

# Концепция низкоуглеродного развития (КНУР) Республики Казахстан

*Первая версия*

8 июля 2021 г.



По поручению



Федерального министерства  
окружающей среды, охраны природы и  
ядерной безопасности

Федеративной Республики Германия

**Немецкое общество по  
международному сотрудничеству  
GIZ GmbH**

Astana Tower Business Center  
Самал микрорайон 12  
010000 г. Нур-Султан  
Республика Казахстан

Проект  
«Поддержка «зелёной экономики» в  
Казахстане и Центральной Азии для  
низкоуглеродного экономического  
развития»

**DIW Econ GmbH**

Mohrenstraße 58  
10117 г. Берлин  
Федеративная Республика Германия

Контактная информация:

Д-р Ларс Хандрих  
Тел.: +49.30.20 60 972 - 0  
Факс: +49.30.20 60 972 - 99  
[service@diw-econ.de](mailto:service@diw-econ.de)  
[www.diw-econ.de](http://www.diw-econ.de)

## Содержание

|                                                                                                      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Список рисунков .....</b>                                                                         | <b>ii</b>  |
| <b>Список таблиц.....</b>                                                                            | <b>iv</b>  |
| <b>Список сокращений .....</b>                                                                       | <b>vi</b>  |
| <b>Авторы .....</b>                                                                                  | <b>ix</b>  |
| <b>1 Введение в КНУР.....</b>                                                                        | <b>1</b>   |
| <b>2 Международный контекст КНУР .....</b>                                                           | <b>3</b>   |
| <b>3 Тренды и видение климатических действий в Казахстане .....</b>                                  | <b>7</b>   |
| <b>4 Пути низкоуглеродного развития .....</b>                                                        | <b>9</b>   |
| 4.1 Введение: Международный контекст .....                                                           | 9          |
| 4.1.1 Цель: Снижение выбросов ПГ для ограничения роста глобальной температуры до 2°C или меньше..... | 9          |
| 4.1.2 Парниковые газы согласно определению РКИК ООН .....                                            | 10         |
| 4.1.3 Классификация секторов по методологии МГЭИК .....                                              | 11         |
| 4.2 Аналитический подход к моделированию, сценарии и пути развития до 2050 года .....                | 13         |
| 4.3 Энергетический сектор.....                                                                       | 17         |
| 4.3.1 Задача декарбонизации.....                                                                     | 22         |
| 4.3.2 Пути декарбонизации энергетического сектора .....                                              | 23         |
| 4.3.3 Поставки первичной энергии .....                                                               | 26         |
| 4.3.4 Преобразование энергии: Производство тепла и электричества .....                               | 33         |
| 4.3.5 Конечный спрос на энергию .....                                                                | 36         |
| 4.4 Промышленные процессы .....                                                                      | 54         |
| 4.4.1 Задача декарбонизации.....                                                                     | 54         |
| 4.4.2 Пути декарбонизации промышленных процессов.....                                                | 56         |
| 4.5 Сельское и лесное хозяйство, другие виды землепользования .....                                  | 59         |
| 4.5.1 Задача декарбонизации.....                                                                     | 60         |
| 4.5.2 Пути декарбонизации в сельском хозяйстве и землепользовании.....                               | 62         |
| 4.6 Сектор управления отходами .....                                                                 | 68         |
| 4.6.1 Задача декарбонизации.....                                                                     | 68         |
| 4.6.2 Пути декарбонизации в секторе отходов.....                                                     | 70         |
| 4.7 Макроэкономические эффекты декарбонизации .....                                                  | 73         |
| 4.7.1 Пути декарбонизации и экономический рост.....                                                  | 76         |
| 4.7.2 Оценка требуемых инвестиций .....                                                              | 77         |
| 4.8 Заключение и перспективы развития .....                                                          | 80         |
| <b>5 Устойчивость к воздействию изменения климата .....</b>                                          | <b>82</b>  |
| <b>6 Справедливый переход и создание рабочих мест .....</b>                                          | <b>86</b>  |
| <b>7 «Зеленые» инвестиции и финансирование.....</b>                                                  | <b>89</b>  |
| <b>8 Поддержка образования, инноваций и НИОКР .....</b>                                              | <b>92</b>  |
| <b>9 Мониторинг, оценка и обновление КНУР .....</b>                                                  | <b>95</b>  |
| <b>10 Механизмы реализации КНУР.....</b>                                                             | <b>96</b>  |
| 10.1 Механизмы реализации и анализ рисков .....                                                      | 96         |
| 10.2 Нормативные правовые акты для реализации КНУР .....                                             | 100        |
| <b>Список литературы .....</b>                                                                       | <b>101</b> |
| <b>Приложение .....</b>                                                                              | <b>107</b> |

## Список рисунков

|                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Рисунок 1. Компоненты снижения выбросов ПГ по сравнению с уровнем 1990 г. в 2017 и 2050 гг., Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                     | 15 |
| Рисунок 2. Траектории изменения выбросов ПГ и обязательства 2030 г. по ОНУВ, % от уровня 1990 г. ....                                                                                                                          | 16 |
| Рисунок 3. Вклад секторов МГЭИК в общее снижение выбросов ПГ исторически и по сценариям, Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                         | 17 |
| Рисунок 4. Общие поставки первичной энергии (ОППЭ) и население (левая ось), конечный спрос на энергию на душу населения и на 100 долларов ВВП (КСЭ, правая ось) ....                                                           | 19 |
| Рисунок 5. Диаграммы Сэнки для Казахстана в 2017 году и сценарные расчеты для 2050 года ....                                                                                                                                   | 21 |
| Рисунок 6. Декомпозиция общего снижения выбросов от сжигания топлива по сравнению с 1990 г. (1990 = 0) на изменение объема поставок энергии, изменение структуры поставок и поглощение углерода, Мт CO <sub>2</sub> -экв. .... | 25 |
| Рисунок 7. Изменение общих поставок первичной энергии (ОППЭ) по видам топлива, тыс. т н.э. ....                                                                                                                                | 27 |
| Рисунок 8. Угольные бассейны в Казахстане ....                                                                                                                                                                                 | 29 |
| Рисунок 9. Общие общественные издержки производства угля в 2017 году, долл. США на тонну добытого угля ....                                                                                                                    | 30 |
| Рисунок 10. Занятость в угледобыче, чел. (слева) и трудовой доход от угледобычи и угольной электрогенерации, млн. долл. США (справа) ....                                                                                      | 30 |
| Рисунок 11. Возраст электростанций (слева) и износ основных фондов (справа) ....                                                                                                                                               | 34 |
| Рисунок 12. Выбросы ПГ от транспорта по видам транспорта, Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                                                        | 39 |
| Рисунок 13. Конечный спрос на энергию в транспортном секторе по видам топлива, тыс. т н.э. ....                                                                                                                                | 42 |
| Рисунок 14. Уровень владения автомобилями, единиц на 100 человек (сверху) и количество ДТП, случаев на 1000 человек (снизу) по регионам в 2017 г. ....                                                                         | 43 |
| Рисунок 15. Текущая и расчетная структура парка легковых автомобилей, тыс. единиц ....                                                                                                                                         | 43 |
| Рисунок 16. Количество ДТП на 1000 человек (слева) и среднее время, теряемое в городских заторах, часов в год на автомобиль (справа) ....                                                                                      | 44 |
| Рисунок 17. Конечный спрос на энергию в зданиях по видам топлива (слева) и использования (справа), тыс. т н.э. ....                                                                                                            | 48 |
| Рисунок 18. Годовые расходы на кв. м в жилых зданиях (кроме капитальных затрат на новое строительство), долл. США (слева) и общие ежегодные внешние эффекты на кв. м, долл. США (справа) ....                                  | 49 |
| Рисунок 19. Структура выбросов ПГ от сжигания топлива в промышленности, Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                                          | 51 |
| Рисунок 20. Конечный спрос на энергию в металлургии по видам топлива, тыс. т н.э. ....                                                                                                                                         | 54 |
| Рисунок 21. Выбросы от промышленных процессов, Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                                                                   | 56 |
| Рисунок 22. Расчетные технологические выбросы ПГ от производства чугуна и стали, Мт CO <sub>2</sub> ....                                                                                                                       | 58 |
| Рисунок 23. Расчетные технологические выбросы ПГ от производства алюминия, Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                                       | 58 |
| Рисунок 24. Географические зоны модели системной динамики SD-KAZ ....                                                                                                                                                          | 63 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Рисунок 25. Общие выбросы ПГ от ЗИЗЛХ (слева) и сельского хозяйства (справа), Мт CO <sub>2</sub> -экв.....                                                                                                                                                                       | 64  |
| Рисунок 26. Дополнительные мощности биогазовых установок, МВт (слева) и соответствующий рост занятости в сценарии ГД, чел. (справа) .....                                                                                                                                        | 67  |
| Рисунок 27. Выбросы ПГ от сектора отходов в 1990-2018 гг., Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                                                                                                         | 69  |
| Рисунок 28. Общие расчетные выбросы ПГ от отходов (слева) и выбросы ПГ по виду отходов для избранных лет (справа), Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                                                                                 | 72  |
| Рисунок 29. Общая стоимость управления ТБО, млн. долл. США (слева) и занятость в секторе отходов, чел. (справа) .....                                                                                                                                                            | 73  |
| Рисунок 30. Сложность экспорта из Казахстана и его основных торговых партнеров (1995-2018 гг.) .....                                                                                                                                                                             | 74  |
| Рисунок 31. Направления экспорта нефти из Казахстана в 2019 г. ....                                                                                                                                                                                                              | 74  |
| Рисунок 32. Рост ВВП (2020 г. = 100) по текущему прогнозу, базовому сценарию и сценариям декарбонизации.....                                                                                                                                                                     | 76  |
| Рисунок 33. Структура ВВП в 2017 г., % (слева) и изменение в реальном потреблении домохозяйств, 2017 г. = 1 (справа) .....                                                                                                                                                       | 77  |
| Рисунок 34. Уровень инвестиций в экономике, 2017 г. = 1 (слева) и доля государственных инвестиций в общем объеме инвестиций, % (справа) .....                                                                                                                                    | 77  |
| Рисунок 35. Общие необходимые дополнительные инвестиции за 2021-2050 гг. по секторам (размер круга соответствует объему дополнительных инвестиций), млрд. долл. США (слева) и сумма необходимых дополнительных инвестиций по пятилетним периодам, млрд. долл. США (справа) ..... | 79  |
| Рисунок 36. Разница в стоимости владения автомобилем между электромобилем и бензиновым автомобилем (значение выше нуля = более высокая стоимость электромобиля), долл. США в месяц.....                                                                                          | 80  |
| Рисунок 37. Схема координационных структур реализации КНУР в Республике Казахстан .....                                                                                                                                                                                          | 97  |
| Рисунок 38. Доля угля в общих поставках первичной энергии (слева) и в электрогенерации (справа), % .....                                                                                                                                                                         | 107 |
| Рисунок 39. Элементы концепции «Избегание-Сдвиг-Улучшение» (ASI).....                                                                                                                                                                                                            | 110 |
| Рисунок 40. Годовой километраж личного автотранспорта, тыс. км на душу населения (слева) и доля общественного транспорта в общем километраже, % (справа) .....                                                                                                                   | 110 |
| Рисунок 41. Конечный спрос на энергию в отдельных отраслях промышленности по видам топлива, тыс. т н.э. ....                                                                                                                                                                     | 115 |
| Рисунок 42. Выбросы ПГ от землепользования по категориям земель, Мт CO <sub>2</sub> -экв.....                                                                                                                                                                                    | 116 |
| Рисунок 43. Общий объем сбора мусора, млн. т.....                                                                                                                                                                                                                                | 119 |
| Рисунок 44. Доля операций по управлению отходами по видам операций, %.....                                                                                                                                                                                                       | 119 |

