

## Долгосрочная стратегия для Беларуси

Проект: « Лучшая зеленая сделка с предложениями политики организаций гражданского общества, видениями и сценариями для лучшей политика смягчения последствий для стран Балтийского моря и Украины »

## Сокращения

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль

КЭС – конденсационная электростанция

ВВП – валовой внутренний продукт

ПГ – парниковый газ

Mtce – миллион тонн угольного эквивалента

АЭС – атомная электростанция

СЭС – фотоэлектрическая электростанция

ВИЭ – возобновляемые источники энергии

ВЭС – ветряная электростанция

## Введение

Моделирование энергетической системы Беларуси в настоящее время сталкивается с серьезными проблемами.

После захвата власти в 2020 году и серии международных преступлений против Беларуси были введены экономические санкции. Пытаясь обойти их и скрыть возможные пути обхода, правительство прекратило публиковать данные по внешней торговле, энергетические данные и целый ряд других данных. В результате достоверные данные по энергобалансу доступны только за 2020 год. Оценить текущее состояние энергобаланса можно только на основе общедоступных данных, которые пока еще доступны.

В данной работе проведен анализ текущего состояния энергетической системы, сделан прогноз потребления топлива и выбросов парниковых газов для сценария без изменений.

Также был проведен анализ технологий, которые могут быть использованы в перспективе для повышения энергоэффективности и снижения выбросов парниковых газов. Разработан сценарий развития энергетической системы с учетом использования данных технологий.

# Состояние энергосистемы Беларуси в 2020 году

## Поставки энергии

- В 2020 году лишь 17,1% потребностей страны в энергии (37 млн тонн условного топлива [млн т.у.т. ]) было удовлетворено за счет внутреннего производства, что делает Беларусь одной из наименее энергетически самодостаточных стран в мире.
- Несмотря на третье место в мире по добыче торфа (1654 тыс. тонн в 2018 году), небольшие объемы добычи сырой нефти (1710 тыс. тонн в 2020 году) и природного газа (219 млн куб. метров в 2020 году), Беларусь в значительной степени зависит от импорта для удовлетворения своего спроса на энергоносители.
- Почти вся выработка электроэнергии в 2020 году осуществлялась за счет природного газа (90%, или 34,5 тераватт-часов [ТВт·ч]), но, по прогнозам, ситуация изменится с вводом в эксплуатацию одного ядерного реактора в 2021 году и после ввода в эксплуатацию вторых ядерных блоков (по 1200 мегаватт [МВт] каждый, которые были введены в эксплуатацию в октябре 2020 года и июле 2021 года).
- Беларусь является крупным переработчиком нефти (36-е место в мире, 16,3 млн тонн нефтепродуктов в 2020 году).

## Импорт/экспорт

- Беларусь в значительной степени зависит от импорта всех видов ископаемого топлива, поставляемого в основном Россией. Топливо для новой АЭС планируется импортировать также из России.
- Страна является крупным импортером природного газа: по предварительным данным за 2020 год Беларусь импортировала 19 миллиардов кубометров [ млрд куб. м ] природного газа, что делает ее ведущим импортером газа среди стран Восточного партнерства ЕС.
- Беларусь импортирует значительное количество сырой нефти, но большая часть нефти реэкспортируется в виде нефтепродуктов. Россия является основным поставщиком сырой нефти, которая перерабатывается в Беларуси, а Беларусь в свою очередь являлась основным поставщиком нефтепродуктов в Украину до полномасштабного вторжения в 2022 году.

## Конечное потребление

**Основное конечное потребление приходится на потребление тепла.** Основные потребители — промышленность и население. Также часть потребляется в сфере услуг, в основном для отопления помещений. Общее потребление тепла составляет почти 8 млн т у.т.

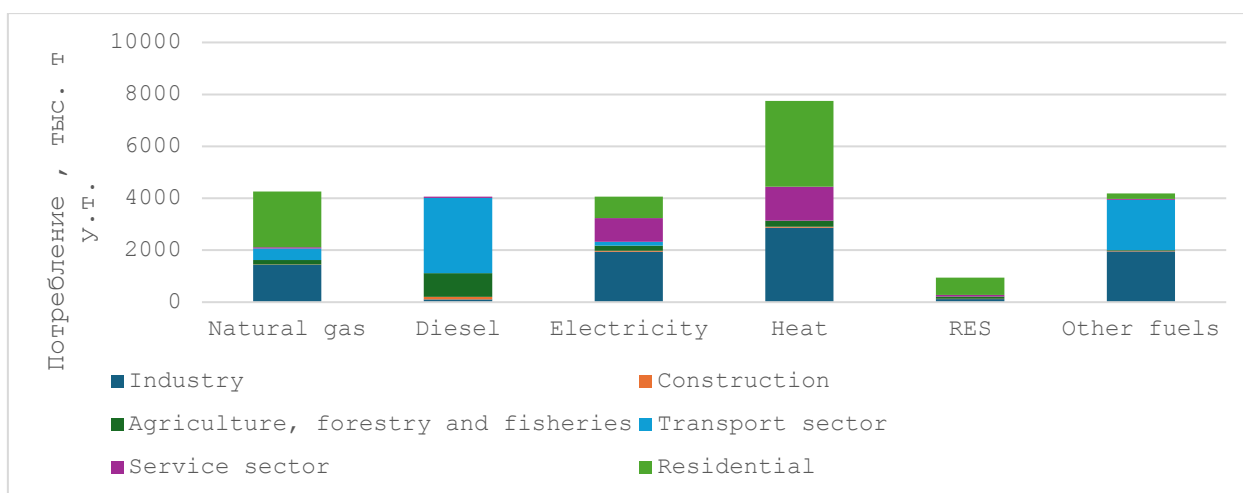


Рисунок 1– Конечное потребление Беларуси в 2020 году (Источник: Белстат )

**Еще 4 вида топлива распределены между собой практически равномерно, по 4 млн тонн условного топлива на каждый вид: природный газ, дизельное топливо, электроэнергия и прочие виды энергии в общей сложности.**

Природный газ в основном используется населением и промышленностью, а также транспортным сектором, в основном для перекачки природного газа и нефти.

Дизельное топливо почти полностью потребляется в транспортном и сельскохозяйственном секторах.

Основной сектор потребления электроэнергии — промышленность. Значительна также доля сферы услуг и населения.

Среди потребителей других видов топлива значительную долю занимает транспортный сектор, что связано с потреблением бензина и сжиженного газа. Значительным потребителем является также промышленность, которая использует значительный объем различных видов топлива: торф и торфяные брикеты, мазут и другие виды нефтепродуктов и т. д.

Кроме того, около 1 млн тонн условного топлива поступает из возобновляемых источников энергии, основным потребителем

возобновляемых источников энергии является население. Это выражается почти полностью в потреблении древесной биомассы.

## Сектор преобразования

Сектор преобразования обеспечивает преобразование одного вида топлива или энергии в другой. Например, использование газа для производства тепла и электроэнергии или переработка нефти для получения нефтепродуктов. Весь сектор можно разделить на два больших блока: переработка нефти (нефтепереработка) и производство электроэнергии и тепла (энергетическая система).

Существуют и другие небольшие блоки переработки, например, торфобрикетные заводы, перерабатывающие торф в торфобрикеты, или производство щепы из древесины. Однако их доля значительно меньше, и эти блоки в основном работают в сфере переработки местных видов топлива.

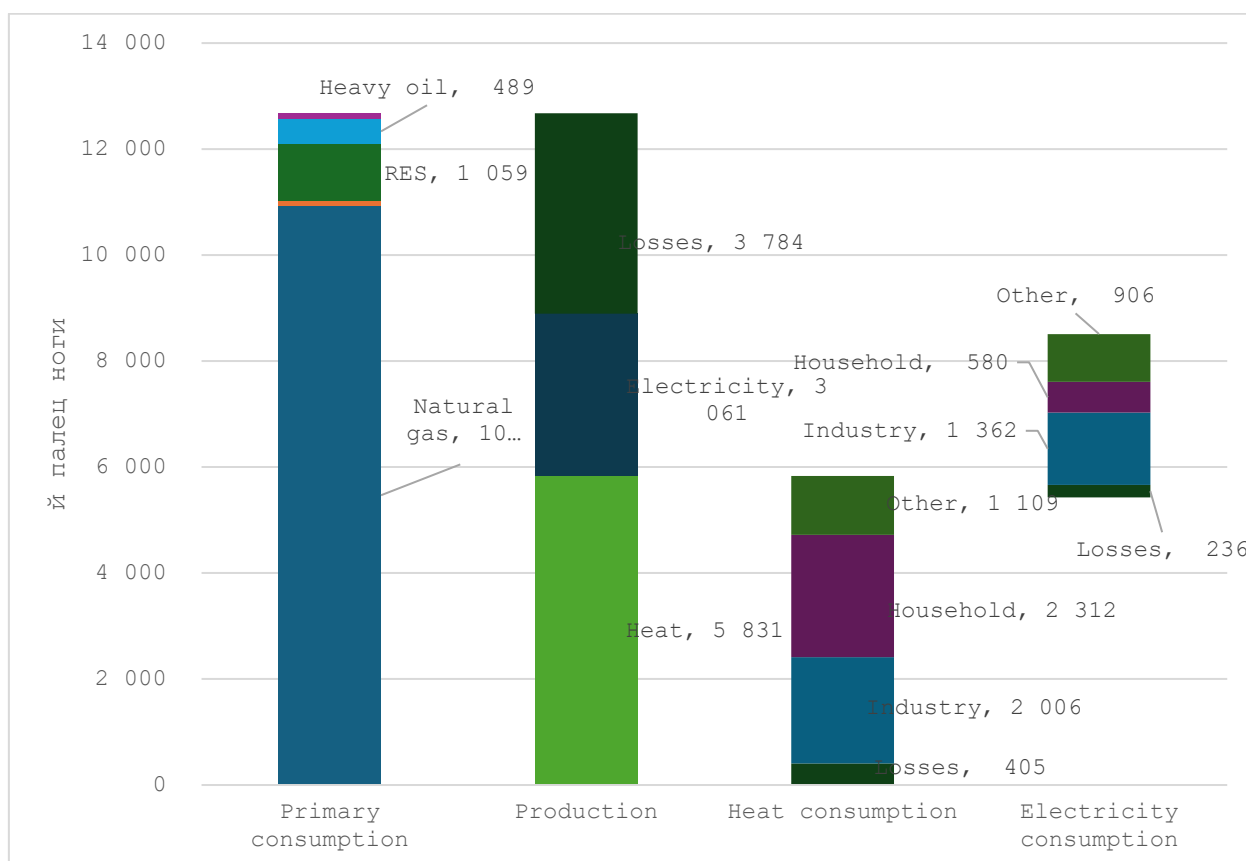


Рисунок 2- Производство тепловой и электрической энергии (Источник: Белстат)

Основным видом потребляемого топлива является природный газ. Вторая категория – использование биомассы – древесного топлива и отходов лесного и сельскохозяйственного хозяйства. В 2020 году активно использовался мазут из-за его низкой цены, связанной со снижением цен на нефть и другие нефтепродукты.

