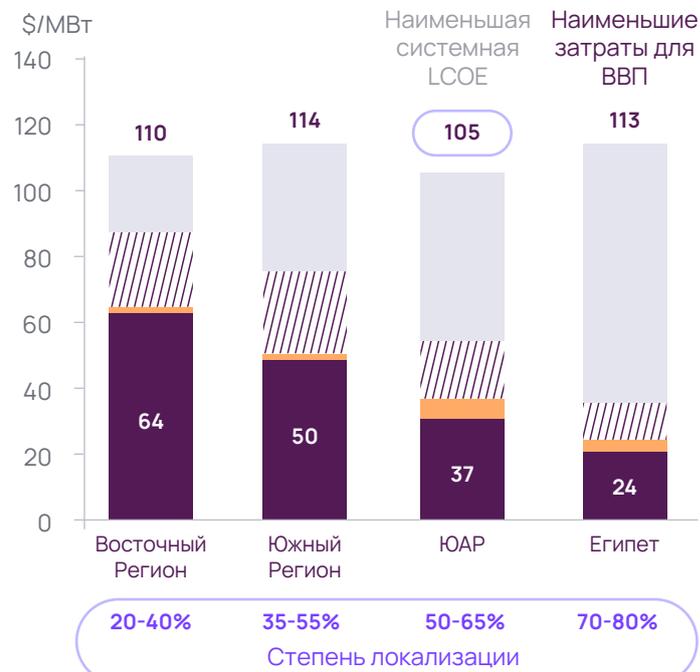
### Системная стоимость

В рамках сценария «Справедливый Переход» для каждого из четырех анализируемых регионов Африки сформирована оценка системной стоимости электроэнергии на базе подходов LCOE и RealLCOE с учетом оценки текущей и потенциальной локализации на местных рынках на горизонте 2060 г.

Результаты моделирования показывают, что системная стоимость производства э/э по регионам, рассчитанная на базе LCOE, находится в узком диапазоне значений от 105 \$/МВтч для ЮАР до 114 \$/МВтч для Южного Региона, то есть отличается всего на 5-10%. Учитывая фактор неопределенности при долгосрочном прогнозировании, это может быть оценено как эквивалентная конкурентоспособность регионов. Напротив, системная стоимость, рассчитанная на базе RealLCOE, показывает существенную разницу между верхним и нижним значением показателя – в 2-5 раз. Так системная стоимость производства э/э для ВВП (Cost to GDP) по регионам находится в диапазоне от значений от 24 \$/МВтч для Египта до 64 \$/МВтч для Восточного региона. Очевидно, что наиболее низкая стоимость для ВВП коррелирует с наиболее высокой долей локализации.

Применение критерия Cost to GDP дает более устойчивый к вводным данным, а также объяснимый «на пальцах» результат выбора целевой структуры генерации в долгосрочных моделях планирования за счет учета фундаментальных характеристик региона.

### Системная стоимость по регионам к 2021 г. («Справедливый Переход»)



● Стоимость для ВВП ● Интеграция ▨ Локализация ● Прочее

(Структура выработки по видам топлива – см. предыдущую главу).

#### Классическое энергопланирование



105-114  
\$/МВтч  
Системная LCOE

#### Планирование с фокусом на доступность



24-64  
\$/МВтч  
Стоимость производства э/э для ВВП



Технический персонал на промышленном объекте в Африке

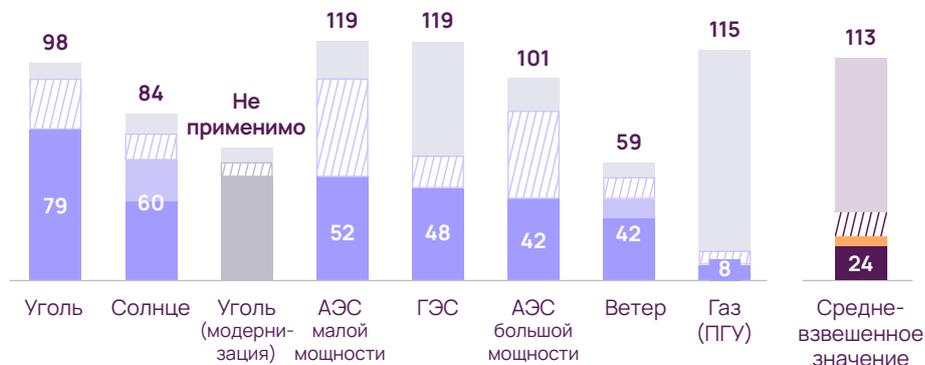


Ранжирование источников по критерию стоимости для ВВП (Cost to GDP) в регионе зависит от доступности местных ресурсов и цепочек поставок.

### Египет

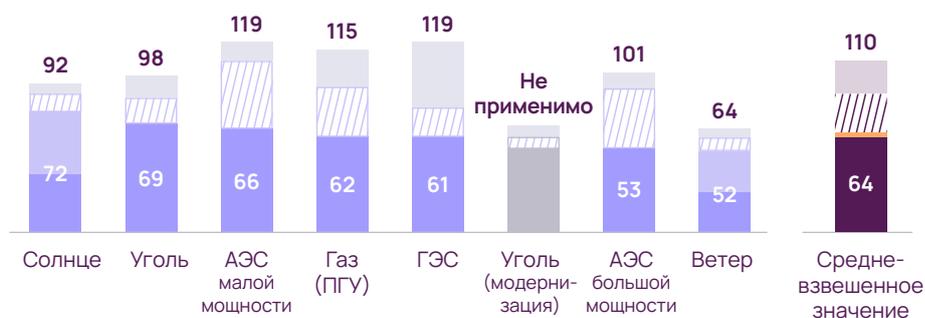


Стоимость для ВВП (RealLCOE) по технологиям и регионам («Справедливый Переход»)



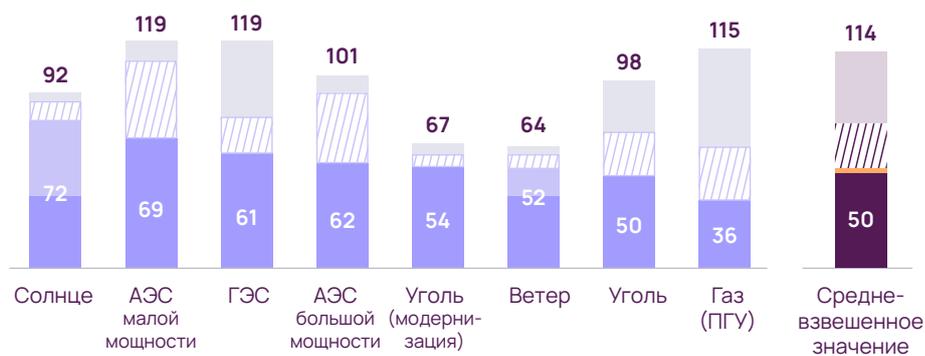
### Восточный регион

- Бурунди
- Джибути
- Эфиопия
- Кения
- Руанда
- Южный Судан
- Судан
- Уганда
- Танзания

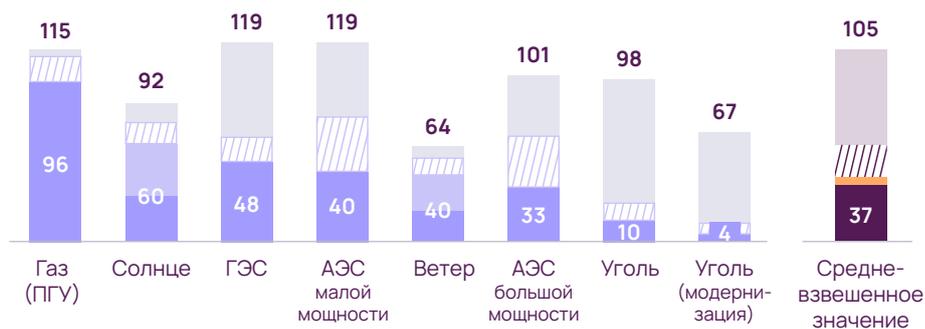


### Южный регион

- Ангола
- Ботсвана
- ДРК
- Эсватини
- Лесото
- Малави
- Мозамбик
- Намибия
- Занибия
- Зимбабве



### ЮАР



● Стоимость для ВВП ● Интеграция ● Потенциал локализации ● Прочее



Египет и Южная Африка – два наиболее конкурентоспособных региона по показателю Cost to GDP.

**Египет: самый конкурентоспособный регион ЮВА по стоимости э/э.** В сценарии «Справедливый Переход» системная стоимость э/э для ВВП к 2060 г. формируется на уровне 24-35 \$/МВтч при системном LCOE 113 \$/МВтч. Наиболее дешевой технологией генерации являются газовые ТЭС (ПГУ), ВЭС и АЭС (RealLCOE – 8 \$/МВтч, 42 \$/МВтч и 42 \$/МВтч соответственно). Системный LCOE не имеет значительного отличия в зависимости от сценария, но в части Cost to GDP по сценарию «Справедливый Переход» значение на 20% ниже, чем по сценарию «100% ВИЭ».

**Восточный регион: в сценарии «Справедливый Переход» системная стоимость электроэнергии для ВВП к 2060 г. формируется на уровне 64-87 \$/МВтч при системном LCOE 110 \$/МВтч.** Наиболее дешевой технологией генерации являются ВЭС, АЭС и ГЭС (RealLCOE – 52 \$/МВтч, 53 \$/МВтч и 61 \$/МВтч соответственно). Системный LCOE отличается для каждого из сценариев, при этом наименьшее значение формирует «Справедливый Переход». Восточный регион – регион с самой высокой стоимостью э/э по Cost to GDP.

**Южный регион: в сценарии «Справедливый Переход» системная стоимость электроэнергии для ВВП к 2060 г. формируется на уровне 50-75 \$/МВтч при системном LCOE 114 \$/МВтч.** Наиболее дешевой технологией генерации являются газовые ТЭС (ПГУ), уголь и ВЭС (RealLCOE – 36 \$/МВтч, 50 \$/МВтч и 52 \$/МВтч соответственно). **Для Восточного и Южных регионов «Справедливый Переход» является единственным сценарием, обеспечивающим полное покрытие экономического спроса к 2060 г.**

**ЮАР: в сценарии «Справедливый Переход» системная стоимость электроэнергии для ВВП к 2060 г. формируется на уровне 37-54 \$/МВтч при системном LCOE 105 \$/МВтч.** Наиболее дешевой технологией генерации являются модернизация угольных ТЭС с продлением ресурса, новые угольные ТЭС и АЭС (RealLCOE – 4 \$/МВтч, 10 \$/МВтч и 33 \$/МВтч соответственно). **Системный LCOE и Cost to GDP отличаются для каждого из сценариев, при этом наименьшее значение формирует сценарий «Свой Путь».** Кейс ЮАР имеет отличающуюся специфику, и он рассмотрен далее отдельно.