## Список таблиц

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Таблица 1. Выбросы ПГ по видам газов, согласно определению РКИК ООН.....                                                                                   | 11 |
| Таблица 2. Соответствие категорий МГЭИК видам экономической деятельности в<br>Казахстане .....                                                             | 12 |
| Таблица 3. Выбросы ПГ в 1990 и 2017 гг. и целевые показатели по сценариям в 2025, 2030<br>и 2050 гг., Мт CO <sub>2</sub> -экв. (% от общих выбросов) ..... | 15 |
| Таблица 4. Сравнение текущей и декарбонизированной энергетических систем по<br>секторам .....                                                              | 19 |
| Таблица 5. Структура общих поставок первичной энергии и конечного спроса на энергию<br>в 1990 и 2017 гг. ....                                              | 22 |
| Таблица 6. Предпосылки и цели модели TIMES-KAZ для 2050 года по сценариям .....                                                                            | 24 |
| Таблица 7. Выбросы ПГ от сжигания топлива по секторам, Мт CO <sub>2</sub> -экв.....                                                                        | 25 |
| Таблица 8. Характеристики экономической деятельности, связанной с поставками<br>первичной энергии .....                                                    | 26 |
| Таблица 9. Общие поставки первичной энергии (ОППЭ) по видам топлива, тыс. т н.э. ....                                                                      | 27 |
| Таблица 10. Характеристики сектора угледобычи в Казахстане .....                                                                                           | 28 |
| Таблица 11. Характеристики сектора производства электричества и тепла.....                                                                                 | 34 |
| Таблица 12. Производство электроэнергии по видам топлива, млрд. кВт*ч .....                                                                                | 36 |
| Таблица 13. Конечный спрос на энергию (КСЭ) по секторам, тыс. т н.э. ....                                                                                  | 37 |
| Таблица 14. Конечный спрос на энергию (КСЭ) по видам топлива, тыс. т н.э.....                                                                              | 37 |
| Таблица 15. Характеристики транспортного сектора в Казахстане.....                                                                                         | 39 |
| Таблица 16. Конечный спрос в транспортном секторе по видам транспорта, тыс. т н.э. ....                                                                    | 41 |
| Таблица 17. Ежегодные внешние эффекты от автомобильного транспорта, млрд. долл.<br>США .....                                                               | 45 |
| Таблица 18. Характеристики секторов торговли, услуг и государственного сектора в<br>Казахстане .....                                                       | 46 |
| Таблица 19. Характеристики горнодобывающей и обрабатывающей промышленности в<br>Казахстане .....                                                           | 51 |
| Таблица 20. Выбросы ПГ от сжигания топлива в промышленности по отраслям, Мт CO <sub>2</sub> -<br>экв.....                                                  | 53 |
| Таблица 21. Энергоемкость (на доллар выпуска) в отдельных отраслях промышленности,<br>кДж/долл. США .....                                                  | 54 |
| Таблица 22. Характеристики отраслей металлургии и минеральной промышленности в<br>Казахстане .....                                                         | 55 |
| Таблица 23. Характеристики сельского и лесного хозяйства в Казахстане .....                                                                                | 60 |
| Таблица 24. Предпосылки для секторов AFOLU .....                                                                                                           | 64 |
| Таблица 25. Изменение выбросов ПГ от ЗИЗЛХ и сельского хозяйства, Мт CO <sub>2</sub> -экв .....                                                            | 65 |
| Таблица 26. Потенциал выработки биоэнергии из отходов в Казахстане, МВт .....                                                                              | 67 |
| Таблица 27. Характеристики сектора управления отходами в Казахстане .....                                                                                  | 68 |
| Таблица 28. Предпосылки по целевым показателям на 2050 г. в секторе отходов.....                                                                           | 71 |
| Таблица 29. Выбросы ПГ от ТБО по методу обработки, Мт CO <sub>2</sub> -экв. ....                                                                           | 72 |
| Таблица 30. Потенциальные связи между мерами адаптации и декарбонизации в<br>Казахстане (неполный список в целях ориентации).....                          | 84 |
| Таблица 31. Обзор потенциальных рисков реализации КНУР и предложения по их<br>снижению .....                                                               | 99 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Таблица 32. Ежегодные выгоды и издержки угольного сектора, млн. долл. США .....                  | 108 |
| Таблица 33. Кумулятивные выгоды и издержки угольного сектора, млн. долл. США.....                | 109 |
| Таблица 34. Ежегодные выгоды и издержки в транспорте, млн. долл. США .....                       | 111 |
| Таблица 35. Кумулятивные выгоды и издержки в транспорте, млн. долл. США.....                     | 111 |
| Таблица 36. Ежегодные выгоды и издержки в зданиях, млн. долл. США.....                           | 112 |
| Таблица 37. Кумулятивные выгоды и издержки в зданиях, млн. долл. США .....                       | 113 |
| Таблица 38. Ранжирование по выпуску и углеродоемкости в промышленности, 2017 .....               | 114 |
| Таблица 39. Ежегодные выгоды и издержки в сельском хозяйстве, млн. долл. США .....               | 117 |
| Таблица 40. Кумулятивные выгоды и издержки в сельском хозяйстве, млн. долл. США .....            | 118 |
| Таблица 41. Ежегодные выгоды и издержки в секторе управления отходами, млн. долл.<br>США .....   | 120 |
| Таблица 42. Кумулятивные выгоды и издержки в секторе управления отходами, млн.<br>долл. США..... | 121 |