Около четверти потребляемой энергии теряется во время преобразования, а остальная часть используется для производства электроэнергии и тепла. Тепло составляет около двух третей от общего объема производства.

В 2020 году доля возобновляемых источников энергии в энергобалансе Беларуси составила всего 7,8%, в основном это биотопливо и возобновляемые отходы. Доля возобновляемых источников энергии в выработке электроэнергии была еще ниже — 3% в 2020 году (0,93 ТВт·ч).

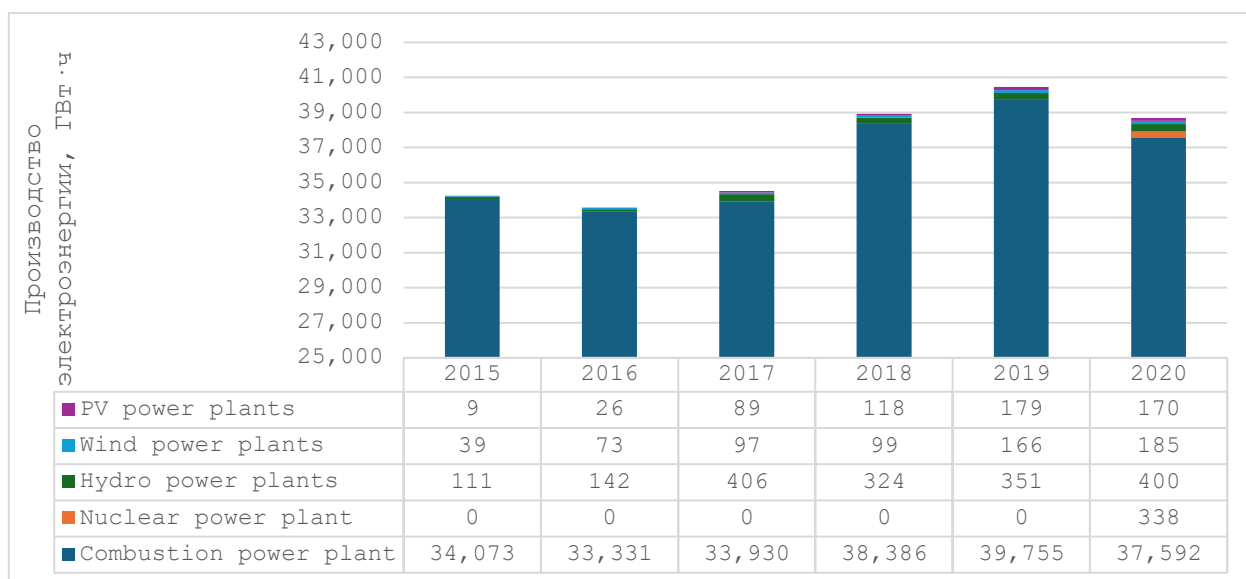


Рисунок 3- Производство электроэнергии (Источник: Белстат)

Мощности ВИЭ в энергосистеме пока незначительны, хотя в последнее время они начали увеличиваться. Однако в связи с вводом АЭС квоты на ввод ВИЭ установлены на нулевом уровне на период 2021-2023 гг. Это свидетельствует о том, что в ближайшее время ввод новых мощностей ВИЭ как минимум не будет ускорен, а скорее всего, будет остановлен.

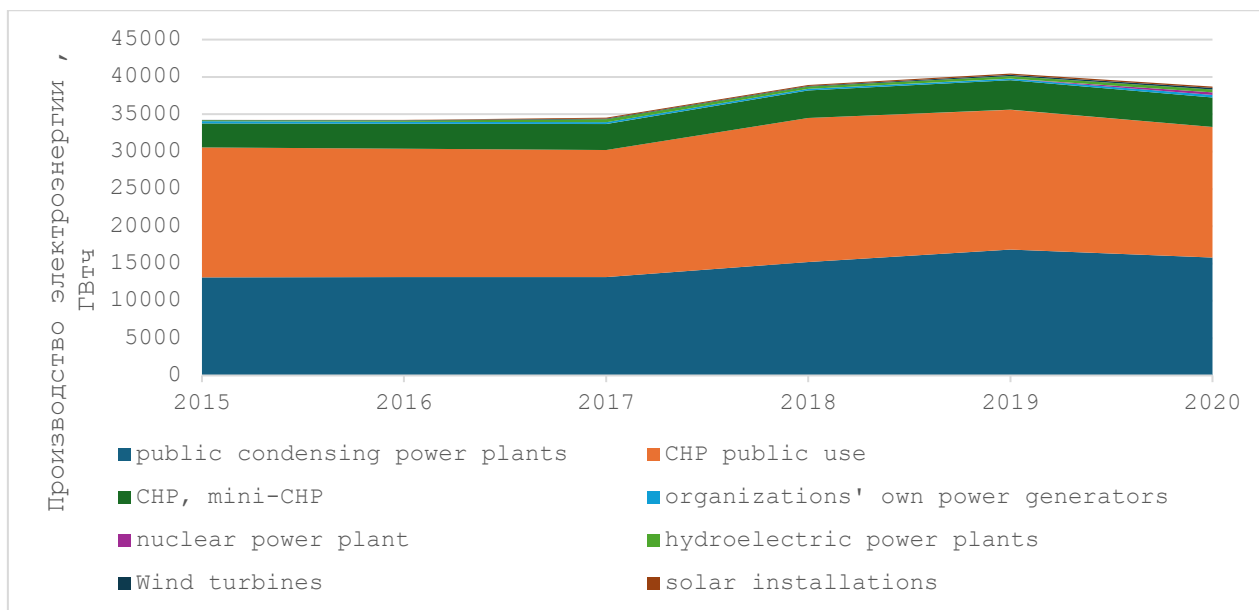


Рисунок 4- Производство электроэнергии (Источник: Белстат )

**Производство электроэнергии и тепла в Беларуси осуществляется в основном на конденсационных электростанциях и теплоэлектростанциях (ТЭЦ), работающих исключительно на природном газе.**

Мини-ТЭЦ, которые в значительной степени принадлежат предприятиям. После 2020 года начался период ввода в эксплуатацию двух блоков АЭС, на которых планируется выработать около 18 ТВт·ч. При этом выработка на ТЭЦ не может существенно снизиться. АЭС также представляют собой нерегулируемую мощность. В результате в энергосистеме Беларуси будет крайне мало мощностей, способных регулировать мощность. Это затрудняет поддержание баланса мощности в энергосистеме даже при использовании только природного газа и атомной энергии. Введение ВИЭ в больших объемах при такой структуре генерирующих мощностей еще больше усложнит поддержание баланса мощности, а, следовательно, система скорее столкнется с максимальной долей нерегулируемых ВИЭ. Переход на ВИЭ потребует не только замещения производства электроэнергии новыми источниками, но и поиска возможностей замещения выработки тепла взамен ТЭЦ. Дополнительной проблемой является высокая концентрация генерации тепла на крупных электростанциях, которую невозможно заменить солнечными коллекторами или биомассой, а электрификация крупных городов потребует существенных изменений сетевой инфраструктуры.

Другая часть энергосистемы — котельные. Это самая неоднородная часть, тепло невозможно транспортировать на большие расстояния, поэтому система теплоснабжения — это тысячи установок малой мощности. Типы и



размеры этих установок сильно различаются, как и виды используемого топлива. Не все газовые котельные могут перейти на мазут.