## Системная стоимость по регионам

«Справедливый Переход» «Свой Путь»

Системный LCOE	113 \$/МВтч	114 \$/МВтч
Стоимость для ВВП (RealLCOE):		
Наихудший уровень	35 \$/МВтч	35 \$/МВтч
Наилучший уровень	24 \$/МВтч	24 \$/МВтч

Системный LCOE	110 \$/МВтч
Стоимость для ВВП (RealLCOE):	
Наихудший уровень	87 \$/МВтч
Наилучший уровень	64 \$/МВтч

Системный LCOE	114 \$/МВтч
Стоимость для ВВП (RealLCOE):	
Наихудший уровень	75 \$/МВтч
Наилучший уровень	50 \$/МВтч

Системный LCOE	105 \$/МВтч	100 \$/МВтч
Стоимость для ВВП (RealLCOE):		
Наихудший уровень	54 \$/МВтч	39 \$/МВтч
Наилучший уровень	37 \$/МВтч	25 \$/МВтч

Методологическое примечание: для простоты и более четкого определения эффекта влияния локализации на стоимость э/э для ВВП, в данном исследовании абсолютное значение LCOE по отдельным типам генерации принято равным для всех четырех регионов.



Восстановление парка угольной генерации в ближайшие 3–5 лет – ключ к свободному выбору энергетической стратегии ЮАР в будущем.

## Будущее угольной генерации ЮАР

### Веерные отключения и их причины

Длительный энергетический кризис в ЮАР с постоянными веерными отключениями на грузки с 2007 г. снижает качество жизни населения и ухудшает экономическое развитие страны. По нашим оценкам, в 2020 г. было недопоставлено более 7% э/э. Основной причиной веерных отключений потребителей является снижение коэффициента готовности угольных ТЭС (50–60% в сравнении с проектным уровнем 85%) из-за недоинвестирования и низкого качества их эксплуатации. Чтобы обеспечить надежность функционирования энергетической системы, компания Eskom инициировала «Программу восстановления надежности» и «Программу восстановления электростанций». Однако эти программы в их нынешнем виде не дают существенных результатов.

### Риски реализации программы JET IP

Для устранения проблемы энергодефицита инициативная группа западных стран\* предложила правительству ЮАР «Инвестиционный план справедливого энергоперехода» (JET IP) с общим объемом инвестиций в \$8,5 млрд. В соответствии с JET IP, крупные угольные электростанции в Южной Африке должны быть выведены из эксплуатации в течение следующих трех десятилетий по мере завершения их жизненного цикла (за исключением двух новейших

\*США, Великобритания, Франция, Германия и ряд других стран ЕС

ТЭС Медупи и Кусиле и одного блока действующей ТЭС Маджуба) и заменены на ВИЭ, поддерживаемые накопителями и несколькими объектами газовой генерации.

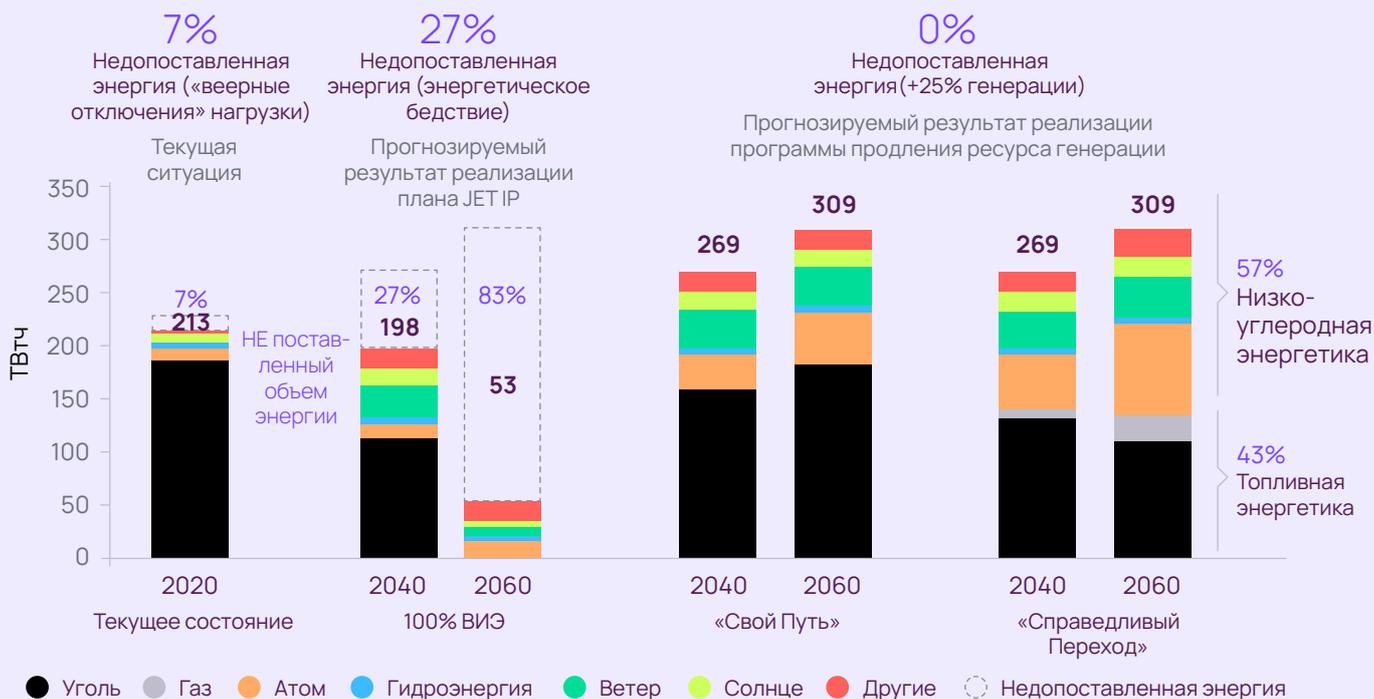
Моделирование показывает, что в результате реализации JET IP объем недопоставленной энергии увеличится с 7% в 2020 г. до 27% и до 83% в 2040 и 2060 гг. соответственно (см. сценарий «100% ВИЭ» на рисунке ниже), что приведет к серьезному ухудшению текущей ситуации, росту энергодефицита, аварийных отключений и блэкаутов в ЮАР.

### Продление ресурса угольных ТЭС как альтернатива для обеспечения надежного энергоснабжения

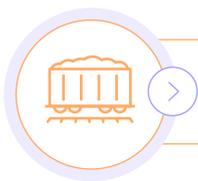
Иным и более экономически эффективным решением проблемы аварийных отключений может быть продление ресурса существующих угольных электростанций путем модернизации оборудования и технического перевооружения. Это позволит продлить срок службы угольных ТЭС с увеличением доступной мощности и маневренности в течение 2–3 лет (см. сценарий «Свой Путь» на рисунке ниже).

ЮАР обладает собственными крупнейшими запасами энергетического угля, что позволяет ей вырабатывать электроэнергию с меньшими затратами. Восстановление парка угольной генерации – это ключ к свободному выбору энергетической стратегии ЮАР. Более того, сохранение угольной генерации – это способ сохранить

## ЮАР: прогноз производства и недопоставки электроэнергии по сценариям



Источники: South Africa's Just Energy Transition Investment Plan (JET IP), отчет Eskom за 2022 год, анализ Kept



**Продление ресурса угольных ТЭС может обеспечить оперативное решение проблемы «веерных отключений» и надежности энергоснабжения в ЮАР.**



диспетчируемую генерацию и интегрировать большие объемы мощностей ВИЭ в энергосистему без ущерба для надежности электроснабжения и с наличием времени для строительства атомной генерации.

Программы, нацеленные на восстановление и повышение маневренности угольной генерации, успешно реализуются в Германии, Китае, России и Польше. Например, Россия успешно решает схожие проблемы износа оборудования путем реализации программ на базе Договоров поставки мощности (ДПМ). ДПМ позволяет устанавливать новое или модернизировать существующее генерирующее оборудование, обеспечивая генерирующие компании фиксированными платежами за мощность на период окупаемости проектов течение 10–15 лет.

**Уголь и конкурентоспособность экономики**

Моделирование показывает, что из четырех рассмотренных регионов Африки ЮАР обладает уникальными позициями в двух аспектах. Первый – ЮАР может обеспечить выработку требуемой электроэнергии на базе национальных ресурсов с учетом существующей международной климатической повестки. Второй – ЮАР может стать одним из наиболее конкурентоспособных рынков по величине показателя Cost to GDP на уровне ниже 25 \$/МВтч\* (см. сценарий «Свой Путь» на рисунке ниже).

Достижение таких низких значений Cost to GDP возможно при комбинации условий доступности местных топливных, рабочих, иных ресурсов и при функционировании парка

угольной генерации достаточных размеров. В соответствии с разработанным сценарием «Свой Путь», доля низкоуглеродной генерации электроэнергии в ЮАР может вырасти с 13% до 42%.

Это может показаться контринтуитивным, но на пути к низкоуглеродному будущему ключевым решением будет восстановление и продление ресурса оборудования парка угольных электростанций.

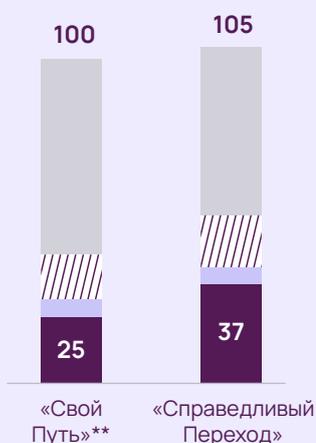
Стоит отметить, что в рамках кейса Южной Африки наблюдается рост величины системного Cost to GDP при переходе от сценария «Свой Путь» к сценарию «Справедливый Переход». Это обусловлено снижением использования угольной генерации и введением в состав используемых технологий ТЭС (ПГУ) генерации, у которой для данного региона наибольшее значение Cost to GDP.

Это показывает, что в условиях ЮАР использование природного газа может быть более эффективным для реального сектора экономики по сравнению с электроэнергетикой и может стимулировать формирование новых отраслей промышленности и производств (например, химической и цементной промышленности, производства удобрений или водорода и смешанных видов топлива и т.д.)