## Список сокращений

|                                |                                                                                                                                                      |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| °C                             | градус Цельсия                                                                                                                                       |
| %                              | процент                                                                                                                                              |
| AFOLU                          | сельское и лесное хозяйство, другие виды землепользования (англ.: agriculture, forestry and other land uses)                                         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | оксид алюминия                                                                                                                                       |
| ASI                            | концепция «Избегание-Сдвиг-Улучшение» (англ.: Avoid-Shift-Improve)                                                                                   |
| BAU                            | «Бизнес как обычно» (англ.: business as usual)                                                                                                       |
| CaO                            | оксид кальция                                                                                                                                        |
| CAREC                          | Программа регионального экономического сотрудничества в Центральной Азии (англ.: Central Asia Regional Economic Cooperation Program)                 |
| CBAM                           | механизм пограничной углеродной корректировки (англ.: carbon border adjustment mechanism)                                                            |
| CGE-KAZ                        | модель общего равновесия для Казахстана (англ.: computable general equilibrium)                                                                      |
| CH <sub>4</sub>                | метан                                                                                                                                                |
| CO <sub>2</sub>                | углекислый газ                                                                                                                                       |
| CO <sub>2</sub> -экв.          | эквивалент углекислого газа                                                                                                                          |
| COP                            | Конференция сторон РКИК ООН (англ.: Conference of the Parties)                                                                                       |
| COVID-19                       | коронавирусная инфекция 2019 года (англ.: coronavirus disease 2019)                                                                                  |
| CRF                            | общий формат отчетности РКИК ООН (англ.: Common Reporting Format)                                                                                    |
| DRI                            | прямое восстановление железа (англ.: direct reduced iron / direct reduction of iron)                                                                 |
| ECI                            | индекс экономической сложности (англ.: economic complexity index)                                                                                    |
| EEX                            | Европейская Энергетическая Биржа (англ.: European Energy Exchange)                                                                                   |
| ESG                            | экологическое, социальное и корпоративное управление (англ.: environmental, social, and corporate governance)                                        |
| F-газы                         | фторированные газы                                                                                                                                   |
| GIZ                            | Немецкое общество по международному сотрудничеству (нем.: Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit)                                            |
| IISD                           | Международный Институт Устойчивого Развития (англ.: International Institute for Sustainable Development)                                             |
| IRENA                          | Международное Агентство по Возобновляемой Энергетике (англ.: International Renewable Energy Agency)                                                  |
| LiDAR                          | технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем (англ.: light imaging, detection and ranging) |
| N <sub>2</sub> O               | закись азота                                                                                                                                         |
| NF <sub>3</sub>                | трифторид азота                                                                                                                                      |
| RCP                            | Репрезентативные пути концентрации МГЭИК (англ.: representative concentration pathways)                                                              |
| SD-KAZ                         | модели системной динамики для Казахстана (англ.: system dynamics)                                                                                    |

|                      |                                                                                                      |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SF <sub>6</sub>      | гексафторид серы                                                                                     |
| TICS-KAZ             | гибридная модель для Казахстана (англ.: TIMES-CGE-SD)                                                |
| TIMES-KAZ            | модель энергетического сектора Казахстана (англ.: The Integrated MARKAL-EFOM System)                 |
| UNEP                 | Программа ООН по окружающей среде (англ.: United Nations Environment Programme)                      |
| АБР                  | Азиатский Банк Развития                                                                              |
| АМР США (USAID)      | Агентство США по международному развитию (англ.: United States Agency for International Development) |
| АСПИР РК             | Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан                            |
| ВВП                  | валовой внутренний продукт                                                                           |
| ВИЭ                  | возобновляемые источники энергии                                                                     |
| ВТО                  | Всемирная Торговая Организация                                                                       |
| га                   | гектар                                                                                               |
| ГАТТ                 | Генеральное соглашение по тарифам и торговле (англ.: General Agreement on Tariffs and Trade)         |
| ГВт                  | гигаватт                                                                                             |
| ГД                   | глубокая декарбонизация                                                                              |
| Гт                   | гигатонна                                                                                            |
| ГФУ                  | гидрофторуглероды                                                                                    |
| ГЭФ (GEF)            | Глобальный Экологический Фонд (англ.: Global Environment Facility)                                   |
| долл. США            | доллар США                                                                                           |
| ЕАЭС                 | Евразийский экономический союз                                                                       |
| ЕБРР                 | Европейский Банк Реконструкции и Развития                                                            |
| ЕС                   | Европейский Союз                                                                                     |
| ЖКХ                  | жилищно-коммунальное хозяйство                                                                       |
| ЗИЗЛХ                | землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство                                    |
| ЗЭ                   | зеленая экономика                                                                                    |
| ИБР                  | Исламский Банк Развития                                                                              |
| кВт*ч                | киловатт в час                                                                                       |
| кВт*ч/м <sup>2</sup> | киловатт в час на квадратный метр                                                                    |
| КПГ                  | компримированный (сжатый) природный газ                                                              |
| КСЭ                  | конечный спрос на энергию                                                                            |
| МВт                  | мегаватт                                                                                             |
| МВт*ч                | мегаватт в час                                                                                       |
| МГЭИК                | Межгосударственная группа экспертов по изменению климата                                             |
| МИИР РК              | Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан                             |
| млн.                 | миллион                                                                                              |
| млрд.                | миллиард                                                                                             |
| МНЭ РК               | Министерство национальной экономики Республики Казахстан                                             |
| МОН РК               | Министерство образования и науки Республики Казахстан                                                |
| МСП                  | малые и средние предприятия                                                                          |

|             |                                                                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Мт          | мегатонна                                                                                                           |
| Мт н.э.     | миллион тонн нефтяного эквивалента                                                                                  |
| МТИ РК      | Министерство торговли и интеграции Республики Казахстан                                                             |
| МТСЗН РК    | Министерство труда и социальной защиты населения Республики Казахстан                                               |
| МФ РК       | Министерство финансов Республики Казахстан                                                                          |
| МФЦА        | Международный финансовый центр Астана                                                                               |
| МЦЗТ        | Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов                                                    |
| МЭ РК       | Министерство энергетики Республики Казахстан                                                                        |
| МЭА         | Международное Энергетическое Агентство                                                                              |
| МЭПГР РК    | Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан                                           |
| НИОКР       | научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы                                                            |
| НПО         | неправительственная организация                                                                                     |
| НПП         | Национальная палата предпринимателей «Атамекен»                                                                     |
| ОНУВ        | Определяемые на национальном уровне вклады                                                                          |
| ОППЭ        | общие поставки первичной энергии                                                                                    |
| ОРВ         | озоноразрушающие вещества                                                                                           |
| ОЭСР / OECD | Организация Экономического Сотрудничества и Развития (англ.: Organisation for Economic Cooperation and Development) |
| ПГ          | парниковые газы                                                                                                     |
| ПИИ         | прямые иностранные инвестиции                                                                                       |
| ППИП        | промышленные процессы и использование продукции                                                                     |
| ПРООН       | Программа развития ООН                                                                                              |
| ПФУ         | перфторуглероды                                                                                                     |
| РК          | Республика Казахстан                                                                                                |
| РКИК ООН    | Рамочная конвенция ООН об изменении климата                                                                         |
| СНГ         | сжиженный нефтяной газ                                                                                              |
| СПГ         | синтетический природный газ                                                                                         |
| ССКМ        | Соглашение по субсидиям и компенсационным мерам                                                                     |
| СТВ         | система торговли выбросами                                                                                          |
| США         | Соединенные Штаты Америки                                                                                           |
| т н.э.      | тонна нефтяного эквивалента                                                                                         |
| ТБО         | твердые бытовые отходы                                                                                              |
| тДж         | тераджоуль                                                                                                          |
| тыс. т н.э. | тысяча тонн нефтяного эквивалента                                                                                   |
| ТЭС         | теплоэлектростанция                                                                                                 |
| ТЭЦ         | теплоэлектроцентраль                                                                                                |
| УХУ         | улавливание и хранение углерода                                                                                     |
| ЦУР         | цели устойчивого развития                                                                                           |
| ЭДП         | электродуговая печь                                                                                                 |
| ЮНЕП        | Программа ООН по окружающей среде (англ.: United Nations Environment Programme)                                     |

## Авторы

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Глава 1. Введение в КНУР                                      | Георгий Сафонов <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                   |
| Глава 2. Международный контекст КНУР                          | Ангелина Давыдова <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                 |
| Глава 3. Тренды и видение климатических действий в Казахстане | Георгий Сафонов <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                   |
| Глава 4. Пути низкоуглеродного развития                       | Андреа Басси <sup>c</sup> , Ларс Хандрих <sup>d</sup> , Надия Маньковска <sup>d</sup> , Ассель Нурбекова <sup>e</sup> , Роман Подолец <sup>f</sup> , Мария Полугодина <sup>d</sup> Дана Ермоленок <sup>g</sup> |
| Глава 5. Устойчивость к воздействию изменения климата         | Дана Ермоленок <sup>g</sup>                                                                                                                                                                                    |
| Глава 6. Справедливый переход и создание рабочих мест         | Ангелина Давыдова <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                 |
| Глава 7. «Зеленые» инвестиции и финансирование                | Георгий Сафонов <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                   |
| Глава 8. Поддержка образования, инноваций и НИОКР             | Ангелина Давыдова <sup>b</sup> , Бахыт Есекина <sup>h</sup>                                                                                                                                                    |
| Глава 9. Мониторинг, оценка и обновление КНУР                 | Ангелина Давыдова <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                 |
| Глава 10. Механизмы реализации КНУР                           | Бахыт Есекина <sup>h</sup>                                                                                                                                                                                     |

<sup>a</sup> Высшая Школа Экономики, Москва, Россия

<sup>b</sup> Бюро Экологической Информации, Санкт-Петербург, Россия

<sup>c</sup> KnowlEdge Srl, Ольджате-Олона, Италия – Женева, Швейцария

<sup>d</sup> DIW ECON GmbH, Берлин, Германия

<sup>e</sup> ПРООН, Нур-Султан, Казахстан

<sup>f</sup> Национальная академия наук Украины, Киев, Украина

<sup>g</sup> Немецкое общество по международному сотрудничеству (GIZ GmbH), Нур-Султан, Казахстан

<sup>h</sup> Зеленая Академия, Нур-Султан, Казахстан

# 1 Введение в КНУР

Ощутимые угрозы от изменения климата, а также экономические и политические вызовы, создаваемые растущими международными амбициями по борьбе с изменением климата, обуславливают необходимость для Казахстана также внести свой вклад в эти усилия и перейти к низкоуглеродному и, в конечном счете, углеродно-нейтральному развитию. Глубокая декарбонизация экономики Казахстана может быть достигнута только при условии серьезных преобразований в институциональной и правовой среде, рыночных, инфраструктурных, технологических и социальных изменений. Данная концепция низкоуглеродного развития (КНУР) формирует комплексное видение динамики таких изменений, а также мер, необходимых для достижения климатических целей с постепенным переходом национальной экономики к климатически нейтральной модели.