## Переработка нефти

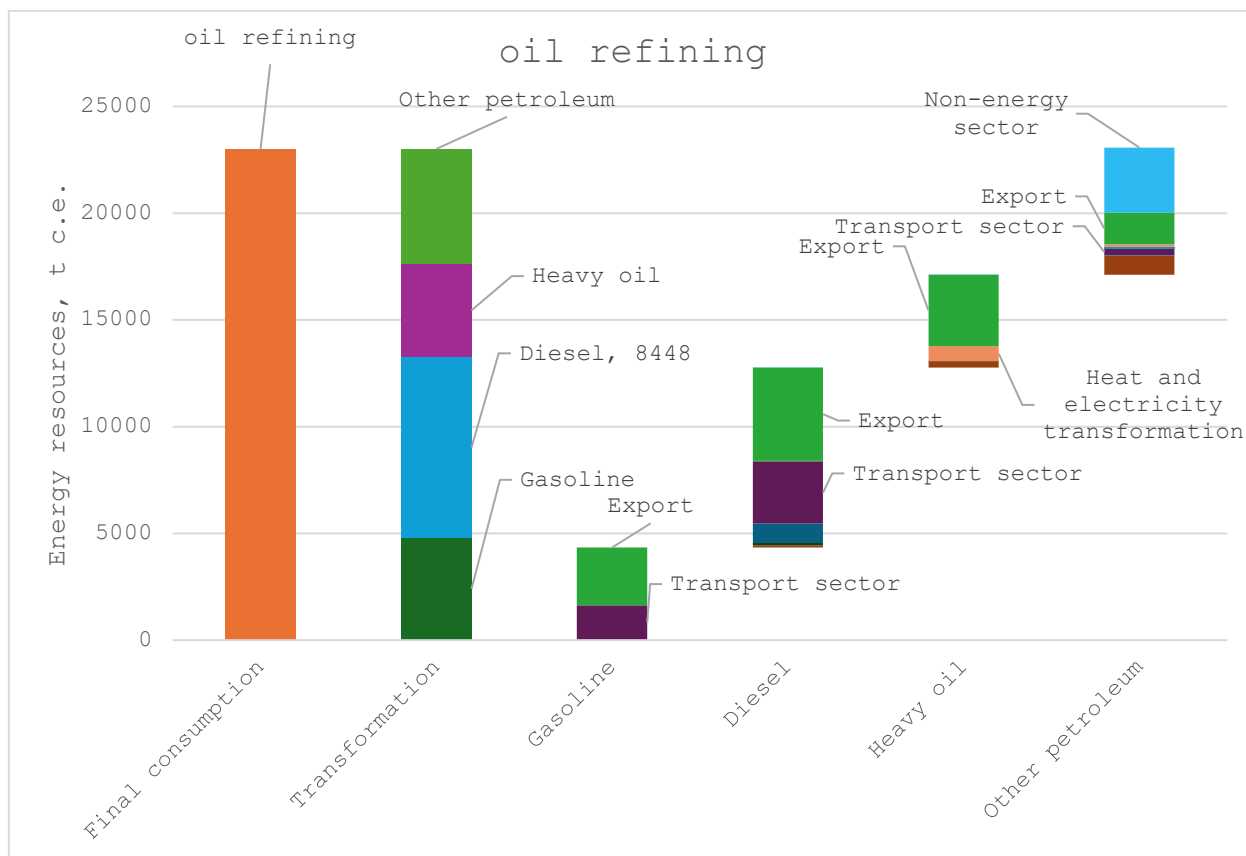


Рисунок 5— Нефтеперерабатывающий завод

**Переработка нефти в Беларуси осуществляется на двух НПЗ общей мощностью 24 млн тонн нефти (34 млн тонн условного топлива), однако фактически она редко превышает 20 млн тонн (28 млн тонн условного топлива). В 2020 году переработка снизилась до 23 млн тонн условного топлива, что связано со снижением экспорта из-за пандемии.**

В целом экспорт является ключевым направлением реализации производимых нефтепродуктов. Большая часть бензина идет на экспорт. Также экспортируется около половины дизельного топлива, а до 2020 года практически весь мазут шел на экспорт. В 2020 году из-за низких цен на нефть и нефтепродукты на мировом рынке мазут стал использоваться для электростанций.

Остальные нефтепродукты в основном используются в качестве продукции в неэнергетическом секторе или экспортируются.

## Оценка состояния на 2022 год.

В период с 2020 по 2023 год произошло несколько существенных изменений.

Была запущена АЭС, что привело к сокращению выработки электроэнергии на электростанциях, в первую очередь на конденсационных электростанциях, но, вероятно, произошло и сокращение выработки энергии на ТЭЦ, поскольку часть тепловой энергии стала вырабатываться на электрокотлах, установленных также на ТЭЦ.

Специально для интеграции АЭС были установлены электродоты мощностью 917 МВт.

Также в результате введения санкций сократился экспорт нефтепродуктов, что также привело к сокращению переработки импортной нефти.

Кроме того, имеются данные из публичных заявлений об изменении энергоемкости, ВВП, потребления электроэнергии и газа.

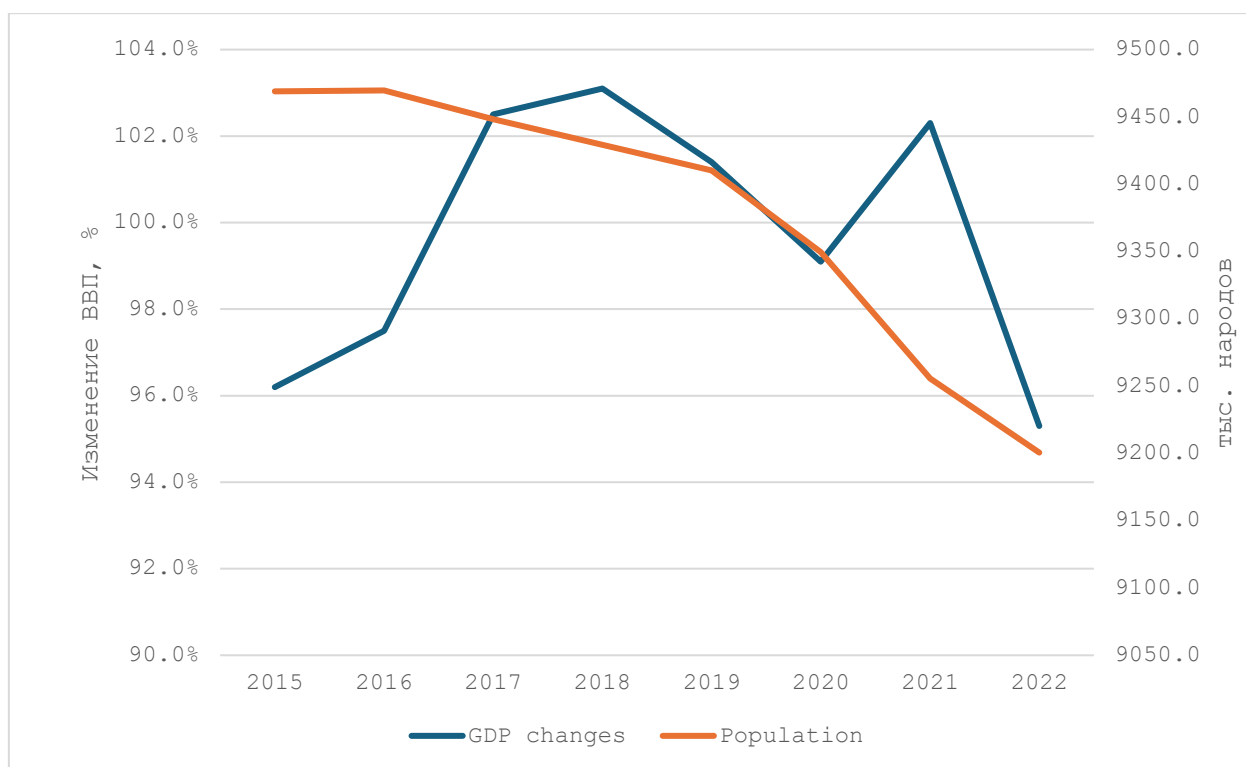


Рисунок 6– Макроэкономическая ситуация после 2020 г.

Население сокращается с 2016 года, но спад ускорился с 2020 года. ВВП значительно колебался. В 2020 году наблюдался определенный спад из-за пандемии и снижения экспорта. В 2021 году постпандемическое восстановление привело к росту ВВП Беларуси, после чего санкции,

введенные за поддержку России в войне против Украины, снова значительно снизили ВВП.

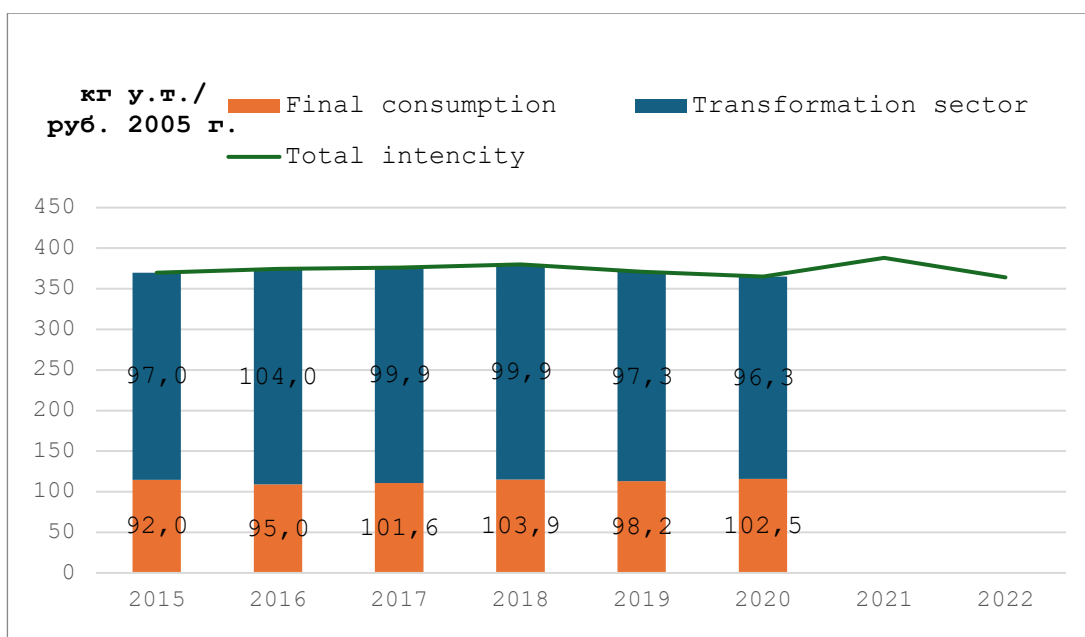


Рисунок 7– Энергоемкость

Энергоемкость ВВП Беларуси сохраняется на постоянном уровне на протяжении 5 лет. В 2021 году наблюдается определенный рост энергоемкости, что связано с запуском АЭС и ростом ВВП, который базировался на росте экспорта промышленных товаров, энергоемкость которых, как правило, выше средней.