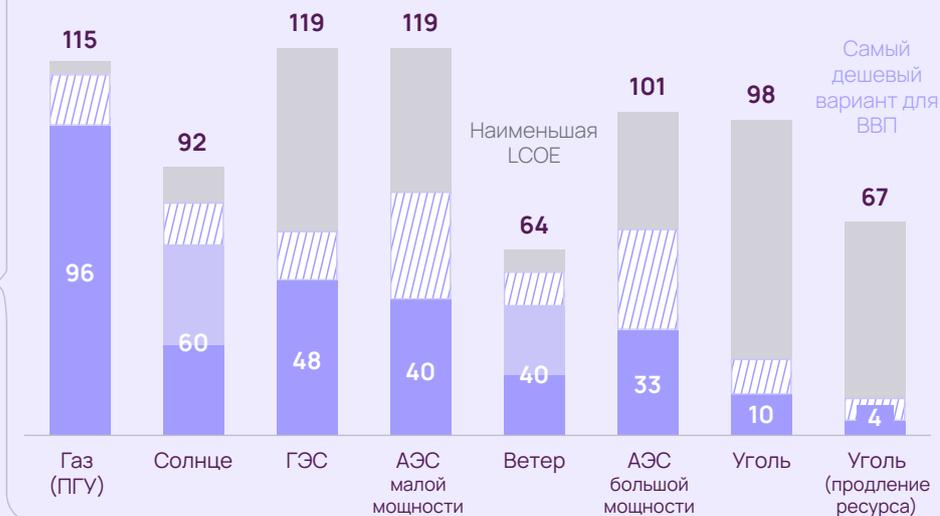
Примечание: \*Наиболее дешевыми по величине Cost to GDP опциями для ЮАР являются: угольные ТЭС с продлением ресурса и модернизацией, новые угольные ТЭС и АЭС большой мощности – RealLCOE 4, 10 и 33 \$/МВтч соответственно.

**ЮАР: стоимость производства э/э LCOE и RealLCOE по технологиям**

Системная стоимость (номинальная и Cost to GDP)



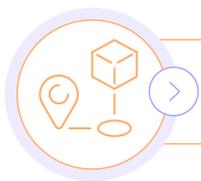
Стоимость для ВВП (RealLCOE) по технологиям, \$/МВтч



\*\*Самый дешевый вариант с точки зрения соотношения затрат для ВВП

● Стоимость для ВВП ● Интеграция ▨ Потенциал локализации ● Прочее

Источники: МЭА, NEA, Lazard, IRENA, NREL, данные EIU, анализ Kept



Развитие местных цепочек поставок является ключом к обеспечению доступности африканских стран.

## Местные цепочки поставок и доступность

В данном исследовании мы провели оценку потенциала локализации технологий генерации электроэнергии в каждом из рассматриваемых регионов (см. рисунок ниже). Значение потенциала локализации выражено в \$/МВтч и экспертно сформировано как возможность снижения импортной составляющей по каждому из основных элементов затрат, формирующих LCOE: стоимость технологии (капитальные затраты, операционные расходы, расходы на топливо, стоимость финансирования), за счет существующих или развивающихся внутренних возможностей рассматриваемых регионов Африки.

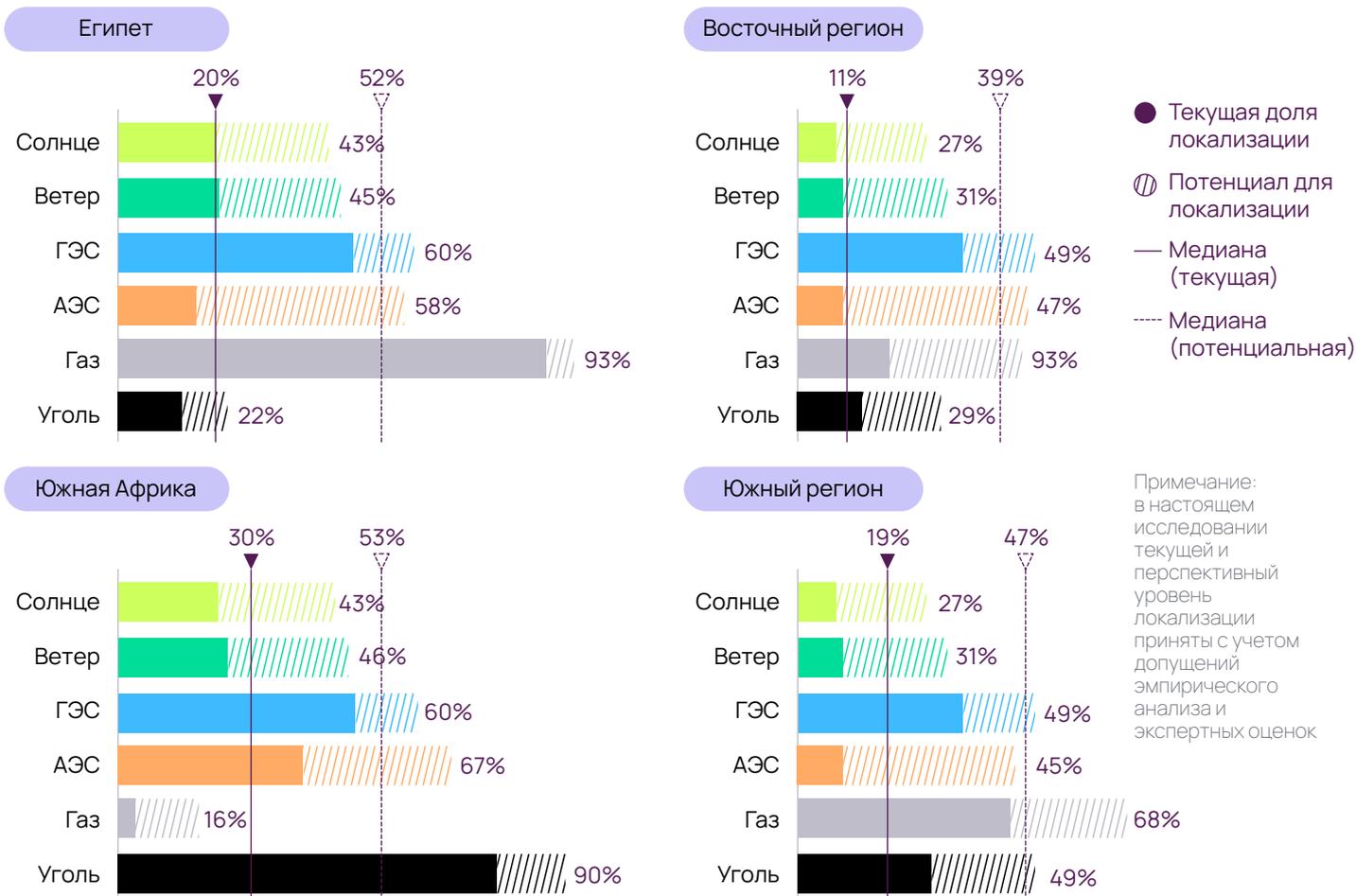
По результатам анализа определено, что наибольшая возможность локализации, как правило, формируется для ТЭС – выше 90–93% для стран с высоким уровнем собственной ресурсной базы (уголь, газ), а также для атомной генерации – 58–67% за счет использования местных инженерно-строительных компетенций, сырьевых материалов и квалифицированной рабочей силы. Наименьшая доля местной составляющей цепочек поставок характерна для ветровой и солнечной генерации (локализация 27–46%) с учетом высокой доли импортируемых компонентов и низкой доли местного персонала, задействованного в эксплуатации.

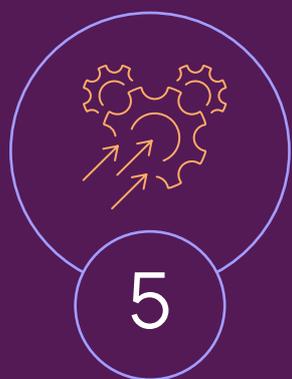
Моделирование предельного уровня локализации необходимо для оценки ReallCOE применительно к конкретной технологии и конкретному региону. В зависимости от стоимости импорта финансовых ресурсов, сырья, материалов, технологий, топлива и человеческих ресурсов значение ReallCOE может варьироваться в диапазоне от 7% до 84% от номинального значения LCOE.

Таким образом наименьшее значение стоимости для ВВП будут иметь технологии генерации:

- имеющие развитую и долгосрочную местную топливную базу;
- имеющие наиболее развитые (сейчас и в перспективе) местные цепочки поставок сырья, материалов, оборудования и комплектующих, услуг по выполнению проектирования, строительно-монтажных работ, пусконаладочных работ;
- технологии, обеспечить работу и обслуживание которых может квалифицированный местный персонал и/или имеются программы профильного среднего специального и высшего образования, программы профессиональной переподготовки.

## Текущий и перспективный уровень локализации по типам технологий и регионам





# Подход для «Справедливого Перехода»



Для осуществления энергетического перехода в регионе ВЮА требуется международное сотрудничество.

## Международный опыт

Энергетический переход в Восточной и Южной Африке к современным энергетическим системам – без сомнения сложная, но выполнимая задача. Создание огромной энергосистемы, совокупной мощностью более 1100 ГВт и сопоставимой с пятью энергосистемами России, наряду с масштабной трансформацией национальных экономик и общества за период менее 40 лет может показаться слишком амбициозным проектом. Однако в мире существует ряд примеров успешной реализации подобных трансформационных программ.

Хорошим примером аналогичного перехода может служить Юго-Восточная Азия. Энергетический переход и индустриализация экономики стран здесь продолжались около 30 лет. За этот период выработка электроэнергии электростанциями увеличилась с 620 ТВтч до более чем 3200 ТВтч, то есть почти в пять раз. Развитие энергетического сектора здесь было основано на использовании ископаемых ресурсов, таких как уголь и газ, расположенных в этом регионе, что способствовало развитию в том числе таких энергоёмких отраслей, как металлургическая, машиностроительная, нефтехимическая промышленность и т.д. Все это обеспечило скачок в развитии экономики данных стран.

Мы считаем, что соизмеримый энергетический переход возможен и в странах Восточной и Южной Африки. Однако разрабатываемые в настоящее время программы развития нуждаются в корректировке с учетом особенностей африканских регионов.

## Концепция «Пять принципов справедливого энергоперехода»

Для достижения целей электрификации и индустриализации стран Восточной и Южной Африки команда Kept предлагает подход – «Пять принципов справедливого энергоперехода», основанный на следующих принципах:



### Справедливая финансовая политика.

Для осуществления энергоперехода критически важно изменить подход к финансированию ископаемого топлива и ядерной энергетики. В политику международных финансовых институтов должны быть включены поправки для финансирования проектов топливной и атомной генерации, а не только ВИЭ, при первичной электрификации африканских стран.



### Справедливый доступ к технологиям.

Отсутствие дискриминации в выборе технологий – для покрытия растущего спроса должны применяться все типы технологий. Выбор источников и технологий, используемых для каждой страны или региона, может быть индивидуальным и должен учитывать особенности данной страны/региона.