КНУР имеет следующие функции:

- Определить цели и конкретные задачи перехода Республики Казахстан к глубоко декарбонизированной экономической модели к 2050 году;
- Разработать национальные приоритеты по снижению выбросов парниковых газов (ПГ) и увеличению поглощения углерода;
- Определить ключевые задачи технологического развития и инфраструктурных решений, необходимых для перехода к низкоуглеродной экономике;
- Обозначить основные меры политики по борьбе с изменением климата, которые должны быть разработаны и внедрены для достижения целей данной КНУР;
- Оценить потребности в инвестициях и финансовых ресурсах, необходимых для достижения климатических целей, обозначить приоритеты для внутренних и международных инвесторов и бизнеса;
- Оценить основные последствия трансформации для занятости, а также возможности для создания новых рабочих мест и подготовки специалистов для климатически нейтральной экономики;
- Привлечь различные заинтересованные стороны (правительство, местные власти, бизнес, научные круги, технических экспертов, НПО, местные сообщества и группы гражданского общества) к обсуждению будущих изменений, приоритетов и проблем, связанных с глубокой декарбонизацией;
- Учесть риски и последствия изменения климата для национальной экономики, общества и экосистем, разработать рекомендации по смягчению последствий изменения климата, адаптации и повышению устойчивости с учетом уязвимости конкретных секторов и регионов Казахстана к изменению климата в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

КНУР дает представление о сценариях будущего развития экономики до 2050 года с разными предположениями об особенностях и скорости преобразований в различных секторах, а также о технологических и экономических аспектах предполагаемых изменений, роли природных экосистем в поглощении и выбросах ПГ, путях гармонизации целей развития зеленой экономики, борьбы с изменением климата и целей устойчивого развития (ЦУР) в Казахстане. Особое внимание уделяется основным категориям источников выбросов ПГ: производству электроэнергии и тепла, промышленности, транспорту, ЖКХ, землепользованию и лесному хозяйству, сельскому хозяйству и управлению отходами. Помимо оценки вариантов декарбонизации, в КНУР представлены оценки сопутствующих выгод от сокращения выбросов ПГ

и увеличения поглощения углерода, которые играют важную роль в достижении местных экономических, социальных и экологических выгод. Сценарная оценка и оценка финансовых ресурсов, необходимых для декарбонизации, основаны на комплексном, передовом технико-экономическом моделировании. КНУР также определяет барьеры и возможности вмешательства для правительства и бизнеса, включая регуляторную политику, рыночные меры (например, структура рыночных стимулов и инвестиции) и повышение осведомленности среди населения.

Адаптация к изменению климата является большим вызовом для Казахстана. В КНУР представлен обзор уязвимостей к изменению климата и его последствий, целей и мер адаптации для Казахстана. Анализируется взаимосвязь между действиями по адаптации и борьбе с изменением климата, включая специфические национальные приоритеты, такие как землепользование и сельское хозяйство, управление водными ресурсами и проекты в области чистой энергии.

Социально справедливая трансформация экономики и создание новых рабочих мест являются неотъемлемой частью КНУР. Представлены политические, экономические и социальные основы для справедливого перехода к низкоуглеродному развитию. В различных сценариях рассматриваются не только создание новых рабочих мест и выгоды для рынка труда, но и риски потери рабочих мест в определенных секторах. КНУР определяет потребности и способы социальной поддержки, политические действия и рекомендации, основанные на международном опыте социальной адаптации, в частности, в отношении постепенного отказа от угля. Внешние эффекты анализируются для надлежащей оценки общественных и экологических затрат и потерь от выбросов ПГ, включая воздействие на здоровье, загрязнение окружающей среды и общественные издержки углерода. Социальные и экологические преимущества декарбонизации, особенно в энергетике и транспорте, включают положительное влияние на здоровье населения, рост ВВП, снижение затрат и загрязнения окружающей среды.

На основе результатов моделирования в КНУР также представлен обзор потребностей в «зеленом» финансировании и инвестициях в декарбонизацию. Анализируются возможности привлечения финансовых ресурсов, использования и улучшения существующей правовой и институциональной среды, применения инновационных инструментов «зеленого» финансирования и механизмов финансирования «зеленых» проектов. Казахстан хорошо позиционирован для международного климатического финансирования и способен привлекать инвестиции через различные каналы, включая корпоративные проекты, систему торговли квотами на выбросы, схемы «зеленого» финансирования, государственное финансирование и международные финансовые институты. Однако инвестиционные ресурсы, необходимые для декарбонизации и, в конечном счете, достижения углеродной нейтральности, требуют значительного увеличения объемов финансирования. Тесное сотрудничество государственного и частного секторов и активное участие в международных схемах финансирования проектов, включая механизм устойчивого развития Парижского соглашения, может подтолкнуть процессы «зеленой» трансформации и ускорить действия по смягчению последствий изменения климата.

В КНУР также описывается текущий уровень научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), инноваций и образования в области изменения климата и низкоуглеродного развития в Казахстане. Разработка и поддержка программ повышения осведомленности для различных групп заинтересованных сторон и гражданского общества имеет важное значение для изменения общественного мнения о проблемах изменения климата и декарбонизации, а также уровня жизни и поведения населения. Не менее важным, однако, являются подготовка специалистов по устойчивому развитию в области естественных, инженерных и общественных наук, государственные программы исследований и инноваций в области устойчивого развития, а также поддержка и мобилизация финансирования НИОКР частным сектором. Международное

сотрудничество между Казахстаном и другими странами в области НИОКР, инноваций и образования играет значительную роль в создании основы для климатических действий и обеспечении общественной поддержки, а также вовлечении в международные исследовательские программы и проекты.

Регулярный мониторинг, оценка и обновление КНУР необходимы для ее эффективной реализации. Оценка должна включать анализ значимых факторов декарбонизации, сотрудничество и диалог с заинтересованными сторонами, включая различные группы гражданского общества, научные круги, экспертное сообщество, бизнес и НПО. Пересмотр стратегических мер политики должен проводиться каждые пять лет или чаще, в зависимости от ситуации и необходимости обновления. Процедуры пересмотра и обновления КНУР должны отражать изменения в других стратегических документах социально-экономического планирования и быть интегрированы в стратегическую экологическую оценку.

## 2 Международный контекст КНУР

Антропогенные выбросы парниковых газов достигли самых высоких показателей в истории человечества за последние годы, что демонстрирует значительное антропогенное влияние на климатическую систему Земли. Более того, в последние десятилетия изменение климата повлияло на природные и антропогенные системы на всех континентах и в океанах, что свидетельствует о высокой восприимчивости как экосистем, так и человека к изменяющемуся климату<sup>9</sup>. Изменение климата рассматривается Всемирным экономическим форумом как один из основных глобальных рисков.<sup>10</sup> Ожидаемое негативное влияние на глобальный ВВП к 2050 году, по данным различных сценариев, оценивается от 4% до 18%.<sup>11</sup> Стихийные бедствия обходятся примерно в 18 млрд. долл. США в год для стран с низким и средним уровнем доходов, они также несут существенные риски для домохозяйств и бизнеса, стоимость которых составляет не менее 390 млрд. долл. США в год.<sup>12</sup>

Изменение климата несет в себе прямые физические риски и угрозы для экосистем, инфраструктуры, жизни и здоровья людей, а также вызывает изменения в международном и национальном управлении для сокращения выбросов ПГ. Эти изменения включают в себя экономические и политические реформы, преобразования в экономических и финансовых системах, создающие дальнейшие риски трансформации для национальных экономик. Оба вида рисков могут привести к убыткам, если они не будут устранены и не будут реализованы необходимые меры на национальном и региональном уровнях, а также на уровне компаний.