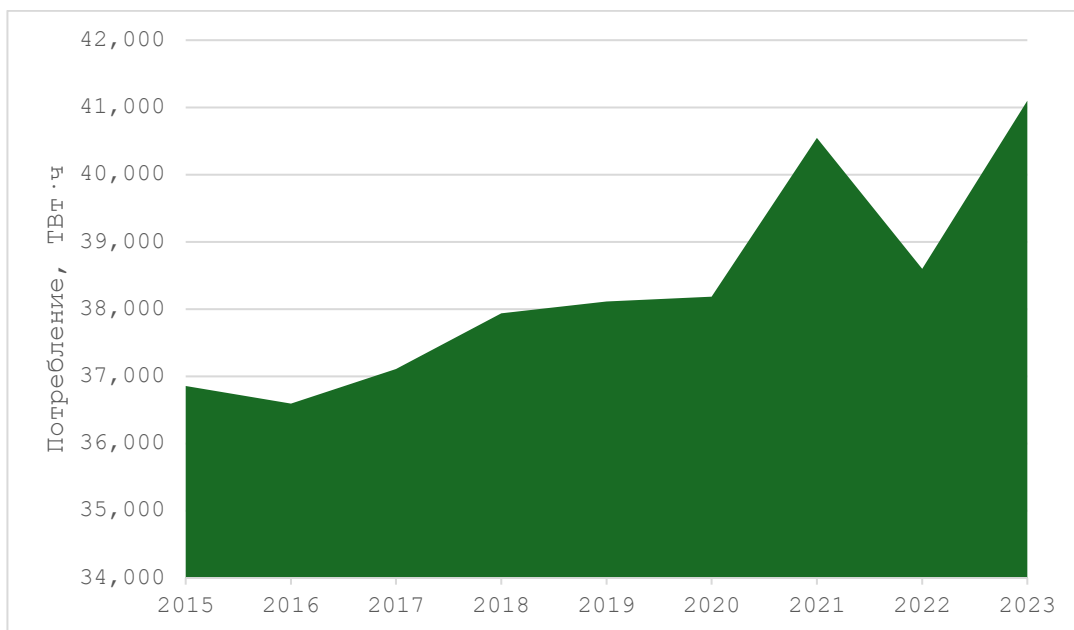


Рисунок 8- Потребление электроэнергии

Аналогичная динамика наблюдается и в потреблении электроэнергии. Кроме того, есть данные по электроэнергии за 2023 год, которые показывают

рост потребления электроэнергии. Это связано с ростом производства и экспорта в Россию наиболее энергоемких видов продукции .

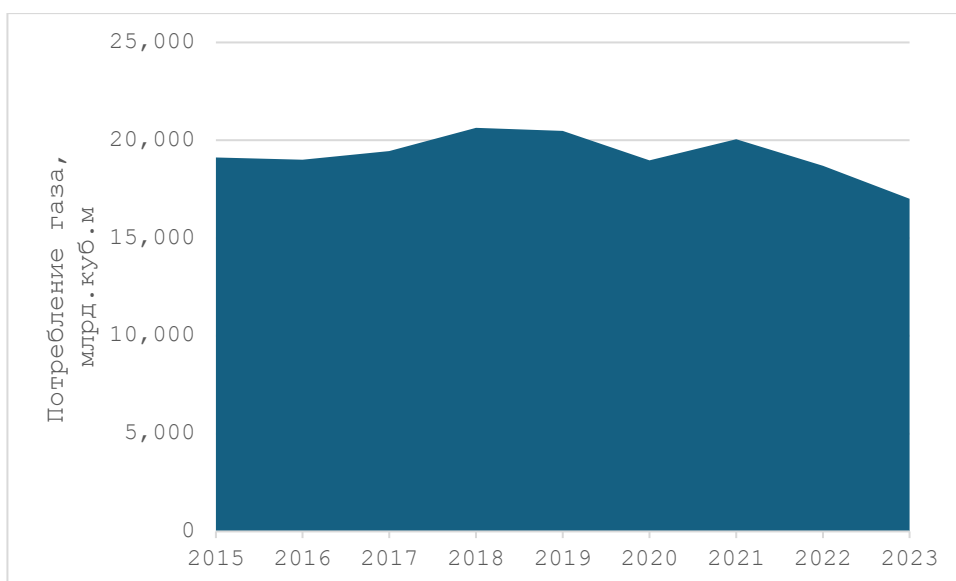


Рисунок 9- Потребление газа

Напротив, потребление природного газа начинает снижаться, что свидетельствует об эффекте запуска АЭС.

## Описание модели прогнозирования

### Сбалансированные модели

Данная модель изначально использует данные энергобаланса. Алгоритм модели основан на построении баланса потоков энергии между секторами экономики и энергосистемой . Балансовые методы привлекательны тем, что их результаты по определению внутренне совместимы. Они также дают подробную картину экономической деятельности, что особенно полезно для энергетического планирования. Однако процедура построения матрицы требует довольно больших усилий в базовом году, Белорусская статистическая система формировала энергобалансы на каждый год вплоть до 2020 года.

Поскольку энергетические балансы доступны в течение длительного периода каждая ячейка баланса за несколько лет может быть преобразована во временной ряд. Такие ряды позволяют отобразить как значение параметра в каждый момент времени, так и изменение параметра с течением времени.

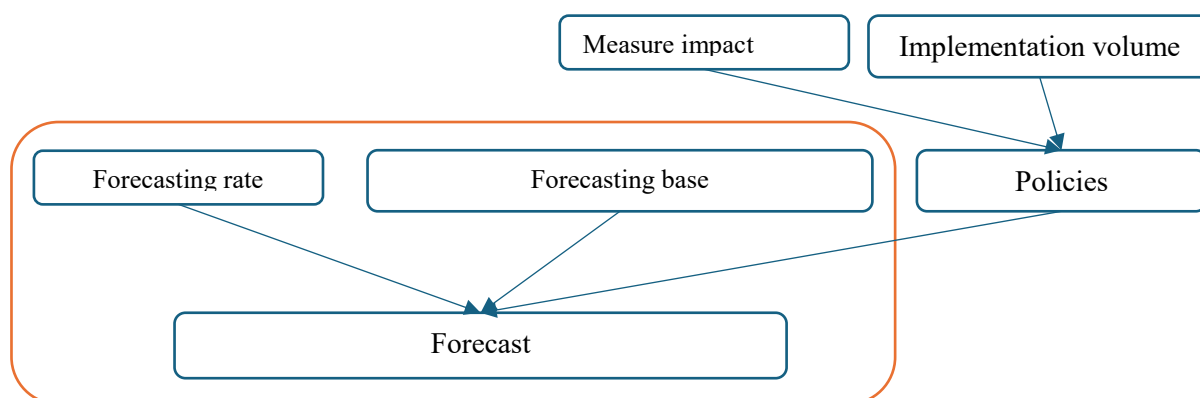
Используются механизмы скользящей средней, сохранения тренда, удельного показателя для различных экономических базисов, а также с использованием коэффициентов эластичности для различных показателей

формируются прогнозы потребления каждого вида топлива в каждом секторе. Таким образом формируется базовый сценарий.

Целевой сценарий формируется путем изменения предположений относительно изменений в будущем (изменения энергоемкости, структуры экономики, экономического роста, удельного потребления энергии). Однако механизмы влияния на изменение этих показателей остаются неясными.

В то же время введены механизмы моделирования политик и мер, включающие конкретную единицу (МВт установленной мощности, МВт·ч замещенной или сэкономленной энергии) и т. д. Рассчитывается эффект на установленную единицу, например, внедрение ветровых электростанций приводит к увеличению производства энергии из возобновляемых источников энергии, а замена газа на электроэнергию приводит к сокращению потребления газа.

Далее сценарий низкоуглеродного развития может быть сформирован путем сохранения прогноза в рамках базового сценария (БАС) с внедрением определенного объема запланированных политик и мер.



10 - Structure of model

## Сценарии обычного ведения бизнеса (BAU)

Базовый сценарий был смоделирован с использованием данных национальных программ и стратегий в сфере энергетики, а также макроэкономических прогнозов.

Период 2030 года не охвачен национальными программами, поэтому на более длительные периоды использовались прогнозы Всемирного банка по макроэкономическим прогнозам и сохранению существующих тенденций по энергетическим параметрам. Это касается энергоемкости ВВП, изменения структуры потребления тепловой энергии.

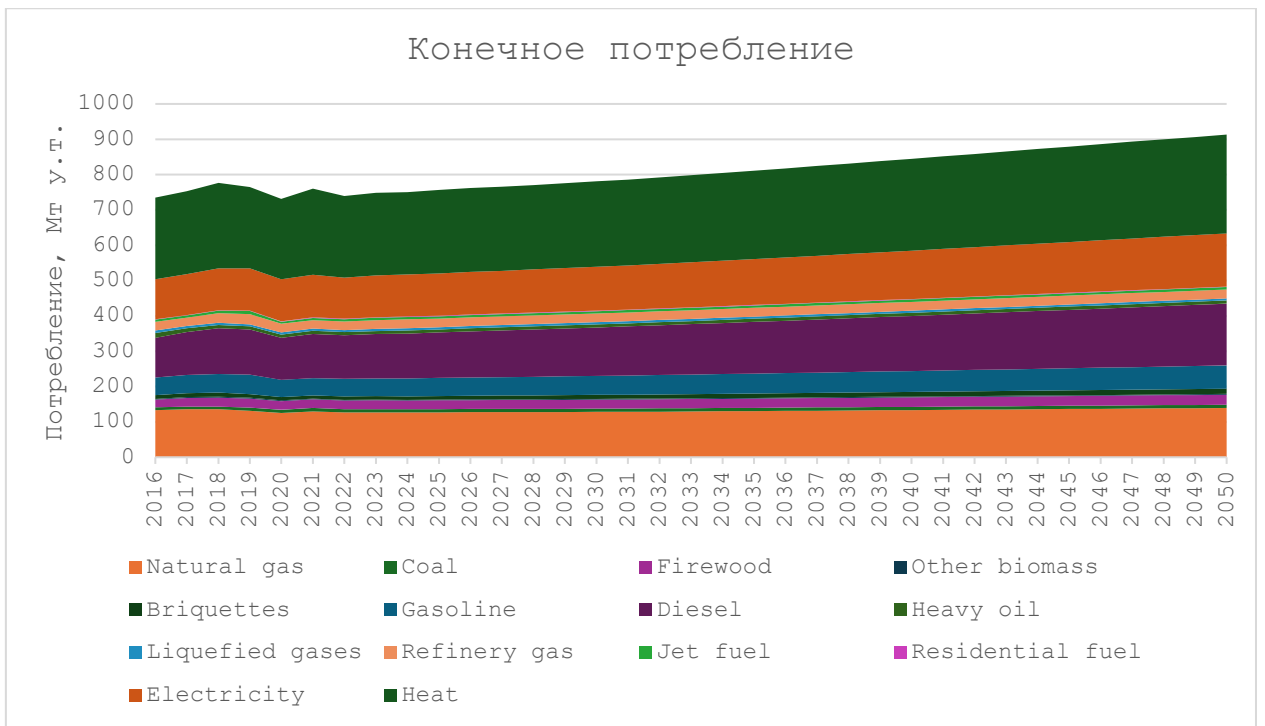


Рисунок 11– Конечное потребление (сценарий BAU)

Потребление природного газа и бензина относительно стабильно. Потребление других видов энергии постепенно увеличивается.