### Справедливая политика в области климата и ESG.

Дать зеленый свет для первичной электрификации: ограничения на тепловую генерацию не должны применяться до достижения 1 000 кВтч/чел. для угольных и 2 500 кВтч/чел. для газовых электростанций. Такой подход дает странам ВЮА возможность для развития экономики и дальнейшего решения задач по ее декарбонизации.



### Справедливое энергетическое планирование.

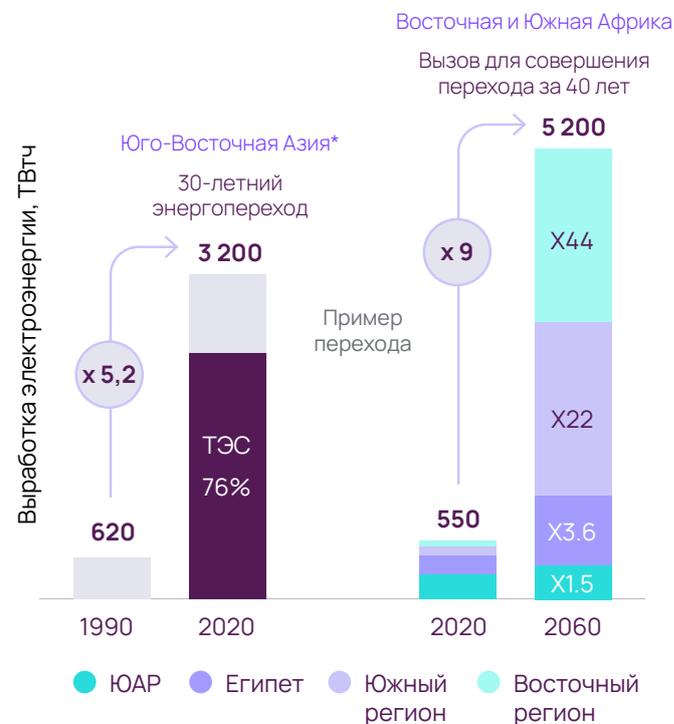
«Планирование масштабирования» с учетом размеров будущего рынка и возможностей освоения локальных ресурсов. При выборе решений и технологий для развития энергетических систем на этапе электрификации и индустриализации стран следует учитывать возможную масштабируемость. Для осуществления энергоперехода необходимо использовать все доступные источники энергии.



### Справедливые переговорные позиции.

Правительства, бизнес и общество должны открыто говорить о реальной программе переходного периода и ее особенностях в Африке на международных переговорах по энергетической и климатической политике. Это необходимо для реализации справедливого права на использование всех доступных местных источников энергии, чтобы как можно скорее покончить с энергетической бедностью.

## Перспективы энергетического перехода



\* Страны Азии, не входящие в ОЭСР (исключая Китай)



Создание комплексной стратегии российско-африканского сотрудничества может способствовать ускоренному развитию энергетики и экономики региона.

## Элементы экосистемы российско-африканского сотрудничества (проект)

### Ключевые области сотрудничества

(Фокус на «продление» российских цепочек поставок в Африке)

- Энергетика (фокус данного исследования)
- Промыленно-производственный сектор
- Агропромышленный комплекс
- Сфера ретейла и услуг
- Оборона и безопасность

+ Синергия с инфраструктурными программами стран-партнеров и программой «Один пояс – один путь» Китая



## Вызовы для формирования стратегии российско-африканского сотрудничества

Результаты исследования показывают, что Африканский континент без сомнения является крупнейшим неосвоенным рынком XXI столетия. И этот рынок уже сейчас становится ареной соперничества между странами Глобального Юга и Глобального Севера не только за инвестиции и рынки сбыта, но и в первую очередь за «смыслы» и модели развития. В этом контексте российское предложение в энергетике может быть успешным скорее как часть более обширного стратегического партнерства по развитию экономики стран Африки в целом.

Сегодня комплексную стратегию работы в Африке только предстоит сформировать. При разработке подхода к формированию такой стратегии или ее концепции три области представляются наиболее значимыми.

### Экспорт технологического суверенитета

Электрификация – это часть большого процесса индустриализации и развития экономики стран Африки. Реализация крупнейших проектов в энергетике должна быть в первую очередь направлена на развитие экономической самодостаточности и платежеспособного спроса в этих странах, что будет практической предпосылкой дальнейшего развития «многополярного мира». При этом особое внимание рекомендуется уделять проектам, направленным на достижение странами Африки минимального уровня годового электропотребления в 1 000 кВтч/чел., позволяющего запустить экономику современного уклада.

Важнейшей задачей для российской стороны в этом контексте является формирование понятной и прозрачной политики финансирования крупных проектов тепловой, в том числе угольной и газовой, а также атомной генерации в странах Африки на длительный горизонт планирования. Инструментами решения вопроса проектного финансирования могут быть как инструменты прямого долгосрочного финансирования РФ (на первоначальных этапах), так и мобилизация финансовых ресурсов партнеров БРИКС и Глобального Юга. Также большое положительное влияние может оказать системная работа по адаптации и противодействию попыткам установления экономических барьеров под эгидой программ климатического регулирования.

### «Продление» российских цепочек поставок

Успешное партнерство опирается на экономическую базу. Модели работы на африканском рынке у крупнейших глобальных игроков различаются. Так, США в Африке традиционно фокусируются на контроле финансовой инфраструктуры, на переносе «фокуса жизненных интересов» элит на Запад и на взаимодействии по линиям МБР и в гуманитарной сфере. Китайская модель «Один пояс – один путь», напротив, фокусируется на прямых инвестициях в развитие логистической инфраструктуры, цифровых технологиях и связи, а также на получении контроля над критической материально-сырьевой базой.

Россия, располагающая собственной материально-сырьевой базой и меньшими финансовыми ресурсами, также может сформировать свой успешный путь. Фокус ее коммерческих интересов может лежать в плоскости кластерного «продления» российских цепочек поставок и в создании производств высокого передела непосредственно в Африке, в том числе в области АПК, машиностроения, обрабатывающем производстве 2–3 передела. Таким образом, будет стимулироваться устойчивый спрос дружественных рынков на традиционные продукты российского экспорта в ТЭК, металлургии, химии в регионе на десятки лет вперед. Разумеется, целеполагание и планирование подобной деятельности должны учитывать доступность кадровых ресурсов, международных технологий и финансирования в условиях санкционных ограничений.

### Развитие российских инструментов «мягкой силы»

Устойчивость долгосрочных инвестиционных программ зависит от способности стран создавать собственные смыслы и институты, которые их транслируют. У России существует определенный дефицит активности в области системной работы по трансляции собственных ценностных нарративов в англо- и франкоязычной среде, но, с другой стороны, это означает, что есть существенный задел для развития в этой области.

Развитие лояльных сообществ в Африке является ключевой задачей. Помимо традиционной образовательной компоненты, оно может включать поддержку «молодых лидеров», ЛОМ и СМИ, программное финансирование «фабрик смыслов» и мероприятий для выработки совместных подходов по региональным и системным вопросам развития энергетики и экономики.

Команда Kept обладает компетенциями, знаниями и опытом и будет рада и в дальнейшем поддерживать российских игроков в разработке конкретных проектов и решений для развития партнерства России и Африки в сфере энергетики.

## Заключение

В настоящее время энергетика ряда стран Африканского континента находится в начале процесса трансформации от небольших раздробленных энергосистем с низкой базой технологического развития к более сложным, централизованным системам, чтобы совершить переход к полной электрификации экономики.

Переход этот осуществляется в уникальных условиях текущих глобальных климатических и социально-экономических вызовов. С одной стороны, сложная демографическая ситуация предопределяет высокие темпы роста спроса на электроэнергию. С другой стороны, глобальная климатическая повестка уже несколько лет имеет существенное влияние на энергопланирование стран Африканского континента, ограничивая перечень проектов, для которых выделяется финансирование, которое почти исключительно достается проектам ВИЭ. Однако в последние год-два появляется все больше мнений и публикаций, которые отвергают столь однозначную позитивную роль ВИЭ в энергосистемах и предлагают пересмотреть действующие ограничения по отношению к проектам традиционной и атомной генерации, особенно в тех странах, где удельное потребление электроэнергии на душу населения не превышает в 1 000 кВтч/чел. в год. Разобраться в обсуждаемых планах, концепциях и подходах к энергопланированию в странах Восточной и Южной Африки и сформировать свою точку зрения на поднимаемые африканским сообществом вопросы было одной из целей нашего исследования.

В рамках данного исследования команда Kept проанализировала существующие планы и подходы к энергопланированию в странах Восточной и Южной Африки и сформировала свою собственную концепцию «Нового справедливого энергоперехода», основанную на принципах человекоцентричности, технологической нейтральности и комплексной оценке социально-экономических, климатических и экологических последствий реализации тех или иных проектов в электроэнергетическом секторе. Особенно хотим отметить, что в данной работе впервые представлена новая концепция оценки стоимости решений по производству электроэнергии Cost to GDP, разработанная экспертами Kept, которая позволяет провести многофакторную оценку технологий и выбрать из них наиболее доступные и значимые для развития местных цепочек поставок и усиления экономик тех стран Африки, которые только начинают «Свой Путь» первичной электрификации.



**Масштабы рынка.** Регион Восточной и Южной Африки представляет собой крупнейший в мире неосвоенный энергорынок. Для достижения объемов ВВП стран со средним уровнем доходов, с доходом на душу населения более \$10 000, выработка э/э к 2060 г. энергетических систем должна увеличиться в 9 раз относительно текущих значений – до 5 200 ТВтч, что сопоставимо с выработкой э/э пяти энергосистем России. Такие масштабы, несомненно, нуждаются в решении сложных технических задач, но при этом определяют перспективы для реализации крупных инвестиционных проектов в энергетике и инфраструктурном строительстве региона.



**Пути перехода.** Подобный масштаб преобразований возможен только при комбинировании всех доступных источников энергии: угля, газа, атома и ВИЭ. В энергобалансе сценария «Справедливый Переход», который обеспечивает покрытие экономического спроса, около 60% электроэнергии будет вырабатываться угольными и газовыми электростанциями, остальные 40% почти в равной степени разделят атомные станции и ВИЭ. Таким образом, африканский энергетический рынок имеет крайне высокий потенциал для традиционной и атомной энергетики, а не только для поставщиков технологий ВИЭ.



**Роль энергоресурсов.** Для осуществления перехода и удовлетворения потребностей электрического сектора требуется значительное развитие газовой и угольной инфраструктуры. Атомная энергетика будет играть важную роль в стабилизации газового баланса и использовании ископаемых ресурсов. Атомные электростанции на базе малых модульных реакторов (АСММ) могут обеспечить значительные преимущества для стран без выхода к морю с энергосистемами небольшой мощности и слабыми межсистемными связями. Объем выработки ВИЭ может достигать 1 100 ТВтч, что составит 1/5 часть энергобаланса, при этом достижение 100% ВИЭ в энергобалансе региона технически и экономически невозможно. Таким образом, традиционная и атомная генерация будут играть существенную роль в развитии энергосистем, создавать базу для интеграции ВИЭ и способствовать сбалансированному распределению энергоресурсов в торговом балансе стран, добывающих ископаемые виды топлива.