Обеспокоенность антропогенным влиянием на климат Земли привела к созданию Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) в 1992 году. Однако амбициозность международных усилий по борьбе с изменением климата лишь недавно стала резко расти, движимая консенсусом среди ученых и политиков в отношении рисков и ожидаемого ущерба на глобальном уровне, связанных с изменением климата, а также осознанием насущной необходимости трансформации мировой экономики с целью быстрого

---

<sup>9</sup> Источник: (IPCC, 2014)

<sup>10</sup> Источник: (World Economic Forum, 2021)

<sup>11</sup> Источник: (Swiss Re Group, 2021)

<sup>12</sup> Источник: (World Bank, 2021)



сокращения выбросов ПГ. Взаимосвязь между экологической, социальной и экономической устойчивостью будущего развития была также утверждена в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, принятой ООН в сентябре 2015 года. В ней изложены 17 интегрированных целей в области устойчивого развития (ЦУР), обеспечивающих баланс между социальной, экономической и экологической устойчивостью. Цели климатических действий прописаны в ЦУР 13, но они также связаны со многими другими ЦУР, такими как Хорошее здоровье и благополучие (ЦУР 3), Доступная и чистая энергия (ЦУР 7), Достойная работа и экономический рост (ЦУР 8), Устойчивое развитие городов и населенных пунктов (ЦУР 11) и Ответственное потребление и производство (ЦУР 12).

Вскоре после принятия Повестки на период до 2030 года, в декабре 2015 года, на 21-й Конференции сторон РКИК ООН в Париже было принято целевое соглашение о смягчении воздействия на климат и адаптации к изменению климата. Парижское соглашение является поворотным моментом в международной климатической политике, поскольку оно обязывает все страны принимать меры по сокращению выбросов ПГ и укреплению экологической устойчивости. Цель Парижского соглашения – ограничить повышение глобального уровня температуры значительно ниже 2 °С, предпочтительно до 1,5 °С, по сравнению с доиндустриальным уровнем. В пакете руководящих принципов по реализации Парижского соглашения, принятом в декабре 2018 года на 24-й Конференции сторон (COP24) в Катовице, также подчеркивается важность социально справедливого перехода к низкоуглеродному развитию, а также координации и интеграции мер по смягчению последствий и по адаптации к изменению климата.<sup>13</sup>

В целях реализации Парижского соглашения все стороны каждые пять лет представляют свои планы действий в области климата (определяемые на национальном уровне вклады – ОНУВ) и готовят стратегии низкоуглеродного развития (СНУР), которые обеспечивают долгосрочный горизонт для ОНУВ и описывают видение будущего национального развития. К началу апреля 2021 года, согласно РКИК ООН, 191 из 197 сторон РКИК ООН также были сторонами Парижского соглашения. Все стороны представили свои первые ОНУВ, 8 из них представили свои вторые ОНУВ. 28 стран и Европейский Союз представили свои долгосрочные стратегии низкоуглеродного развития.

Республика Казахстан подписала Парижское соглашение 2 августа 2016 года и ратифицировала его 6 декабря 2016 года. Перед официальным подписанием Соглашения в сентябре 2015 года Казахстан продемонстрировал свою приверженность цели Парижского соглашения, представив свой ОНУВ в РКИК ООН. ОНУВ Казахстана предполагает следующие цели по сокращению выбросов парниковых газов:

- Безусловное сокращение выбросов ПГ на 15% к декабрю 2030 года по сравнению с 1990 годом;
- Сокращение выбросов ПГ на 25% к декабрю 2030 года по сравнению с 1990 годом при условии дополнительных международных инвестиций, доступа к механизму передачи низкоуглеродных технологий, средств Зеленого климатического фонда и гибкого механизма для стран с переходной экономикой.

Помимо ОНУВ, более 110 стран обязались достичь углеродной нейтральности примерно к середине века.<sup>14</sup> Например, ЕС, США Япония и Республика Корея взяли на себя обязательство стать углеродно-нейтральными к 2050 году; Бразилия и Китай – к 2060 году. В декабре 2020 года во

---

<sup>13</sup> Для полного пакета соответствующих документов, см. (UNFCCC, 2018).

<sup>14</sup> Источник: (UN, 2020)



время Саммита климатических амбиций президент Казахстана Касым-Жомарт Токаев пообещал обеспечить углеродную нейтральность к 2060 году в соответствии с усиленным национальным климатическим планом страны.

Тем не менее, недавний сводный отчет РКИК ООН об ОНУВ подтверждает, что принятые в ОНУВ текущие глобальные амбиции по сокращению выбросов ПГ слишком низки для достижения глобальных целей Парижского соглашения.<sup>15</sup> Отчет РКИК ООН призывает стороны Парижского соглашения к дальнейшему усилению своих обязательств по снижению выбросов ПГ в соответствии с Парижским соглашением.

Более того, доклад ЮНЕП о разрыве в уровне выбросов свидетельствует о том, что, даже если краткосрочные ОНУВ и соответствующие политические меры будут согласованы с недавними обязательствами по углеродной нейтральности, траектории выбросов ПГ приведут к повышению температуры как минимум на 2,5 °C к концу века.<sup>16</sup> Несмотря на то, что пандемия COVID-19 привела к небольшому снижению выбросов в 2020 году, по сравнению с 2019 годом, это влияние носит временный характер и не будет иметь сколько-нибудь значительного долгосрочного воздействия на изменение климата. Кроме того, COVID-19 не повлиял на разрыв в выбросах – разницу между глобальными общими выбросами ПГ, позволяющими удержать глобальное потепление на уровне ниже 2 °C, и расчетными глобальными общими выбросами ПГ в результате полной реализации ОНУВ. Однако ЮНЕП подчеркивает, что беспрецедентный масштаб мер по восстановлению экономики после пандемии COVID-19 создает уникальную возможность для стимулирования структурных преобразований, необходимых для перехода к низкоуглеродному развитию.<sup>17</sup> Эту возможность необходимо использовать для преодоления разрыва в выбросах, и этот вопрос также будет важным пунктом в повестке дня 26-й Конференции сторон ООН по изменению климата (COP26), которая должна состояться в Глазго в ноябре 2021 года. В дополнение, страны призываются к повышению своих климатических амбиций в течение года.

Также все чаще звучат призывы к более широкому применению конкретных политических инструментов для стимулирования сокращения выбросов, таких как тарифы за выбросы углерода<sup>18</sup>. В настоящее время Всемирный Банк насчитывает 64 реализованных или запланированных к реализации инициативы в 46 национальных и 35 субнациональных юрисдикциях. В 2020 году эти инициативы охватывали 12 Гт CO<sub>2</sub>-экв., что составляет 22,3% от уровня глобальных выбросов ПГ<sup>19</sup>. Однако ни этот охват, ни текущий уровень углеродных цен не достаточны, чтобы спровоцировать глобальную декарбонизацию. Поэтому в последнее время звучат предложения о создании международного соглашения о минимальных тарифах за выбросы углерода.<sup>20</sup>

Стоит отметить, однако, что меры по сокращению выбросов ПГ также приносят экономические выгоды. Согласно данным Всемирного банка, «правильные инвестиции сейчас могут обеспечить краткосрочные выгоды – рабочие места и экономический рост – а также принести долгосрочные

<sup>15</sup> Источник: (UNFCCC, 2021)

<sup>16</sup> Источник: (UNEP, 2020)

<sup>17</sup> Источник: (UNEP, 2020)

<sup>18</sup> Тариф за выбросы углерода может покрывать выбросы не только CO<sub>2</sub>, но и других парниковых газов и является экономической оценкой экологических и социальных последствий выбросов ПГ, которая иначе не учитывалась бы в экономических решениях эмитентов. Установление тарифов за выбросы углерода осуществляется через систему торговли выбросами, использующую преимущества рыночного ценообразования, налог на выбросы углерода, или их комбинацию.

<sup>19</sup> Источник: (World Bank)

<sup>20</sup> См., например, (МВФ, 2021)

выгоды, включая декарбонизацию и повышение устойчивости».<sup>21</sup> Программы стимулирования низкоуглеродного развития могут создать новые рабочие места, которые будут устойчивыми, инклюзивными и способствующими снижению неравенства, а повышение устойчивости инфраструктуры также принесет значительные выгоды для экономики.

Помимо усилий на национальном уровне, в последние годы постепенно возрастает роль субнациональных и негосударственных субъектов в климатической политике и действиях. Правительства городов и регионов ставят перед собой все более амбициозные климатические цели, в том числе, цели по достижению углеродной нейтральности, инвестируя в низкоуглеродные технологии и решения. Представители частного сектора (во всем мире и в Казахстане) также берут на себя обязательства по достижению научно обоснованных климатических целей, устанавливая цели по сокращению выбросов на уровне компаний, а также цели по достижению нулевых чистых выбросов ПГ и использованию 100% возобновляемых источников энергии.

Финансовый сектор также уделяет все больше внимания ESG-инвестициям<sup>22</sup> и рискам, связанным с изменением климата, включая риски «безнадежных» активов<sup>23</sup>. Переоценка инвестиций проводится с учетом их соответствия целям Парижского соглашения. Крупные инвесторы, в том числе международные и многосторонние банки развития, объявляют о своих планах вывода инвестиций из секторов ископаемого топлива.<sup>24</sup> Компании сталкиваются с растущим давлением к раскрытию климатической информации и рисков, включая углеродный след и декарбонизацию цепочки поставок. Все эти тенденции сохранятся в ближайшие годы и десятилетия и окажут значительное влияние на мировую и региональную экономику.