**Сектор трансформации претерпевает существенные изменения после запуска АЭС. Однако дальнейших изменений не предвидится, поскольку текущая политика в отношении развития возобновляемых источников энергии направлена на создание барьеров для их развития.**

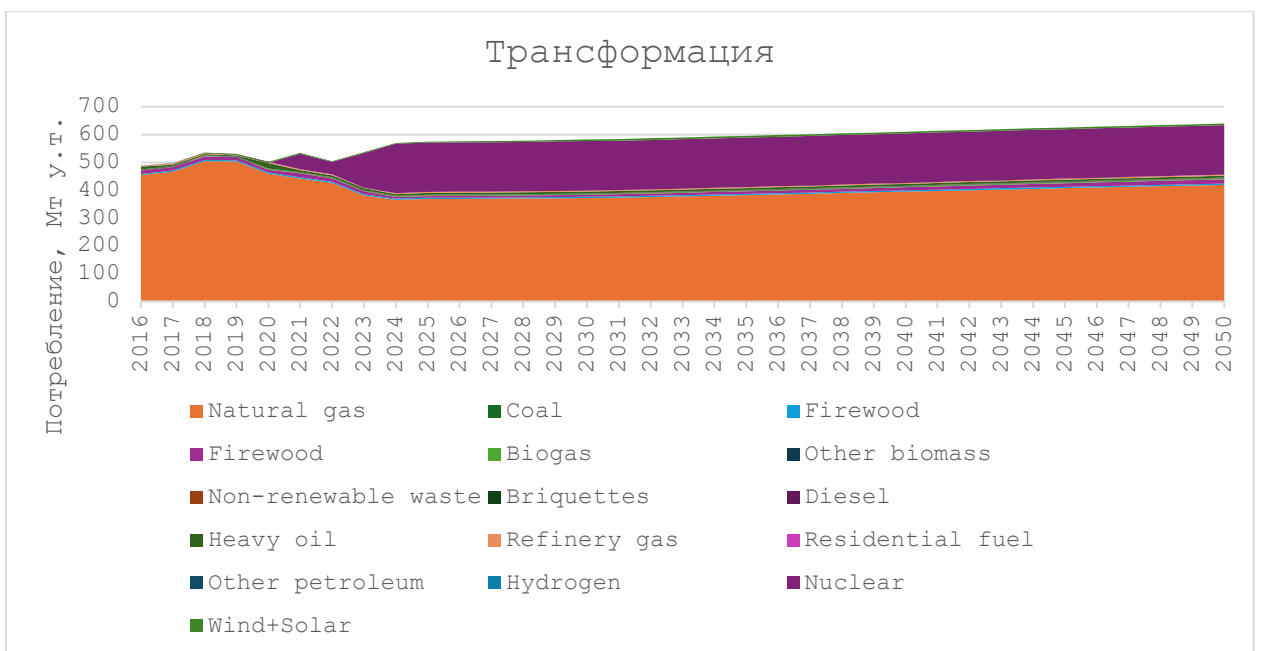


Рисунок 12– Трансформация (сценарий BAU)

**Поскольку в этом сценарии потребление электроэнергии и тепла несколько увеличивается, потребление природного газа также увеличивается.**

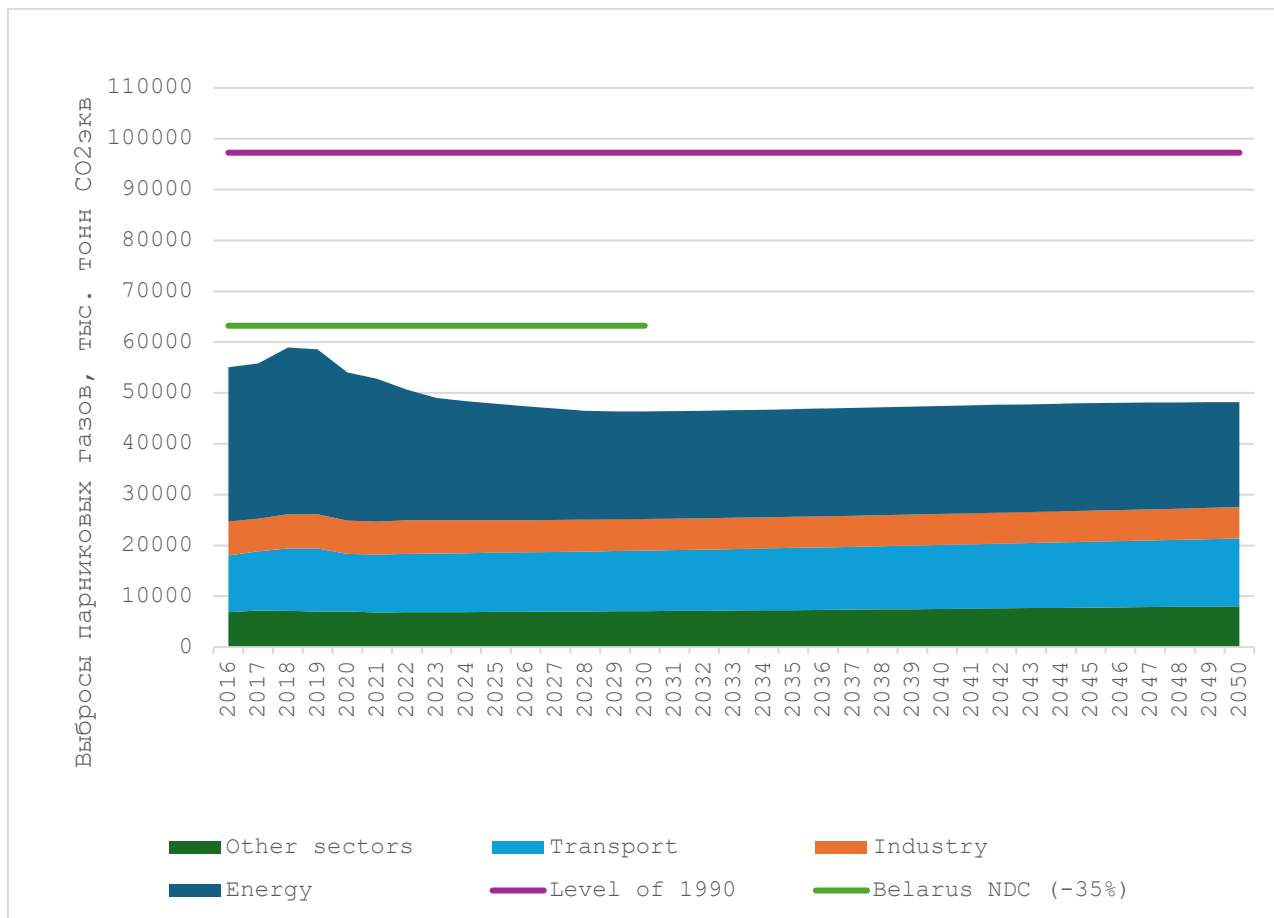


Рисунок 13– Выбросы парниковых газов (сценарий ВАУ)

В этом сценарии выбросы парниковых газов снижаются после запуска АЭС, но затем выбросы снова начинают расти из-за экономического роста и увеличения потребления природного газа. К 2050 году общие выбросы в энергетическом секторе вернутся к пиковому уровню 2019 года, полностью компенсировав сокращение выбросов парниковых газов после запуска АЭС. Однако даже при этих условиях уровень выбросов не превысит NDC к 2050 году, что говорит об очень низкой амбициозности поставленных целей.

## Используемые технологии

Для изменения базовой тенденции в Беларуси потребуются реализация ряда политик и мер как общего характера (планируемых к реализации во многих странах), так и специфических, реализация которых в Беларуси необходима в силу специфики энергосистемы.



Под политикой и мерами по сокращению выбросов парниковых газов понимаются различные мероприятия, которые приводят к сокращению выбросов парниковых газов как за счет реализации организационных мероприятий, так и за счет внедрения нового оборудования.

Мы разделим все политики и меры на:

- Политика и меры в области конечного потребления энергии;
- Политика и меры в области добычи и производства энергии;
- Политика и меры в области преобразования и транспортировки энергии;

### Конечное потребление

**Повышение энергоэффективности технологических процессов** - Повышение эффективности технологических процессов возможно без изменения видов используемого топлива. Замена оборудования на более современное позволяет снизить потребление энергии как за счет более эффективного оборудования, так и за счет более энергоэффективных технологий .

**Повышение эффективности потребления тепла и электроэнергии в сфере услуг** - сфера услуг в основном потребляет электроэнергию и тепло, а значит, меры по сокращению выбросов парниковых газов должны быть направлены на снижение потребления тепла и электроэнергии .

**Замена природного газа на электроэнергию** - Природный газ используется во многих технологических процессах. Его замена приведет к снижению выбросов парниковых газов в секторе конечного потребления.

**Использование биогаза вместо природного газа** — там, где природный газ невозможно заменить электричеством.

**Замещение тепловой энергии электроэнергией** - замещение тепловой энергии электроэнергией возможно как в технологических процессах, так и в процессах отопления зданий и сооружений.

**Повышение эффективности потребления энергии населением** - общее потребление населения можно разделить на две большие части:

- потребление городским населением;
- потребление сельским населением.

Городское население в основном потребляет тепло и электроэнергию . Снижение потребления тепла достигается в основном за счет утепления

ограждающих конструкций, замены окон и повышения качества регулирования изоляции.

Повышение теплового сопротивления в частных домах, построенных в сельской местности, приведет к эффекту, аналогичному утеплению домов в городских условиях, с той лишь разницей, что снизится потребление природного газа.

**Электрификация жилых зданий** – данная мера реализуется с целью перехода на использование исключительно электрической энергии в жилых зданиях для всех нужд, исходя из того, что электроэнергия будет производиться из безуглеродных источников энергии.

**Замена торфа дровами** - в Беларуси население частично использует торфяные брикеты и замена его на древесное топливо не требует финансирования. Твердотопливные котлы могут работать как на дровах, так и на торфе. В этом случае прекращаются выбросы парниковых газов .

**Замена газа дровами** - замену природного газа на дрова осуществить сложнее, чем замену торфа. Такая смена технологии требует замены котельного оборудования. В то же время использование твердотопливного котла менее удобно. Поэтому для того, чтобы перейти на использование дров сегодня, необходимо создать экономический стимул.