**Влияние на климат.** Развитие энергетического сектора на комбинации источников энергии и с долей топливной генерации до 60% не приводит к значительному изменению уровня выбросов в сравнении с обычной хозяйственной деятельностью. Электрификация позволит сократить зависимость от традиционной биомассы, исключить бытовое сжигание дров и древесного угля и таким образом снизить объемы «теневых выбросов» и прекратить вырубку лесов. В связи с этим предлагается внести изменения в действующую политику международных финансовых организаций в области ESG для открытия финансирования новых проектов по производству электроэнергии в странах с удельным потреблением электроэнергии менее 1 000 кВт\*ч/год на душу населения для угольных электростанций и 2500 кВтч/чел. для газовых электростанций.



**Стоимость перехода.** Этап электрификации требует существенных инвестиций. Чтобы обеспечить доступность электроэнергии, критически важно минимизировать ее стоимость для ВВП путем развития местных цепочек поставок технологий, рабочей силы, финансирования и топлива. Результат оценки системной величины LCOE для стран ВЮА составляет 105-114 \$/МВтч, однако стоит учитывать существенно отличающуюся реальную конкурентоспособность регионов. Оцениваемая величина показателя затрат для ВВП (Cost to GDP) электроэнергии для стран ВЮА формируется на уровне 24-64 \$/МВтч, что в 2-5 раз ниже номинальной стоимости. Технологии, где возможна высокая доля локализации затрат, обладают существенным конкурентным преимуществом, так как вносят не только важный вклад в развитие электроэнергетического сектора африканских стран, но и являются значимым импульсом к социально-экономическому развитию данного региона.



**Возможность энергоперехода.** Программа электрификации и энергоперехода, стоящая перед африканскими странами, достаточная сложная, но реализуемая, что подтверждается наличием аналогичных примеров в мировой практике (страны Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока). В рамках данного исследования команда Kept предложила концепцию международного сотрудничества «Пять принципов справедливого энергоперехода»: соблюдение справедливости в энергопланировании, доступе к технологиям, ESG-политике и финансировании, в равных правах стран на переговорах по вопросам климата и технологической нейтральности в энергетике.

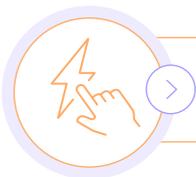
Результаты исследования показывают, что Африканский континент без сомнения является крупнейшим неосвоенным рынком и возможностью XXI столетия. Этот рынок становится ареной соперничества между странами Глобального Юга и Глобального Севера не только за инвестиции и рынки сбыта, но в первую очередь за «смыслы» и модели развития. В этом контексте российское предложение в энергетике может быть успешным как часть более стратегического партнерства по развитию экономики стран Африки. На сегодня комплексную стратегию работы в Африке только предстоит сформировать, но у российской стороны существуют все предпосылки для успешной работы на континенте.

Команда Kept уверена, что данное независимое исследование поможет во взаимодействии между нашими странами в рамках реализации будущих энергетических проектов на Африканском континенте. Мы будем продолжать расширять свой опыт работы как в африканских странах, так и в других регионах мира.

# Сокращения и аббревиатуры

<b>AEP</b>	Африканский энергетический портал (Africa Energy Portal)
<b>CAGR</b>	Совокупный среднегодовой темп роста (Compound annual growth rate)
<b>CO<sub>2</sub></b>	Углекислый газ
<b>Cost to GDP</b>	Стоимость для ВВП
<b>EAPP</b>	Восточно-Африканское энергетическое объединение (Eastern African Power Pool)
<b>EIA</b>	Управление энергетической информации США (Energy Information Administration)
<b>EIB</b>	Европейский инвестиционный банк
<b>ESG</b>	Принципы экологического, социального и корпоративного управления
<b>IEA</b>	Международное энергетическое агентство (International Energy Agency)
<b>IRENA</b>	Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (International Renewable Energy Agency)
<b>JET IP</b>	Инвестиционный энергетический план ЮАР (Just Energy Transition Investment Plan)
<b>LCOE</b>	Нормированная стоимость электроэнергии (Levelized Cost of Electricity)
<b>LTO</b>	Программы продления ресурса и модернизации (Long term operation)
<b>NEA</b>	Агентство по ядерной энергии (Nuclear Energy Agency)
<b>OEM</b>	Производители оборудования
<b>Real LCOE</b>	Доля затрат на импорт в составе LCOE (включая импортируемое топливо, оборудование и услуги), отрицательно влияющая на внутренний ВВП
<b>SAPP</b>	Южно-Африканское энергетическое объединение (Southern African Power Pool)
<b>АСММ</b>	Атомные станции малой мощности
<b>БРИКС</b>	Межгосударственное объединение, союз государств: Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР, ОАЭ, Саудовская Аравия, Иран, Египет и Эфиопия
<b>ВВП</b>	Валовый внутренний продукт
<b>ВЮА</b>	Восточная и Южная Африка
<b>ДРК</b>	Демократическая Республика Конго
<b>МФО</b>	Международная финансовая организация
<b>ООН</b>	Организация Объединенных Наций
<b>ОЭСР</b>	Организация экономического сотрудничества и развития
<b>ПГУ</b>	Парогазовые установки
<b>СУГ</b>	Сжиженный углеводородный газ
<b>ТЭС</b>	Теплоэлектростанция
<b>ЦУР</b>	Цели устойчивого развития
<b>э/э</b>	Электроэнергия
<b>ЭС</b>	Электростанция
<b>ЮАР</b>	Южно-Африканская Республика
<b>\$ (USD)</b>	Доллар США

# Приложения



## Прогноз экономического спроса и потребления э/э

### Прогноз экономического спроса, ТВтч

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Ангола	73,5	85,7	98,8	112,9	127,8	159,6	211,7	258,8	298,0
Ботсвана	5,6	6,1	7,7	9,5	11,0	12,2	12,9	13,6	14,1
Бурунди	26,9	30,7	34,8	39,2	43,8	48,6	53,3	57,8	62,1
ДРК	204,3	240,0	280,7	325,7	374,0	425,2	478,5	533,3	667,2
Джибути	2,4	2,6	2,7	2,9	3,5	4,3	4,9	5,4	5,6
Египет	236,4	255,8	337,7	412,9	474,5	528,1	564,8	601,3	630,2
Эфиопия	257,8	292,5	328,5	364,6	400,5	436,7	472,6	506,4	607,2
Эсватини	2,6	2,7	2,9	3,7	4,6	5,2	5,8	6,1	6,4
Кения	114,4	126,1	138,8	151,8	164,5	176,3	189,9	250,5	296,4
Лесото	5,0	5,2	5,5	5,8	6,0	6,9	8,5	9,6	10,3
Малави	42,6	48,5	54,9	61,5	68,3	75,1	88,7	115,7	138,2
Мозамбик	68,6	78,8	90,0	101,8	128,8	170,0	206,1	238,4	262,2
Намибия	5,5	6,4	8,4	10,0	11,4	12,5	13,4	14,4	15,2
Руанда	28,9	32,4	36,0	39,7	43,4	47,1	50,7	54,0	59,6
Южно-Африканская республика	217,6	228,2	239,2	250,0	262,9	276,0	286,8	296,7	302,2
Южный Судан	23,3	25,2	27,7	30,5	33,3	36,0	38,4	40,6	42,6
Судан	97,8	111,4	125,4	139,9	154,8	181,0	239,5	292,1	333,3
Уганда	97,7	112,8	128,4	144,4	160,6	176,8	192,8	208,1	236,2
Объединенная Республика Танзания	135,8	157,1	180,1	204,8	230,9	258,0	285,8	313,6	418,0
Замбия	41,6	47,8	54,3	62,3	85,2	107,5	126,3	143,7	156,5
Зимбабве	34,5	38,2	42,2	46,3	56,3	72,9	86,1	97,0	103,9
<b>Итого</b>	<b>1722,7</b>	<b>1934,2</b>	<b>2 224,7</b>	<b>2 520,1</b>	<b>2 846,1</b>	<b>3 215,8</b>	<b>3 617,6</b>	<b>4 057,1</b>	<b>4 665,3</b>
Египет	236,4	255,8	337,7	412,9	474,5	528,1	564,8	601,3	630,2
Южно-Африканская республика	217,6	228,2	239,2	250,0	262,9	276,0	286,8	296,7	302,2
Восточный регион	784,9	890,8	1 002,4	1 117,7	1 235,3	1 364,7	1 527,9	1 728,6	2 060,9
Южный регион	483,8	559,4	645,3	739,5	873,4	1 047,1	1 238,1	1 430,5	1 672,0
<b>Итого</b>	<b>1 722,7</b>	<b>1 934,2</b>	<b>2 224,7</b>	<b>2 520,1</b>	<b>2 846,1</b>	<b>3 215,8</b>	<b>3 617,6</b>	<b>4 057,1</b>	<b>4 665,3</b>

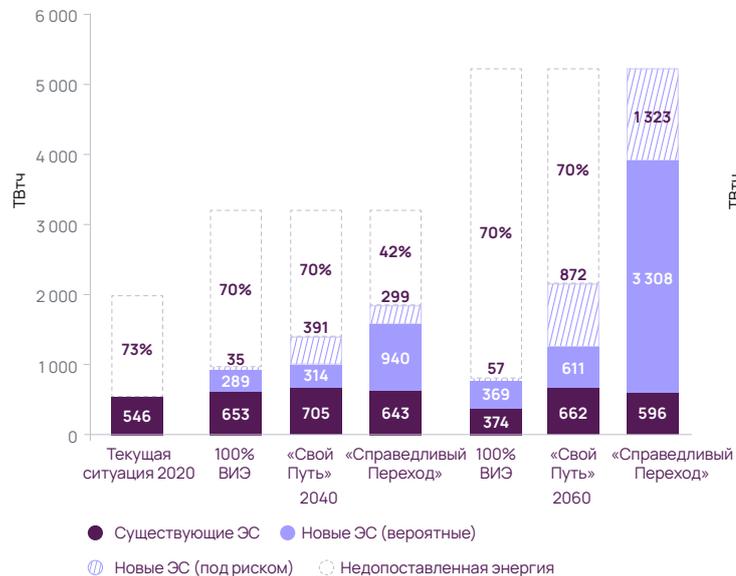
### Прогноз потребления электроэнергии, ТВтч