Описанные изменения в международном климатическом режиме формируют все более серьезные стимулы к реализации национальных мер политики, создающих условия для перехода к низкоуглеродному будущему. Ключевыми факторами для Казахстана являются изменения на мировых рынках ископаемого топлива, планы финансовых институтов и инвесторов по выводу инвестиций из ископаемых активов в пользу «зеленых» инвестиций, растущий спрос на раскрытие информации о выбросах ПГ и мерах по их сокращению, в том числе, по всей цепочке поставок, а также планы по внедрению механизмов пограничной углеродной корректировки.

В свете этих тенденций Республика Казахстан:

- реалистично оценивает риски для национальной экономики в случае бездействия или задержки с принятием соответствующих политических мер для выполнения международных обязательств Казахстана;
- осознает свою роль в информировании государственных и частных организаций в Казахстане о необходимости комплексной трансформации экономики страны;
- осознает необходимость незамедлительно реагировать на текущие вызовы;

---

<sup>21</sup> Источник: (World Bank, 2021), собственный перевод

<sup>22</sup> ESG инвестиции (англ.: environmental, social and governance – экологическое, социальное и корпоративное управление) – это инвестиции, не только направленные на получение финансовой прибыли, но и учитывающие долгосрочное воздействие на окружающую среду, социальные тенденции и эффективность бизнеса.

<sup>23</sup> «Безнадежные» активы (англ.: stranded assets) – это активы, которые имели стоимость или приносили прибыль ранее, но не будут приносить ее в будущем из-за внешних изменений в правовой среде, технологиях, рыночных условиях или ожиданиях потребителей и инвесторов.

<sup>24</sup> Например, Европейский инвестиционный банк (Financial Times, 2019), Государственный пенсионный фонд Норвегии (S&P Global, 2019), Фонд братьев Рокфеллер (Rockefeller Brothers Fund).

- изучает возможности для повышения вклада Казахстана в достижение глобальной цели по борьбе с изменением климата в дополнение к нынешним обязательствам в рамках ОНУВ;
- берет на себя ответственность за обеспечение справедливого, инклюзивного и экономически эффективного перехода к низкоуглеродному развитию;
- привержена целям Парижского соглашения на пути к углеродной нейтральности к 2060 году.

Данная Концепция и процесс ее реализации должны позволить Правительству эффективно транслировать тенденции в международном режиме в национальные стратегии и политические меры, чтобы вывести национальную экономику на путь, совместимый с этими тенденциями, создавая основу для долгосрочного процветания, сочетаемого со здоровым климатом на планете.

### 3 Тренды и видение климатических действий в Казахстане

Республика Казахстан сталкивается с негативными последствиями климатических изменений с середины XX века. С 1940 года средняя годовая температура в стране увеличивается на 0,28 °C каждое десятилетие, а особенно высокий рост отмечается в осенний период (0,31 °C каждые 10 лет). В то же время наблюдается значительное снижение среднегодовых осадков более чем на 0,2 мм за 10 лет. В долгосрочной перспективе в стране ожидается рост среднегодовой температуры на 2,4-3,1 °C к 2050 году и на 3,2-6,0 °C к 2100 году (по сравнению со средними показателями за период 1980-1999 гг.)<sup>25</sup>. Частота экстремальных погодных явлений возрастает, что угрожает здоровью населения, экономике, инфраструктуре, окружающей среде. Нехватка воды в результате таяния ледников и снижение количества осадков негативно сказывается на сельском хозяйстве, пастбищах, лесных экосистемах. Без существенных изменений в методах растениеводства, урожайность яровой пшеницы (важнейшая культура для Казахстана) может сократиться на 13-49% к 2050 году.<sup>26</sup> Прогнозируется рост частоты и масштабов лесных и степных пожаров в результате увеличения сухости климата и случаев засухи в стране.

В 1990-х годах выбросы парниковых газов (ПГ) в Казахстане сократились почти вдвое: с 385 млн. т CO<sub>2</sub>-экв. в 1990 году до 189 млн. т CO<sub>2</sub>-экв. в 1999 году<sup>27</sup> – вследствие перехода от плановой к рыночно-ориентированной экономике. Однако быстрый экономический рост после 2000 года привел к увеличению суммарных выбросов ПГ до уровня 104% от 1990 года к 2018 году. В 2019 году выбросы снизились на 6%, что в свете недавних национальных мер по борьбе с изменением климата является позитивным сигналом.<sup>28</sup>

В декабре 2020 года Казахстан объявил о новой цели – достижении углеродной нейтральности к 2060 году, подтвердив свои обязательства по Парижскому соглашению о предотвращении роста глобальной температуры более, чем на 1,5-2 °C. Столь амбициозная цель расширяет планы страны по реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к зеленой экономике до 2050 года («Концепция зеленой экономики»), утвержденной в 2013 году. Цели Концепции связаны с

<sup>25</sup> По двум сценариям изменения климата МГЭИК RCP4.2 и RCP8.5.

<sup>26</sup> Источник: (ME RK, UNDP Kazakhstan & GEF, 2017)

<sup>27</sup> Не включая землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ).

<sup>28</sup> Источник: (МЭГПР РК, 2021)

решением ключевых задач развития страны, включая повышение благосостояния и уровня жизни населения, вхождение в 30 ведущих экономик мира, достижение ключевых целей «зеленого» развития, в том числе снижения энергоемкости ВВП, существенного увеличения доли возобновляемых источников энергии, надежного обеспечения водой, роста продуктивности сельскохозяйственных земель. С учетом новых климатических целей, а также процессов ужесточения международных обязательств по Парижскому соглашению и трансформации мировых рынков под влиянием глубокой декарбонизации, Казахстану необходимо гармонизировать стратегии «зеленого» роста и достижения углеродной нейтральности.

Политики и меры по борьбе с изменением климата, включая адаптацию и снижение воздействия на климатическую систему, также должны учитывать Цели устойчивого развития (ЦУР) ООН. Сопутствующие выгоды от сокращения выбросов ПГ и увеличения поглощения углерода лесными и другими экосистемами напрямую связаны с выполнением Казахстаном целого ряда задач, связанных с ЦУР, в том числе в области улучшения качества окружающей среды, снижения рисков для здоровья человека, устойчивого землепользования, сохранения биологического разнообразия, производства доступной и чистой энергии.

Достижение амбициозных климатических целей – огромный вызов для Казахстана и для всего мира. Серьезное сокращение выбросов ПГ требует фундаментальных изменений в моделях производства и потребления, быстрого и эффективного перехода от неэкологичного сжигания ископаемых энергоресурсов к безуглеродным технологиям, масштабного внедрения «зеленых» инноваций в промышленности, транспорте, строительстве, сельском и лесном хозяйстве, в управлении отходами. Казахстан обладает природными ресурсами и человеческим капиталом, необходимыми для успешной трансформации.

Затраты на глубокую декарбонизацию и переход к «зеленой» экономике могут быть значительно снижены, если отраслевые стратегии будут предусматривать замещение устаревших и неэффективных технологий более современными, низкоуглеродными и экологически чистыми решениями. Поэтапное выведение углеродоемкого производства, применение новых, удешевляющихся «зеленых» технологий будет способствовать экономической эффективности перехода к безуглеродному будущему. Десятикратное снижение затрат в солнечной энергетике за последнее десятилетие – яркий пример того, как можно добиваться экологических целей, минимизируя издержки.

Инвестиции в переход к углеродной нейтральности не только стимулируют рост ВВП, но и приносят огромные выгоды для экономики, социальной сферы и окружающей среды. Экологически устойчивые методы ведения сельского хозяйства не только снижают выбросы ПГ, но и сохраняют водные ресурсы, снижают эрозию почвы, повышают урожайность, приносят дополнительные доходы, увеличивают объемы производства и снижают риски ущерба от негативных погодно-климатических факторов. Каждый тенге, инвестированный в «зеленое» развитие, может приносить в 3 раза больше доходов в виде добавленной стоимости в сельском хозяйстве. Инвестиции в энергоэффективность зданий приводят к экономии энергии и снижению затрат для домохозяйств и предприятий, сокращению загрязнения воздуха вредными и опасными веществами, росту доходов населения. Повторное использование отходов (циркулярная экономика) создает синергетические эффекты в других секторах, снижая затраты на сырье и материалы. Инвестиции в развитие безуглеродного транспорта снижают шумовое загрязнение и концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере, а также обеспечивают ощутимую выгоду для домохозяйств в виде экономии затрат на топливо.