**Уличное освещение** - уличное освещение подразумевает замену существующих электрических светильников на энергосберегающие. Замена уличного освещения выделена в отдельное мероприятие ввиду значительной экономической целесообразности проведения данных работ.

## Трансформация и транспортировка

**Использование биомассы для производства электроэнергии** . Для производства электроэнергии в паровых турбинах можно использовать не только ископаемое топливо, но и биомассу в виде древесной щепы.

**Использование биомассы для производства тепла** - эти мероприятия уже ведутся достаточно активно. Ведутся работы по замене старых котельных, работающих на природном газе, на новые твердотопливные котлы, работающие на древесной биомассе. Данное мероприятие уже подтвердило свою экономическую целесообразность, а с учетом режима устойчивого лесопользования выбросы парниковых газов от сжигания древесины можно считать нулевыми.

**Повышение эффективности работы электростанций** - повышение эффективности работы электростанций возможно по нескольким направлениям. Возможна частичная замена оборудования на более эффективное, в том числе замена котлоагрегатов или паротурбинных установок. Такие работы проводятся на электростанциях Беларуси.

**Повышение эффективности работы электростанций** - повышение эффективности работы электростанций возможно по нескольким направлениям. Возможна частичная замена оборудования на более эффективное, в том числе замена котлоагрегатов или паротурбинных установок. Такие работы проводятся на электростанциях Беларуси.

**Использование водорода** - одним из вариантов регулирования мощности в энергосистеме и использования избыточной электроэнергии, особенно при большой доле базовой нагрузки и нерегулируемом производстве на возобновляемых источниках энергии, является возможность получения водорода методом электролиза воды. Предполагается, что водород может быть использован в качестве моторного топлива на транспорте, особенно в части использования в грузовом и воздушном транспорте. Вторым вариантом использования водорода является смешивание его с природным газом и использование в качестве топлива в промышленности и в быту.

**Снижение потерь в электрических сетях** - снижение потерь в электрических сетях приводит к снижению объемов производства электроэнергии и, как следствие, к сокращению использования ископаемого топлива на электростанциях. Основным оборудованием, замена которого позволяет снизить потери электроэнергии в сетях, являются линии электропередач и трансформаторные подстанции.

**Сокращение потерь в тепловых сетях** - приводит к значительному сокращению производства тепла, одновременно снижая потребление ископаемого топлива.

### **Добыча и производство**

**Ветроэнергетика** - развитие ветроэнергетики предполагает строительство ветровых электростанций (далее ВЭС). Это позволяет существенно сократить выбросы парниковых газов за счет сокращения использования других видов ископаемого топлива при производстве электроэнергии.

**Солнечная энергия для производства электроэнергии** - данное мероприятие подразумевает внедрение солнечной энергии для производства

электроэнергии. Солнечные электростанции (далее СЭС) позволяют производить электроэнергию без выбросов парниковых газов, а, следовательно, могут заменить использование ископаемого топлива с использованием других технологий.

**Солнечная энергия для производства тепла** - использование солнечной энергии для производства тепла также позволяет использовать солнечную энергию, но она используется для производства тепла, а не электроэнергии. При этом носителем тепла в таких технологиях обычно является горячая вода.

**Биогазовая энергетика** - биогазовые станции способны перерабатывать отходы животноводства путем их ферментации и превращения в метан, который используется для получения тепла и электроэнергии. При этом тепловая энергия используется на месте (обычно для отопления и горячего водоснабжения сельскохозяйственных зданий), а электроэнергия поступает в сеть.

**Использование тепловых насосов** - тепловые насосы позволяют использовать низкотемпературные источники энергии для получения горячей воды для отопления и горячего водоснабжения. Низкотемпературными источниками могут быть сточные воды предприятий, тепло вытяжной вентиляции или просто тепло окружающего воздуха, почвы или подземных вод.

## Сценарий развития с низким уровнем выбросов углерода (LCD)

Реализация предлагаемых мероприятий позволяет изменить общую тенденцию конечного потребления энергии. Мероприятия в области снижения потребления газа и электрификации газоснабжения привели к стабильному снижению потребления природного газа.

Также существенные эффекты дает использование электромобилей, что существенно снижает потребление моторного топлива. Однако как электрификация потребления природного газа, так и использование электромобилей приводит к росту потребления электроэнергии.

Еще больший рост потребления электроэнергии создает электрификация потребления тепла. Это обусловлено тем, что тепло занимает наибольшую долю в структуре конечного потребления и, кроме того, технологически

переход на электрическое отопление является одним из самых дешевых и технологически простых.

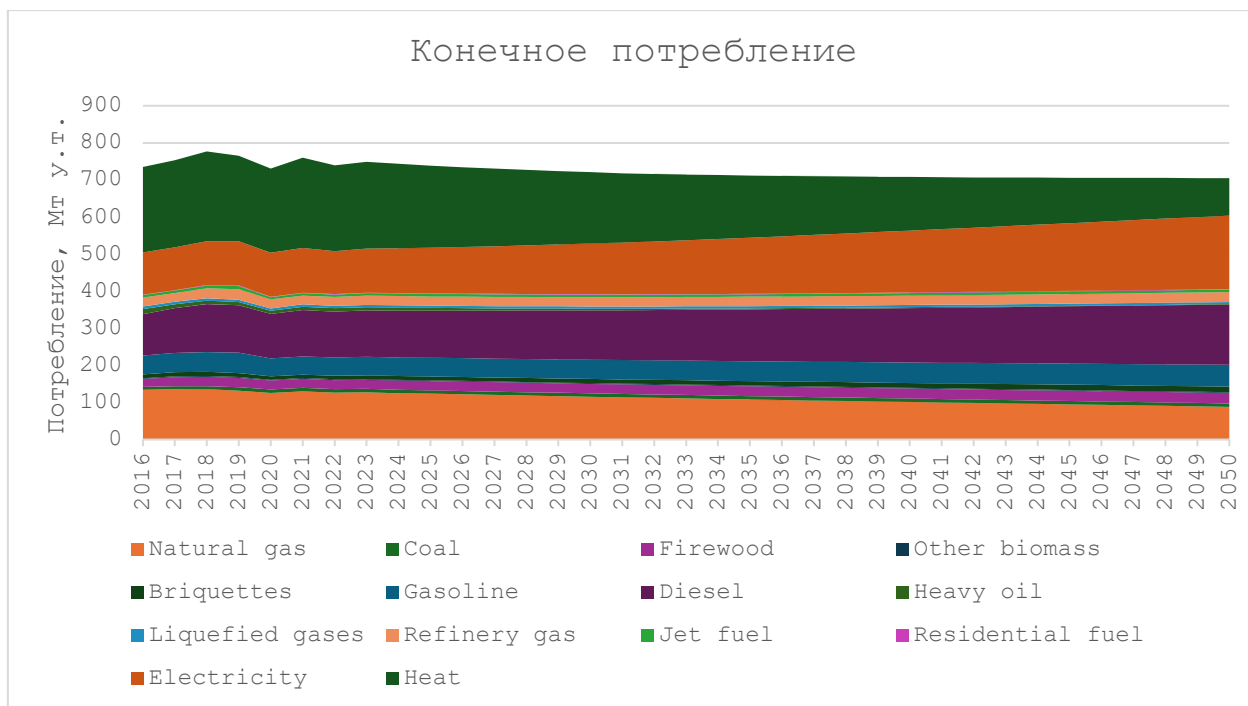


Рисунок 14– Конечное потребление (сценарий LCD)

В результате к 2050 году электричество станет основным видом энергии и составит более трети от общего потребления. Второй вид топлива — дизельное топливо, заменить которое гораздо сложнее, так как оно в основном используется для грузоперевозок и для работы строительной и сельскохозяйственной техники. В этих областях технологии использования электроэнергии вместо ископаемого топлива развиты меньше.

Сокращение потребления тепла происходит не только в результате его замены на электроэнергию. Мероприятия по повышению энергоэффективности дают наибольший эффект именно при экономии тепла. Это касается как малоэффективного жилого фонда, так и неэффективных технологических процессов, основанных на использовании пара.