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Ангола	11,9	23,2	41,0	68,7	108,7	159,6	211,7	258,8	298,0
Ботсвана	3,7	5,6	7,7	9,5	11,0	12,2	12,9	13,6	14,1
Бурунди	0,3	0,9	1,7	2,9	4,5	7,4	11,9	19,7	30,8
ДРК	8,1	17,9	35,0	63,5	109,1	186,6	302,0	467,1	667,2
Джибути	0,6	1,1	1,7	2,5	3,5	4,3	4,9	5,4	5,6
Египет	173,9	254,0	337,7	412,8	474,5	528,1	564,8	601,3	630,2
Эфиопия	10,2	21,7	40,7	70,5	116,3	190,9	297,2	442,1	607,2
Эсватини	1,3	1,9	2,8	3,7	4,6	5,2	5,8	6,1	6,4
Кения	9,5	18,2	32,7	54,6	87,1	133,8	189,9	250,5	296,4
Лесото	0,8	1,4	2,3	3,5	5,1	6,9	8,5	9,6	10,3
Малави	4,0	7,9	14,5	24,9	40,2	61,8	88,7	115,7	138,2
Мозамбик	18,3	33,2	56,5	89,1	128,8	170,0	206,1	238,4	262,2
Намибия	4,4	6,4	8,4	10,0	11,4	12,5	13,4	14,4	15,2
Руанда	1,0	2,1	3,9	6,7	10,9	18,0	28,2	42,6	59,6
Южно-Африканская республика	207,9	222,0	236,4	250,0	262,9	276,0	286,8	296,7	302,2
Южный Судан	0,6	1,3	2,3	4,0	6,4	10,7	16,8	25,9	37,1
Судан	14,6	28,0	48,7	79,9	123,6	181,0	239,5	292,1	333,3
Уганда	3,4	7,5	14,2	24,9	41,5	69,1	109,4	167,5	236,2
Объединенная Республика Танзания	6,5	13,8	26,2	46,8	78,8	131,3	205,3	305,9	418,0
Замбия	14,3	25,2	41,2	62,3	85,2	107,5	126,3	143,7	156,5
Зимбабве	9,1	15,9	26,2	39,7	56,3	72,9	86,1	97,0	103,9
<b>Итого</b>	<b>504</b>	<b>709</b>	<b>982</b>	<b>1 331</b>	<b>1 770</b>	<b>2 346</b>	<b>3 016</b>	<b>3 814</b>	<b>4 629</b>
Египет	174	254	338	413	474	528	565	601	630
Южно-Африканская республика	208	222	236	250	263	276	287	297	302
Восточный регион	47	94	172	293	473	746	1 103	1 552	2 024
Южный регион	76	139	236	375	560	795	1 062	1 364	1 672
<b>Итого</b>	<b>504</b>	<b>709</b>	<b>982</b>	<b>1 331</b>	<b>1 770</b>	<b>2 346</b>	<b>3 016</b>	<b>3 814</b>	<b>4 629</b>

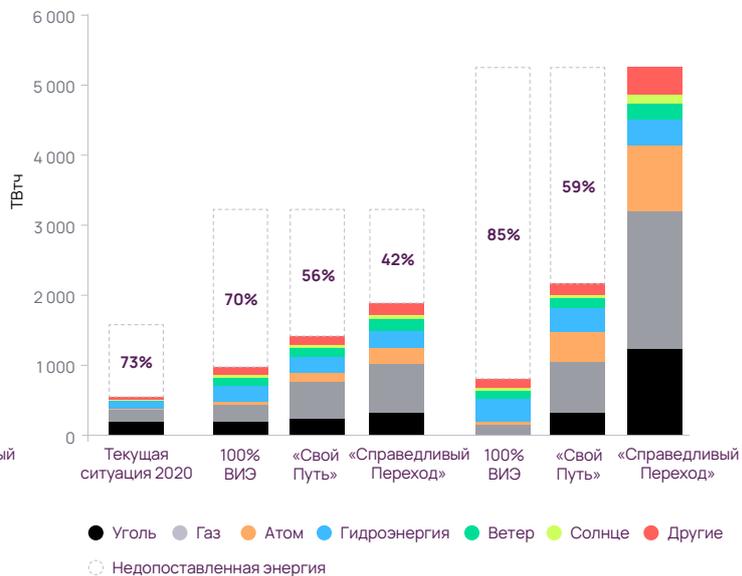


## Прогноз выработки э/э в Восточной и Южной Африке

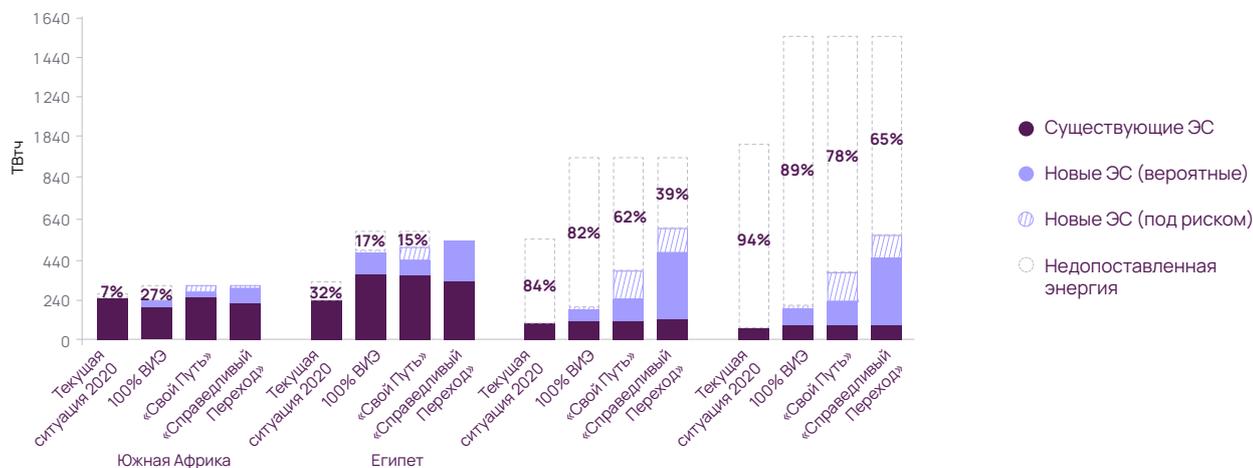
### Прогноз выработки э/э в ВЮА на 2040–2060 гг.



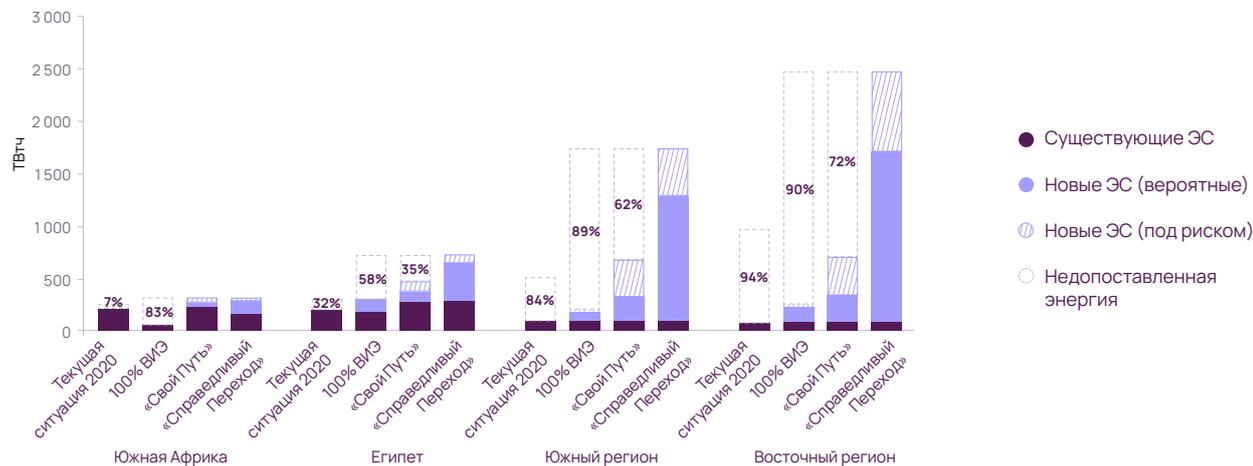
### Структура выработки э/э по типам электростанций в ВЮА для 2040–2060 гг.



### Прогноз производства э/э по регионам на 2040 г.



### Прогноз производства э/э по регионам на 2060 г.



Source: Kept analysis



## Установленная мощность и выработка э/э электростанций энергосистем Восточной и Южной Африки

### Установленная мощность и выработка э/э электростанций ВЮА по сценариям

Ресурс	Установленная мощность/выработка э/э, ГВт/ТВтч						
	Текущее состояние	100% ВИЭ		«Свой Путь»		«Справедливый Переход»	
		2020	2040	2060	2040	2060	2040
<b>Восточная и Южная Африка</b>							
Гидроэнергия	27/120	50/222	72/325	50/222	72/325	54/245	81/369
Ветер	5/5	35/113	40/108	37/119	44/143	50/163	69/222
Солнце	9/13	31/47	35/42	30/45	35/52	40/59	89/133
Уголь	45/193	27/120	0/0	51/240	62/328	67/328	279/1 239
Газ	54/172	54/310	27/155	94/536	125/713	128/682	371/1 935
Атом	2/11	6/46	6/46	16/119	59/436	32/237	128/950
Прочее	12/32	22/118	24/126	24/128	28/149	32/169	72/380
<b>Итого</b>	<b>153/546</b>	<b>226/976</b>	<b>204/800</b>	<b>302/1 410</b>	<b>425/2 145</b>	<b>404/1 883</b>	<b>1 089/5 228</b>
<b>Южно-Африканская республика</b>							
Гидроэнергия	3/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6
Ветер	3/0,3	9/30	9/8	11/35	11/35	11/35	12/38
Солнце	6/8	11/17	11/6	12/17	12/17	12/17	12/18
Уголь	42/186	25/112	0/0	37/158	36/180	33/132	32/111
Газ	-	-	-	-	-	2/9	4/23
Атом	2/11	2/14	2/14	4/32	7/50	7/50	12/86
Прочее	3/2	3/18	3/18	4/20	4/20	4/20	5/27
<b>Итого</b>	<b>59/213</b>	<b>55/198</b>	<b>30/53</b>	<b>71/269</b>	<b>73/309</b>	<b>71/269</b>	<b>80/309</b>
<b>Египет</b>							
Гидроэнергия	3/15	3/17	4/19	3/17	4/19	3/17	4/19
Ветер	1/4	14/47	14/47	13/41	13/41	16/52	20/66
Солнце	2/4	11/17	11/17	9/14	9/14	11/17	14/21
Уголь	-	-	-	-	-	-	-
Газ	52/164	52/295	26/148	55/316	51/291	70/352	90/443
Атом	-	4/31	4/31	4/31	8/63	7/54	14/107
Прочее	1/10	7/39	7/39	7/39	7/39	9/48	11/59
<b>Итого</b>	<b>59/198</b>	<b>93/446</b>	<b>67/301</b>	<b>92/458</b>	<b>92/467</b>	<b>117/539</b>	<b>154/716</b>
<b>Южный регион</b>							
Гидроэнергия	13/62	21/99	29/135	21/99	29/135	25/121	38/180
Ветер	0,005/0,2	5,2/17	6,8/22	6,4/21	10/32	11/36	11/36
Солнце	0,4/1	4,3/6	5,5/8	4,7/7	7,0/10	9/13	30/44
Уголь	2,4/7	1,4/8	0/0	8/48	14/79	18/105	82/288
Газ	1,6/3	1,6/9	0,8/5	20/112	37/212	29/163	144/677
Атом	-	-	-	4,2/31	22/162	10/72	51/378
Прочее	2,1/7	4,3/23	4,7/25	5,3/28	7,1/37	8,5/44	25/131
<b>Итого</b>	<b>19/79</b>	<b>38/162</b>	<b>46/195</b>	<b>69/345</b>	<b>125/668</b>	<b>110/554</b>	<b>381/1 734</b>
<b>Восточный регион</b>							
Гидроэнергия	8/37	22/100	36/163	22/100	36/163	22/100	36/163
Ветер	0,7/1	6,1/20	9,6/31	7/22	11/35	12/39	25/82
Солнце	0,4/0,4	4,5/7	7,1/11	4/7	7/11	8/12	33/50
Уголь	0,015/0,02	0,09/0,02	0/0	6/34	12/68	16/91	165/840
Газ	1,0/5	1,0/6	0,5/3	19/108	37/210	28/159	133/792
Атом	-	-	-	3/24	22/162	8/61	51/378
Прочее	5,3/14	7/38	8/44	8/42	10/53	11/57	31/163
<b>Итого</b>	<b>16/57</b>	<b>41/171</b>	<b>61/251</b>	<b>69/337</b>	<b>134/702</b>	<b>105/521</b>	<b>475/2 468</b>