Национальные климатические действия должны учитывать и глобальные тренды декарбонизации, которые создают одновременно и возможности, и риски для Казахстана. Введение Европейским Союзом механизма пограничной углеродной корректировки для углеродоемкой продукции, международное распространение механизмов ценообразования на выбросы ПГ, вывод инвестиций из проектов и активов, связанных с ископаемым топливом, – все эти факторы должны быть учтены при разработке и реализации национальных и отраслевых планов достижения углеродной нейтральности, чтобы снизить риски и повысить привлекательность экономики Казахстана. Новые возможности для страны открываются в области привлечения «зеленых» финансов, трансфера безуглеродных технологий, интеграции в мировой углеродный рынок, реализации углеродных и климатических проектов под эгидой Парижского соглашения, а также участия в новых международных рынках «зеленых» энергоресурсов, продуктов и инновационных технологий.

## 4 Пути низкоуглеродного развития

### 4.1 Введение: Международный контекст

#### 4.1.1 Цель: Снижение выбросов ПГ для ограничения роста глобальной температуры до 2°C или меньше

В данной главе анализируются последствия необходимой декарбонизации экономики в Республике Казахстан. Под "декарбонизацией" понимается сокращение выбросов парниковых газов (ПГ) с течением времени с целью удержания роста средней глобальной температуры на уровне значительно ниже 2 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем. Эта цель закреплена в Парижском соглашении, принятом 12 декабря 2015 года Сторонами Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН). Парижское соглашение основано на научном консенсусе, согласно которому более высокий рост температуры представляет собой неприемлемо высокий риск опасного антропогенного вмешательства в климатическую систему (IPCC, 2014). Изменение климата окажет влияние на Казахстан, изменяя экосистемы, структуру осадков и увеличивая дефицит воды, тем самым влияя на сельское хозяйство. Для ограничения роста температуры на уровне 1,5-2 °C, необходимо как можно быстрее достичь глобального пика выбросов ПГ и к середине века привести мир к углеродной нейтральности. Быстрое и всеобъемлющее сокращение выбросов ПГ является самой неотложной задачей.

Являясь страной, подписавшей Парижское соглашение – юридически обязательный международный договор об изменении климата – Республика Казахстан взяла на себя обязательство внести свой вклад в глобальный ответ на угрозу изменения климата. Казахстан выбрал исторический уровень выбросов парниковых газов 1990 года в качестве отправной точки, в сравнении с которой его усилия по реализации климатических амбиций будут измеряться и оцениваться международным сообществом.

Однако переход к низкоуглеродной экономике выгоден не только с точки зрения климата, но, как будет показано в данной главе, и для экономического развития Казахстана. В данной главе будет проведена оценка путей перехода к низкоуглеродному развитию. Оценка основана на технико-экономической целесообразности и стоимости различных вариантов технологий для снижения



выбросов ПГ (выраженных в CO<sub>2</sub>-экв.) до 2050 года.<sup>29</sup> Анализ опирается на комплексную модельную структуру и проводится по трем различным путям, основанным на альтернативных сценариях будущего развития Казахстана.

#### 4.1.2 Парниковые газы согласно определению РКИК ООН

Парижское соглашение охватывает парниковые газы согласно определению РКИК ООН. Парниковые газы способствуют глобальному потеплению и повышению температуры, поэтому их выброс в атмосферу необходимо сократить и в конечном итоге остановить.

Наиболее важным парниковым газом по объему выбросов является углекислый газ (CO<sub>2</sub>), большая часть которого образуется при сжигании ископаемого топлива (угля, нефти, газа), твердых отходов и других органических материалов. Некоторые промышленные процессы и связанные с ними химические реакции (например, в производстве цемента) также являются источниками выбросов CO<sub>2</sub>. Углекислый газ удаляется из атмосферы («связывается») и накапливается в поглотителях углерода, когда он поглощается растительностью в процессах геохимического цикла углерода и в океанах.

Метан (CH<sub>4</sub>) занимает второе место по объему выбросов ПГ, но его потенциал глобального потепления в 25 раз выше (т.е. метан гораздо сильнее задерживает тепло в атмосфере). Метан выделяется в процессе добычи и транспортировки угля, природного газа и нефти. Выбросы метана также происходят в процессе животноводства и других видов сельскохозяйственной деятельности, а также в результате разложения органических отходов на полигонах твердых бытовых отходов и при обработке сточных вод в анаэробных условиях.

Закись азота (N<sub>2</sub>O) выделяется при сельскохозяйственной и промышленной деятельности, сжигании ископаемого топлива и твердых отходов, а также при очистке сточных вод.

Наконец, F-газы<sup>30</sup> – это мощные синтетические парниковые газы, которые выделяются при различных промышленных процессах (например, при производстве алюминия). Хотя объемы выбросов F-газов относительно невелики, они чрезвычайно опасны для климата, поскольку имеют огромный потенциал глобального потепления и очень долго задерживаются в атмосфере.

В таблице 1 представлены данные о выбросах парниковых газов в Казахстане в разрезе парниковых газов, представленных в РКИК ООН. В период с 1990 года по 2017 год выбросы углекислого газа увеличились и составили 80% всех выбросов ПГ в 2017 году.<sup>31</sup> За тот же период выбросы метана снизились, в основном из-за снижения сельскохозяйственного производства, а также улучшения ситуации в нефтегазовом секторе с повышенным вниманием к летучим выбросам при разведке, добыче, переработке, транспортировке и распределении ископаемого топлива<sup>32</sup> (более подробно см. разделы 4.5 и 4.3, соответственно).

<sup>29</sup> Анализ включает технологии, уже доступные на рынке или на той стадии исследований и разработок, на которой уже существуют оценки их техно-экономических характеристик.

<sup>30</sup> Фторированные газы (F-газы) – это гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF<sub>6</sub>) и трифторид азота (NF<sub>3</sub>).

<sup>31</sup> Базовым годом для моделирования, с наибольшим количеством доступной информации и данных, является 2017 год. При наличии более свежих данных они были учтены, а модели соответственно откалиброваны.

<sup>32</sup> Казахстан оценивает выбросы метана по методике уровня 1, самому простому методу, использующему относительно агрегированные и легкодоступные показатели деятельности, с коэффициентами выбросов по умолчанию для отдельных видов деятельности. Коэффициенты выбросов по умолчанию представлены в Руководящих принципах МГЭИК. Таким образом, выявленные в кадастре выбросов ПГ улучшения в

**Таблица 1. Выбросы ПГ по видам газов, согласно определению РКИК ООН**

|                                     | 1990                     |             | 2017                     |             |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|                                     | Мт CO <sub>2</sub> -экв. | %           | Мт CO <sub>2</sub> -экв. | %           |
| Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )   | 281,2                    | 70,0%       | 307,9                    | 80,6%       |
| Другие газы                         | 120,7                    | 30,0%       | 74,0                     | 19,4%       |
| Метан (CH <sub>4</sub> )            | 102,9                    | 25,6%       | 55,2                     | 14,5%       |
| Закись азота (N <sub>2</sub> O)     | 17,8                     | 4,4%        | 17,0                     | 4,5%        |
| F-газы, всего                       | нет данных               |             | 1,7                      | 0,5%        |
| ГФУ                                 | нет данных               |             | 1,1                      | 0,3%        |
| ПФУ                                 | нет данных               |             | 0,6                      | 0,2%        |
| Неуказанная смесь ГФУ и ПФУ         | нет данных               |             | нет данных               |             |
| Гексафторид серы (SF <sub>6</sub> ) | нет данных               |             | 0,002                    | 0,001%      |
| Трифторид азота (NF <sub>3</sub> )  | нет данных               |             | нет данных               |             |
| <b>ПГ, всего</b>                    | <b>401,9</b>             | <b>100%</b> | <b>381,9</b>             | <b>100%</b> |

Источник данных: (UNFCCC).

#### 4.1.3 Классификация секторов по методологии МГЭИК

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), подразделение ООН по оценке научных данных, связанных с изменением климата, устанавливает руководящие принципы для представления национальных кадастров парниковых газов в РКИК ООН. Общий формат отчетности МГЭИК предусматривает дифференциацию выбросов и поглощений по источникам и типам<sup>33</sup> и содержит следующие сектора:

**Энергетический сектор** охватывает все выбросы, связанные с производством и сжиганием ископаемого топлива, независимо от того, где оно сжигается. Таким образом, он охватывает не только производство электричества и тепла, но и выбросы от сжигания топлива в промышленности, транспорте, коммерческих и жилых зданиях. Энергетический сектор также включает в себя летучие выбросы, возникающие при добыче и транспортировке ископаемого топлива (например, факельное сжигание газа, утечки из трубопроводов).

Категория **промышленных процессов** (ПП) охватывает все выбросы от промышленности, не связанные со сжиганием топлива. Такие выбросы в основном являются результатом химических реакций в промышленных процессах (например, выбросы CO<sub>2</sub> при производстве цемента и алюминия) или промышленного использования растворителей, F-газов и т.д.

**Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования** (AFOLU)<sup>34</sup> включают в себя выбросы, возникающие непосредственно в сельскохозяйственном производстве, такие как выбросы от внутренней ферментации, внесения удобрений, использования навоза, обработки почвы и сельскохозяйственных отходов. Однако AFOLU также способны поглощать выбросы ПГ, т.е. накапливать углерод. Это связано с тем, что сектор включает выбросы и поглощение от всех типов земель: лесных угодий, пахотных земель, лугов, водно-болотных угодий и земель в поселениях. Является ли сектор нетто-эмиттером или нетто-поглотителем углерода, зависит от относительных объемов связывания углерода растительностью (биомассой), высвобождения

отношении выбросов метана не являются результатом фактических измерений или тщательной оценки на уровне предприятий с установлением источников выбросов для конкретного оборудования, количества единиц оборудования и измерения показателей для каждого типа источников.