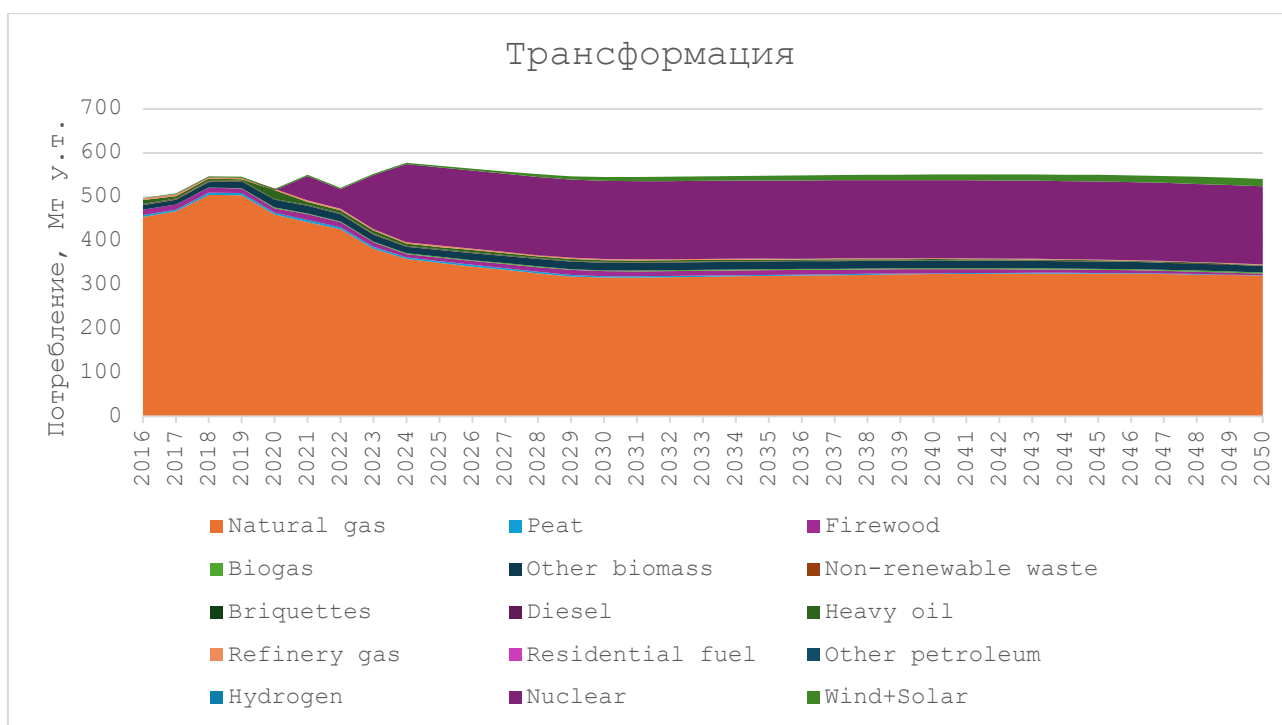


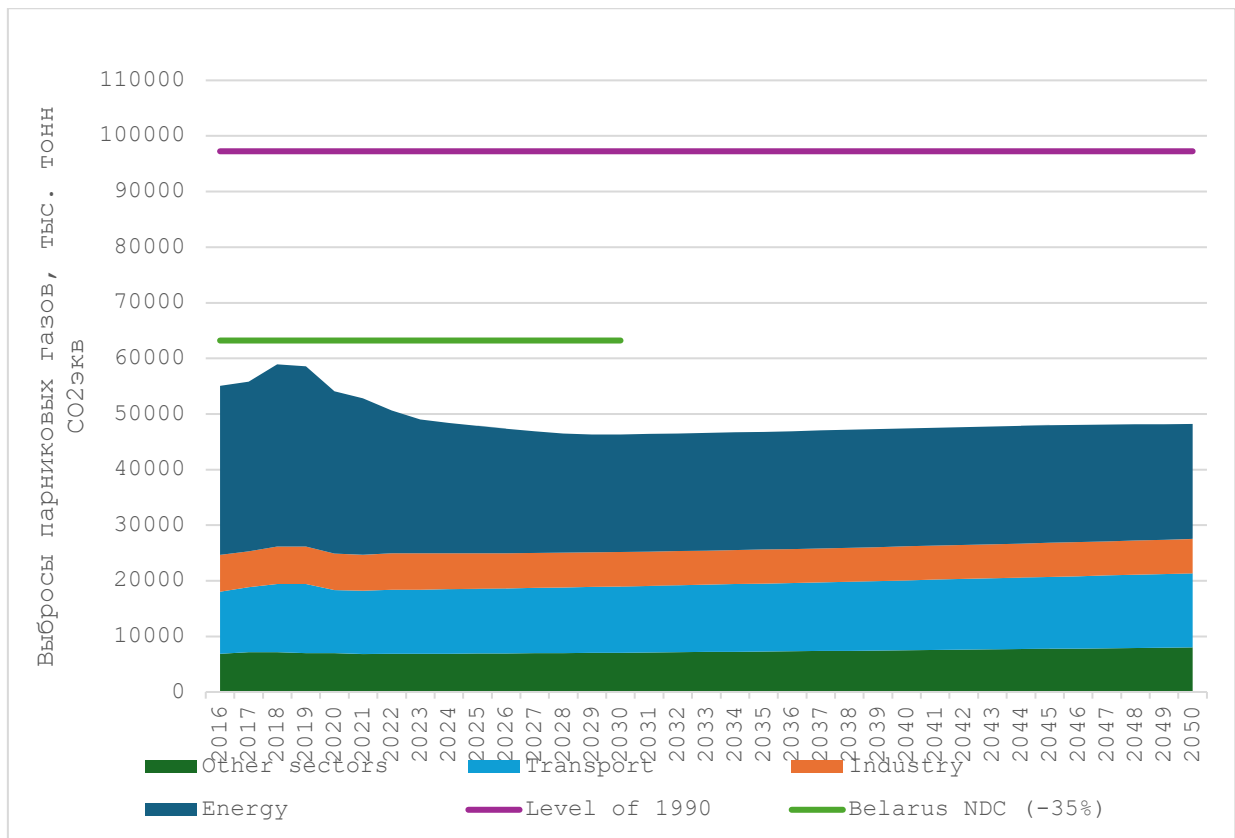
Рисунок 15– Трансформация (сценарий LCD)

В результате в данном сценарии в первую очередь сокращаются расходы на производство тепла. Кроме того, использование электроэнергии вместо тепла гораздо экономичнее. Это обусловлено как более высокими потерями тепловой энергии в сетях, так и тем, что электроотопление позволяет более точно регулировать потребление энергии. Кроме того, массовый переход на электроотопление с использованием тепловых насосов может существенно снизить общее количество потребляемой энергии.

В результате реализации предлагаемых мероприятий и дополнительного внедрения возобновляемых источников, как для производства тепла, так и для производства электроэнергии, сокращается общий расход топлива.

В то же время бурного роста солнечной и ветровой энергетики не прогнозировалось, поскольку на это существуют правовые и технические ограничения.

Данный сценарий позволит сократить выбросы парниковых газов относительно сегодняшнего уровня и обеспечить стабильное снижение на горизонте до 2050 года. Уровень выбросов в 2050 году достигнет 48% от уровня 1990 года.



16- Выбросы парниковых газов (сценарий LCD)

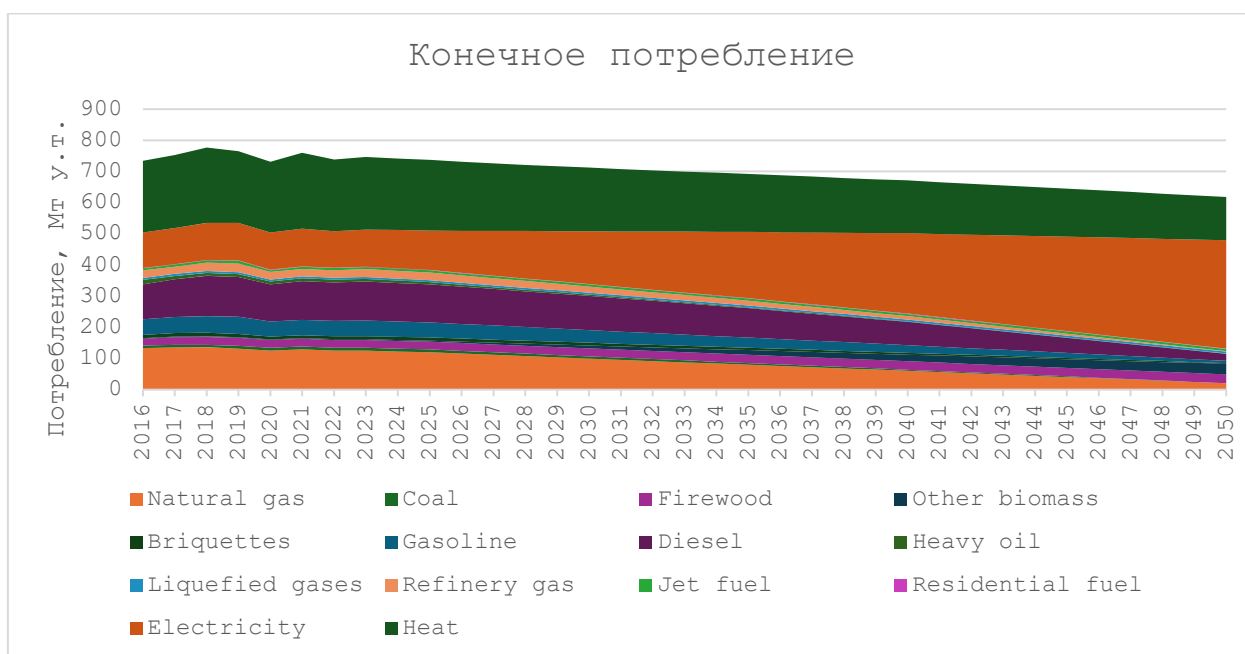
В данной работе не проводилось детальное моделирование энергосистемы для анализа возможности поддержания энергобаланса. Поэтому существенное внедрение возобновляемых источников энергии не прогнозировалось. Для большего снижения выбросов необходимо более детальное моделирование энергосистемы и ряд других специальных мер, таких как снижение выбросов в сельском хозяйстве или строительстве.

## Сценарий климатической нейтральности

**В сценарии климатической нейтральности масштабы внедрения этих мер существенно увеличиваются. Во-первых, необходимо в разы увеличить усилия по энергосбережению. Также необходимо будет приложить значительные усилия по электрификации конечного потребления.**

Наиболее обширной областью с точки зрения конечного потребления является электрификация потребления тепла, но с точки зрения инвестиций и технологий наиболее сложной является электрификация транспорта.

На графике показаны прогнозы влияния таких усилий на структуру конечного потребления.



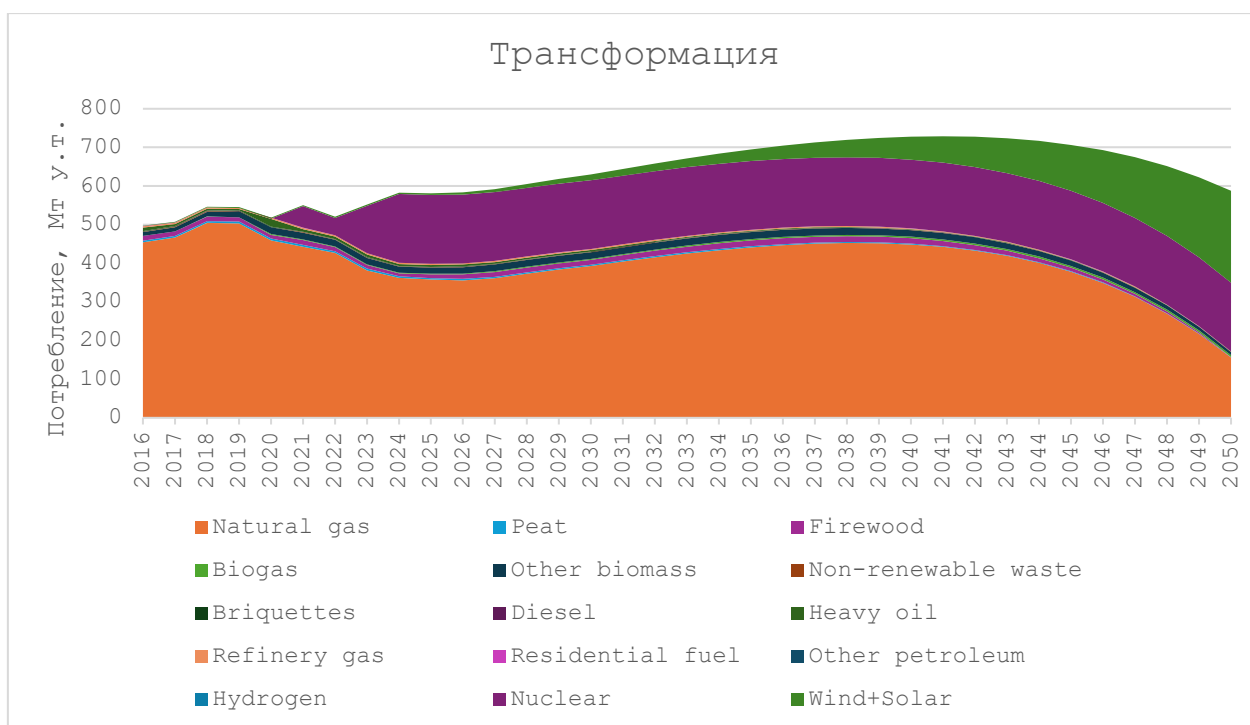
17- Конечное потребление (сценарий CN)