## Удельное потребление э/э на душу населения в год, кВтч

	ВВП (ППС) \$/человека	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Ангола	6 030	357	595	914	1 338	1 870	2 450	2 927	3 254	3 442
Ботсвана	13 545	1 451	2 023	2 585	3 007	3 278	3 458	3 510	3 583	3 636
Бурунди	711	24	62	109	163	224	335	492	750	1 092
ДР Конго	1 044	87	164	274	429	642	966	1 388	1 927	2 494
Джибути	4 754	588	928	1 382	1 924	2 485	2 960	3 268	3 476	3 551
Египет	11 990	1 619	2 184	2 698	3 077	3 308	3 468	3 522	3 597	3 651
Эфиопия	2 253	87	163	272	425	639	962	1 383	1 921	2 486
Эсватини	8 290	1 075	1 575	2 147	2 683	3 076	3 318	3 486	3 559	3 612
Кения	4 497	182	317	518	791	1 165	1 669	2 229	2 793	3 170
Лесото	2 285	364	600	929	1 351	1 870	2 450	2 927	3 253	3 440
Малави	1 490	208	359	579	890	1 295	1 812	2 388	2 888	3 231
Мозамбик	1 233	587	928	1 382	1 927	2 487	2 962	3 270	3 478	3 553
Намибия	9 042	1 784	2 373	2 876	3 203	3 391	3 504	3 557	3 631	3 685
Руанда	2 067	73	142	237	370	553	840	1 224	1 735	2 299
Южно-Африканская республика	12 816	3 535	3 600	3 657	3 714	3 771	3 842	3 901	3 980	4 039
Южный Судан	-	54	110	187	289	426	652	962	1 403	1 919
Судан	3 875	329	553	854	1 256	1 756	2 339	2 834	3 197	3 406
Уганда	2 240	76	145	243	380	568	860	1 248	1 770	2 335
Объединенная Республика Танзания	2 474	105	193	319	502	751	1 120	1 580	2 147	2 700
Замбия	3 184	755	1 160	1 671	2 241	2 752	3 142	3 371	3 536	3 588
Зимбабве	1 990	578	915	1 364	1 885	2 455	2 948	3 256	3 464	3 540
Египет	11 990	1 619	2 184	2 698	3 077	3 308	3 468	3 522	3 597	3 651
Южно-Африканская республика	12 816	3 535	3 600	3 657	3 714	3 771	3 842	3 901	3 980	4 039
Восточный регион (усредненный по региону)	2 700	130	233	378	576	842	1 214	1 651	2 157	2 640
Южный регион (усредненный по региону)	2 407	345	546	807	1 127	1 491	1 892	2 278	2 667	3 005
<b>Усредненный по ВЮА</b>	<b>4 757</b>	<b>735</b>	<b>932</b>	<b>1 152</b>	<b>1 404</b>	<b>1 693</b>	<b>2 049</b>	<b>2 425</b>	<b>2 849</b>	<b>3 330</b>

# Принятые допущения в части затрат

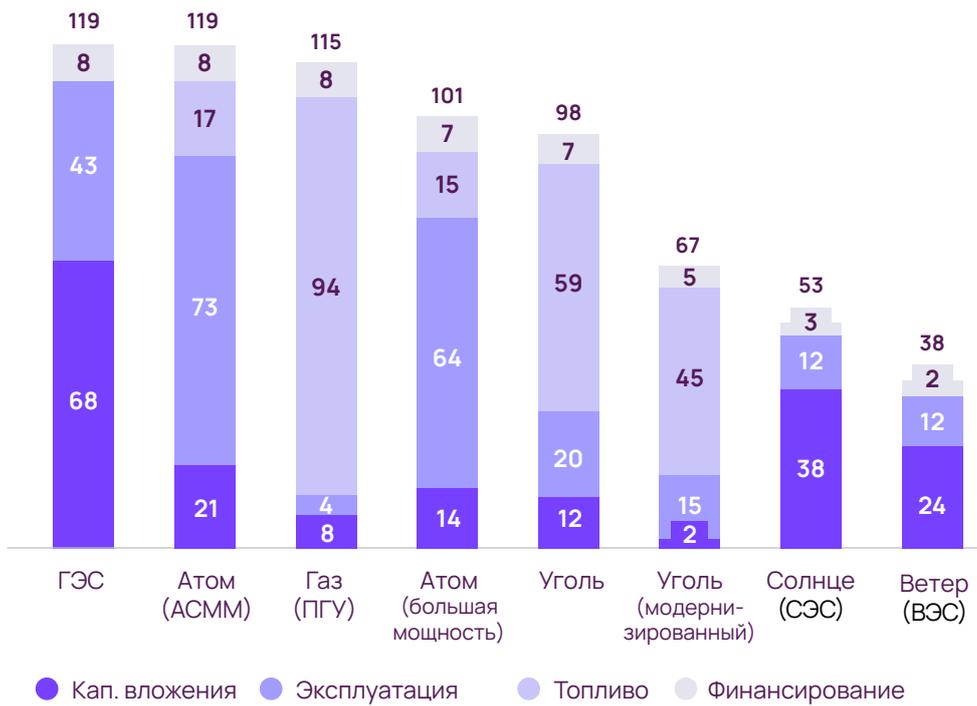
Структура и параметры LCOE по технологиям (базовые затраты, использованные в исследовании), %

Наименование параметра	Ед. измерения	ГЭС	Атом (АСММ)	Газ ПГУ	Атом (блоки большой мощности)	Уголь	Уголь (модернизация)	Солнце	Ветер
Приведенная стоимость электроэнергии (базовая)	\$/МВтч	119	119	115	101	98	67	53	38
Капитальные затраты	%	57%	17%	7%	14%	12%	3%	72%	63%
Операционные затраты	%	36%	61%	4%	64%	20%	23%	23%	32%
Топливо	%	0%	15%	82%	15%	60%	67%	0%	0%
Финансирование	%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	5%	5%
Коэффициент мощности	%	50%	90%	65%	90%	55%	55%	17%	37%

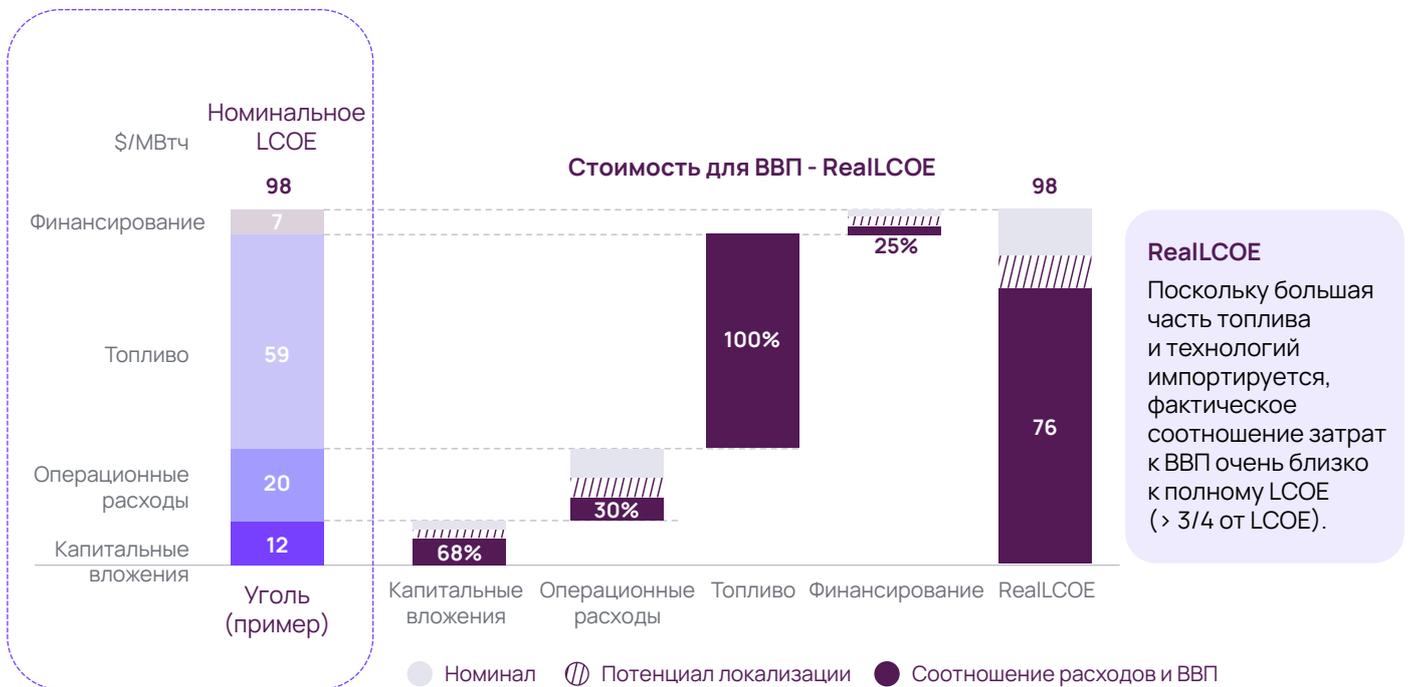
## Локальная доля и предельный уровень локализации