Видно, что динамика общего потребления изменилась. **Вместо роста тенденция сменилась на снижение.** При этом наблюдается тенденция к снижению потребления природного газа и моторных топлив (бензина и дизельного топлива). Растет только потребление электроэнергии.

**В секторе преобразования ключевым является развитие возобновляемых источников энергии, прежде всего ветра и солнца.** Рост выработки электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии не только замещает выработку электроэнергии из газа, но и снижает общие затраты энергии на преобразование. Это связано с тем, что расчетная энергия ветра преобразуется в электроэнергию без потерь с КПД 100%, т.е. замещает



значительно больший объем энергии, потребляемой на газовых станциях, КПД которых существенно ниже 100%.



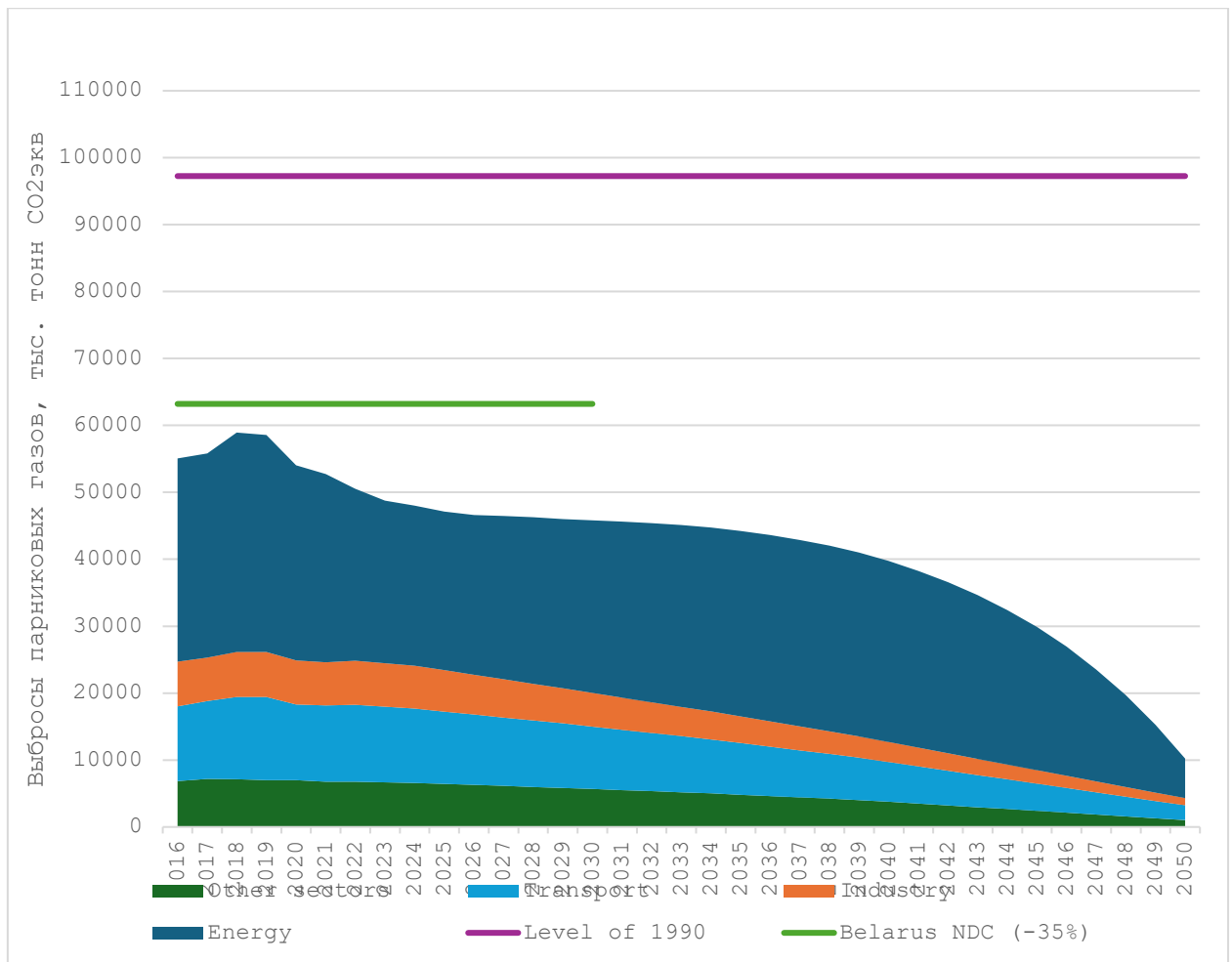
18- Трансформация (сценарий ЖК)

АЭС остается в балансе электроэнергии после ее запуска, сокращается потребление мазута и других нефтепродуктов, так как они используются в основном в небольших котельных или электростанциях, и их замена не является серьезной проблемой. А сокращение потребления природного газа компенсируется электроэнергией, вырабатываемой ветровыми и солнечными электростанциями. Сокращение производства тепловой энергии на ТЭС компенсируется солнечными коллекторами.

**Выбросы парниковых газов в этом сценарии изначально снижаются медленно, а в первый период остаются на постоянном уровне. Это обусловлено двумя конкурирующими тенденциями: энергосбережением и электрификацией.**

Если энергосбережение сразу приводит к сокращению выбросов, то при электрификации можно наблюдать обратную тенденцию, связанную с ростом выбросов на электростанциях при относительно низкой доле возобновляемых источников энергии в энергобалансе.

Однако в будущем выбросы парниковых газов начнут снижаться очень быстро, в первую очередь потому, что конечное потребление уже в значительной степени электрифицировано, а эффект от замены природного газа в секторе преобразования весьма значителен.



19- Выбросы парниковых газов (сценарий CN)

**Достижение таких результатов потребует поистине колоссальных усилий. Модель предполагает ежегодное увеличение объема ввода возобновляемой энергии и достигает годовых вводов более 7 ГВт солнечной и ветровой энергии к 2050 году. Другие меры также требуют огромных объемов ввода и внедрения.**

**Данный сценарий позволяет сократить выбросы парниковых газов до 10% от уровня 1990 года и до 18% от уровня 2020 года.**

## Выводы

### **Текущий статус:**

Основное конечное потребление топлива приходится на потребление тепла.

Еще 4 вида топлива распределены между собой практически равномерно, по 4 млн тонн условного топлива на каждый вид: природный газ, дизельное топливо, электроэнергия и прочие виды энергии в общей сложности.

Производство электроэнергии и тепла в Беларуси осуществляется в основном на конденсационных электростанциях и теплоэлектростанциях (ТЭЦ), работающих исключительно на природном газе.

Переработка нефти в Беларуси осуществляется на двух НПЗ общей мощностью 24 млн тонн нефти (34 млн тонн условного топлива), однако фактически она редко превышает 20 млн тонн (28 млн тонн условного топлива). В 2020 году переработка снизилась до 23 млн тонн условного топлива, что связано со снижением экспорта из-за пандемии.

### **Сценарий ВАУ:**

Сектор трансформации претерпевает существенные изменения после запуска АЭС. Однако дальнейших изменений не предвидится, поскольку текущая политика в отношении развития возобновляемых источников энергии направлена на создание барьеров для их развития.

Поскольку в этом сценарии потребление электроэнергии и тепла несколько увеличивается, потребление природного газа также увеличивается.

Учитывая эти тенденции, потребление электроэнергии растет. Рост в основном сосредоточен за счет увеличения использования дизельного топлива, тепла и электроэнергии.

### **Сценарий развития с низким уровнем выбросов углерода:**

В результате реализации предлагаемых мероприятий и дополнительного внедрения возобновляемых источников, как для производства тепла, так и для производства электроэнергии, сокращается общее потребление топлива.

Данный сценарий позволит сократить выбросы парниковых газов относительно сегодняшнего уровня и обеспечить стабильное снижение на

горизонте до 2050 года. Уровень выбросов в 2050 году достигнет 48% от уровня 1990 года.

Для дальнейшего сокращения выбросов необходимо более детальное моделирование работы электроэнергетической системы и ряд других специальных мер, таких как сокращение выбросов в сельском хозяйстве или строительстве.

### **Климатически нейтральный сценарий**

В секторе трансформации ключевым является развитие возобновляемых источников энергии, в первую очередь ветра и солнца.

Выбросы парниковых газов в этом сценарии изначально снижаются медленно, а в первый период остаются на постоянном уровне. Это обусловлено двумя конкурирующими тенденциями: энергосбережением и электрификацией.

Достижение таких результатов потребует поистине колоссальных усилий. Модель предполагает ежегодное увеличение объема ввода возобновляемой энергии и достигает годовых вводов более 7 ГВт солнечной и ветровой энергии к 2050 году. Другие меры также требуют огромных объемов ввода и внедрения.

Данный сценарий позволяет сократить выбросы парниковых газов до 10% от уровня 1990 года и до 18% от уровня 2020 года. Этого достаточно для климатической нейтральности, учитывая возможность накопления углерода в экосистемах Беларуси.