Регион	Предполагаемый уровень локализации				Предполагаемая потенциальная локализация			
	Восточный регион	Египет	Южный регион	ЮАР	Восточный регион	Египет	Южный регион	ЮАР
<b>Уголь</b>	<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>28%</b>	<b>76%</b>	<b>29%</b>	<b>22%</b>	<b>49%</b>	<b>90%</b>
Капитальные затраты	20%	20%	20%	30%	32%	32%	32%	65%
Постоянные затраты	30%	40%	30%	50%	65%	70%	65%	90%
Переменные затраты	30%	40%	30%	50%	48%	55%	48%	63%
Топливо	5%	0%	30%	100%	15%	0%	48%	100%
Финансирование	20%	30%	20%	30%	60%	65%	60%	65%
<b>Газ (ПГУ)</b>	<b>19%</b>	<b>88%</b>	<b>44%</b>	<b>4%</b>	<b>46%</b>	<b>93%</b>	<b>68%</b>	<b>16%</b>
Капитальные затраты	10%	30%	10%	10%	15%	48%	15%	28%
Постоянные затраты	20%	40%	20%	20%	40%	88%	40%	40%
Переменные затраты	20%	40%	20%	20%	40%	70%	40%	40%
Топливо	20%	100%	50%	0%	48%	100%	75%	10%
Финансирование	20%	30%	20%	30%	60%	65%	60%	65%
<b>Атом</b>	<b>9%</b>	<b>16%</b>	<b>9%</b>	<b>38%</b>	<b>47%</b>	<b>58%</b>	<b>45%</b>	<b>67%</b>
Капитальные затраты	10%	20%	10%	20%	24%	40%	19%	40%
Постоянные затраты	25%	40%	25%	40%	63%	88%	55%	88%
Переменные затраты	25%	40%	25%	40%	44%	70%	44%	70%
Топливо	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%	70%
Финансирование	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%
<b>Гидроэнергия</b>	<b>34%</b>	<b>48%</b>	<b>34%</b>	<b>48%</b>	<b>49%</b>	<b>60%</b>	<b>49%</b>	<b>60%</b>
Капитальные затраты	20%	30%	20%	30%	28%	44%	28%	44%
Постоянные затраты	60%	80%	60%	80%	80%	85%	80%	85%
Переменные затраты	60%	80%	60%	80%	80%	85%	80%	85%
Топливо	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Финансирование	20%	30%	20%	30%	60%	65%	60%	65%
<b>Ветер</b>	<b>10%</b>	<b>21%</b>	<b>10%</b>	<b>22%</b>	<b>31%</b>	<b>45%</b>	<b>31%</b>	<b>46%</b>
Капитальные затраты	5%	20%	5%	20%	15%	36%	15%	36%
Постоянные затраты	20%	25%	20%	30%	60%	63%	60%	65%
Переменные затраты	20%	25%	20%	30%	60%	63%	60%	65%
Топливо	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Финансирование	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%
<b>Солнце</b>	<b>8%</b>	<b>20%</b>	<b>8%</b>	<b>21%</b>	<b>27%</b>	<b>43%</b>	<b>27%</b>	<b>43%</b>
Капитальные затраты	5%	20%	5%	20%	15%	36%	15%	36%
Постоянные затраты	20%	25%	20%	30%	60%	63%	60%	65%
Переменные затраты	20%	25%	20%	30%	60%	63%	60%	65%
Топливо	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Финансирование	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%

Структура LCOE по технологиям (базовые допущения, принятые в исследовании), \$/МВт



Разбивка структуры LCOE и доли затрат в ВВП по компонентам (пример - угольная ТЭС в Египте)



**Капитальные расходы**  
Оборудование импортировано, но строительные работы выполняются местными подрядчиками

**Операционные расходы**  
Местный персонал, но основные операционные расходы и запасные части импортируются

**Топливо**  
100% импортируемого угля используется для выработки электроэнергии

**Финансирование**  
Совмещенное проектное финансирование со значительным иностранным экспортным кредитом

# Список использованной литературы

- МЭА** (Международное энергетическое агентство), Data & Statistics, <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- Всемирный банк**, World Bank Open Data, <https://data.worldbank.org/>
- АЕР** (Африканский энергетический портал), Data & Statistics, <https://africa-energy-portal.org/database>
- IRENA** (Международное агентство по возобновляемым источникам энергии), Statistics Data, <https://www.irena.org/Data>
- Energy for growth**, Raising Global Energy Ambitions: The 1,000 kWh Modern Energy Minimum, 2021, <https://energyforgrowth.org/article/modern-energy-minimum/>
- EIA** (Energy Information Administration), Data, tools, apps, and maps, <https://www.eia.gov/tools/>
- Energy-Charts.info**, Electricity production, <https://energy-charts.info/charts/power/chart.htm?l=en&c=DE>
- Standard & Poor's Global Analytic**, Coal finance: Germany's top banks face pressure to tighten lending policies, 2021, <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/coal-finance-germany-s-top-banks-face-pressure-to-tighten-lending-policies-67090988>
- IRENA** (Международное агентство по возобновляемым источникам энергии), Planning and prospects for renewable power: Eastern and Southern Africa, 2021, <https://www.irena.org/Publications/2021/Apr/Planning-and-prospects-for-renewable-power-Eastern-and-Southern-Africa>
- Enerdata**, World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023, <https://yearbook.enerdata.net/co2/emissions-co2-data-from-fuel-combustion.html>
- Европейский инвестиционный банк**, EIB Project Carbon Footprint Methodologies, 2020, [https://www.sfu-kras.ru/files/eib\\_project\\_carbon\\_footprint\\_methodologies\\_en.pdf](https://www.sfu-kras.ru/files/eib_project_carbon_footprint_methodologies_en.pdf)
- Азиатский банк развития**, Greenhouse Gas Emissions Accounting for ADB Energy Project Economic Analysis, 2019, <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/547351/ghg-emissions-accounting-guidance-note.pdf>
- Журнал «Сельское хозяйство, наука и технологии»** В 5 (2015) 197–204, Improved Charcoal Production for Environment and Economics of Blacksmiths: Evidence from Nepal; 2015, <https://davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/56163c591ad04.pdf#:~:text=Improved%20Charcoal%20Production%20for%20Environment,of%20wood%20is%20needed%2C%20respectively>
- Президентство Южно-Африканской Республики**, South Africa's Just energy transition investment plan (JET IP) or the Initial period 2023–2027
- Our World in Data**, Who has contributed most to global CO<sub>2</sub> emissions?, <https://ourworldindata.org/contributed-most-global-co2>
- The GLOBAL GOALS**, The 17 goals, <https://www.globalgoals.org/goals/>
- Организация Объединенных Наций**, Sustainable Development Goal, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>
- The Council for Scientific and Industrial Research in South Africa (CSIR Energy Center)**, Least Cost Electricity Mix for South Africa: Optimisation of the South African power sector until 2050, Republic of South Africa, [https://www.crses.sun.ac.za/files/news/CSIR\\_BischofNiemz\\_pp.pdf](https://www.crses.sun.ac.za/files/news/CSIR_BischofNiemz_pp.pdf)
- Министерство энергетики и нефти Кении**, Kenya least cost power development plan from 2020 to 2040, Republic of Kenya, <https://www.decoalonize.org/wp-content/uploads/2021/03/LCPDP-2020-2040.pdf>
- Electricity regulatory authority of Uganda**, Uganda least cost electricity expansion plan 2020–2030, Republic of Uganda, [https://rise.esmap.org/data/files/library/uganda/Electricity%20Access/Uganda\\_ERA\\_Least%20Cost%20Electricity%20Expansion%20Plan%202020-2030\\_2021.pdf](https://rise.esmap.org/data/files/library/uganda/Electricity%20Access/Uganda_ERA_Least%20Cost%20Electricity%20Expansion%20Plan%202020-2030_2021.pdf)
- International Rivers, Earthlife Namibia**, Least Cost energy investment study for Namibia to 2040, Republic of Namibia, TMP Public, <https://www.internationalrivers.org/wp-content/uploads/sites/86/2023/07/TMP-report-Namibia-2023.pdf>
- Rwanda Energy Group, Rwanda**: Least cost power development plan 2023–2050 (2022–2040), Republic of Rwanda, <https://www.reg.rw/public-information/reports-plans/>
- Африканский банк развития для Министерства энергетики и горнодобывающей промышленности Бурунди**, Power generation master plan in Burundi to 2030, Republic of Burundi, <https://www.afdb.org/ar/documents/burundi-power-generation-master-plan-burundi-enabling-environment-sefa-appraisal-report>
- Министерство энергетики Объединенной Республики Танзания**, Tanzania power system master plan to 2044, <https://www.nishati.go.tz/uploads/documents/en-1638532283-PSMP%202020%20UPDATE%20FINAL%20signed.pdf>
- Японское агентство международного сотрудничества**, Integrated Master plan Mozambique Power system development to 2042, The Republic of Mozambique, <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12318606.pdf>
- Escom**, 2022, <https://www.eskom.co.za/wp-content/uploads/2022/10/Medium-Term-System-Adequacy-Outlook-2023-2027.pdf#:~:text=The%20Medium%2Dterm%20System%20Adequacy%20Outlook,to%20as%20the%20MTSAO%202022>

# Контакты



## Василий Савин

Партнер

Руководитель практики по работе с компаниями сектора энергетики и коммунального хозяйства

М: +7 916 901 80 44

Т: +7 (495) 937 4477 Доб.13296

E: vsavin@kept.ru



Электронная версия  
исследования



## Сергей Роженко

Директор

Практика по работе с компаниями сектора энергетики и коммунального хозяйства

Группа аналитики в энергетике

М: +7 916 063 03 19

Т: +7 (495) 937 4477 Доб.13468

E: srozhenko@kept.ru

[kept.ru](https://kept.ru)

Информация, содержащаяся в настоящем документе, носит общий характер и подготовлена без учета конкретных обстоятельств того или иного лица или организации. Хотя мы неизменно стремимся представлять своевременную и точную информацию, мы не можем гарантировать того, что данная информация окажется столь же точной на момент получения или будет оставаться столь же точной в будущем. Предпринимать какие-либо действия на основании такой информации можно только после консультаций с соответствующими специалистами и тщательного анализа конкретной ситуации.

© 2024 г. АО «Кэпт». Все права защищены.