<sup>33</sup> Классификация секторов МГЭИК по источникам и типам выбросов отличается от более распространенного подхода, разработанного Статистическим отделом ООН для разделения секторов по видам экономической деятельности.

<sup>34</sup> Англ.: Agriculture, forestry and other land uses

углерода, например, в результате деградации почвы или лесных пожаров, а также изменений в обоих направлениях в результате переустройства земель, заготовки древесины и т.д.

**Сектор отходов** включает метан ( $\text{CH}_4$ ), выделяемый при анаэробном разложении органических отходов, размещаемых на полигонах ТБО, и при обработке сточных вод в анаэробных условиях. Кроме того, при сжигании отходов образуются выбросы углекислого газа, метана и закиси азота.

В таблице 2 категории МГЭИК соотнесены с общей классификацией видов экономической деятельности в Казахстане. Таблица особенно наглядно показывает, что все виды экономической деятельности вносят свой вклад в выбросы энергетического сектора.

**Таблица 2. Соответствие категорий МГЭИК видам экономической деятельности в Казахстане**

| Категория МГЭИК                                                         | Источник выбросов                                                                                         | Газы                                                                    | Виды экономической деятельности (код ОКЭД)                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Энергетический сектор:<br>Производство тепла и электроэнергии           | - Производство тепла и электроэнергии<br>- Другие энергетические отрасли                                  | $\text{CO}_2$                                                           | Потребление тепла и электричества в:<br>- Сельском и лесном хозяйстве (А)<br>- Горнодобывающей и обрабатывающей промышленности, строительстве (В, С, F)<br>- Секторах торговли и предоставления услуг (G, H52-H53, I-U)<br>Сжигание топлива в:<br>- Секторе снабжения электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом (D) |
| Энергетический сектор:<br>Промышленность и строительство                | Непосредственное сжигание топлива                                                                         | $\text{CO}_2$                                                           | Сжигание топлива в:<br>- Горнодобывающей промышленности (В)<br>- Обрабатывающей промышленности (С)<br>- Строительстве (F)                                                                                                                                                                                                                            |
| Энергетический сектор:<br>Транспорт                                     | Непосредственное сжигание топлива на транспорте                                                           | $\text{CO}_2$                                                           | Сжигание топлива в:<br>- Дорожном и железнодорожном, трубопроводном транспорте (H49)<br>- Водном транспорте (H50)<br>- Воздушном транспорте (H51)                                                                                                                                                                                                    |
| Энергетический сектор:<br>Прочее сжигание топлива                       | Непосредственное сжигание топлива в прочих секторах;<br>Сжигание биомассы                                 | $\text{CO}_2$ ,<br>$\text{CH}_4$ ,<br>$\text{N}_2\text{O}$              | Сжигание топлива в:<br>- Сельском и лесном хозяйстве (А)<br>- Коммерческих и жилых зданиях (G, H52-H53, I-U)                                                                                                                                                                                                                                         |
| Энергетический сектор:<br>Летучие выбросы                               | Выбросы при добыче и транспортировке ископаемого топлива                                                  | $\text{CO}_2$ ,<br>$\text{CH}_4$ ,<br>$\text{N}_2\text{O}$              | - Добыча угля: $\text{CH}_4$ , $\text{N}_2\text{O}$ (B05)<br>- Факельное сжигание газа: $\text{CO}_2$ (B06)<br>- Трубопроводная система: $\text{CH}_4$ (H49)                                                                                                                                                                                         |
| Промышленные процессы                                                   | Выбросы от промышленного производства, не связанные со сжиганием топлива                                  | $\text{CO}_2$ ,<br>$\text{CH}_4$ ,<br>$\text{N}_2\text{O}$ ,<br>F-gases | - Производство минеральной продукции (C23)<br>- Химическая промышленность (C20)<br>- Металлургия (C24-C25)<br>- Кондиционирование воздуха, охлаждение, использование растворителей                                                                                                                                                                   |
| Сельское хозяйство                                                      | - Применение удобрений<br>- Животноводство и управление навозом<br>- Прочие сельскохозяйственные процессы | $\text{CH}_4$ ,<br>$\text{N}_2\text{O}$                                 | Сельское хозяйство (A01)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Землепользование, изменения землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ) | Выбросы и поглощение ПГ всеми видами земли и биомассы                                                     | $\text{CO}_2$                                                           | Лесное хозяйство (A02)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



|                |                                                                     |                                                      |                                                                                                                  |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сектор отходов | Выбросы ПГ от разложения органических отходов и управления отходами | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O | Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений (E) |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 4.2 Аналитический подход к моделированию, сценарии и пути развития до 2050 года

Аналитический подход к оценке перехода к целевому низкоуглеродному будущему состоит в использовании гибридной модели, состоящей из трех передовых, сложных, взаимосвязанных экономико-технологических моделей:

1. TIMES-KAZ – это целостная технологическая модель «снизу вверх», использующая линейное программирование на средне- и долгосрочных временных горизонтах для создания наименее затратной энергетической системы, оптимизированной в соответствии с рядом пользовательских ограничений. Модель TIMES-KAZ описывает развитие энергетической системы в Казахстане с подробной информацией об имеющихся технологиях и их стоимости. Таким образом, модель TIMES-KAZ используется для исследования возможного энергетического будущего на основе различных сценариев. Для анализа использовалась обновленная в 2021 году версия расширенной модели TIMES-KAZ.
2. CGE-KAZ – это расчетная модель общего равновесия (англ.: Computable General Equilibrium), основанная на фактических экономических данных Казахстана. Модель оценивает, как экономика Казахстана может реагировать на изменения в политике, технологиях или других внешних факторов. CGE-KAZ (обновление 2021 года) – это нисходящая экономическая модель, описывающая макроэкономическое развитие Казахстана, охватывающая всю экономику и непосредственно учитывающая взаимодействие между различными секторами производства, а также экономическими агентами (например, домохозяйствами и правительством).
3. SD-KAZ – это набор моделей системной динамики, разработанных для понимания нелинейного поведения сложных систем с течением времени и сочетающих запасы, потоки, внутренние контуры обратной связи и временные задержки. Эти отраслевые модели включают социальные, экономические и экологические показатели и объединяют прямые, косвенные и индуцированные экономические и общественные затраты и выгоды от различных путей отраслевого развития. Примеры таких выгод и затрат – это изменения в доходах, влияние на здоровье и затраты, связанные с несчастными случаями. Сектора, рассматриваемые в моделях SD-KAZ, – это сельское хозяйство, сектор зданий (ЖКХ), добыча и использование угля, транспорт, и управление отходами.
4. TICS-KAZ – это гибридная модель, созданная путем связывания трех вышеуказанных моделей. Гибридная модель объединяет сильные стороны этих моделей через обмен информацией между ними, что позволяет лучше оценить осуществимость низкоуглеродной политики и ее влияние на экономический рост, требуемые инвестиции и другие социально-экономические показатели. Существенно повышая согласованность и точность моделирования и покрывая более широкий спектр показателей, гибридная модель TICS-KAZ предоставляет лицам, принимающим политические решения, более качественную информацию, чем отдельные модели.

Пути трансформации основаны на трех альтернативных сценариях развития Республики Казахстан. Каждый сценарий учитывает текущие международные усилия по ограничению глобального потепления до 1,5°C. Это подразумевает, в частности, что такие усилия, как «Зеленый курс» Европейского Союза (ЕС) или обязательства большинства стран по декарбонизации, направленные на достижение углеродной нейтральности к 2050 году (в случае Китая, к 2060 году)

будут расти. Это значительно сократит глобальный спрос на ископаемое топливо и промышленную продукцию с высоким уровнем выбросов ПГ после 2030 года, равно как и на другие торгуемые товары. Одно это изменение спроса окажет глубокое влияние на экономику Казахстана. Сценарии путей развития Казахстана, представленные ниже, были разработаны в ходе интенсивных консультаций с заинтересованными сторонами в 2020 году и различаются в отношении предположений о национальных усилиях по декарбонизации.

**Бизнес как обычно:** сценарий "бизнес как обычно" (BAU или базовый) описывает гипотетический путь развития экономики, который модели воспроизводят в отсутствие существенных технологических изменений или политических мер, направленных на усиление декарбонизации в Казахстане. Его следует понимать не как прогноз развития экономики (т.е. наиболее реалистичное развитие), а скорее как эталон для сравнения результатов различных политических сценариев и импульс для политических действий правительства. Базовый сценарий экстраполирует в будущее исторические тренды, наблюдаемые в Казахстане, и предполагает, что существующая в настоящее время политика будет продолжена в течение всего периода. Никаких дополнительных усилий по декарбонизации предприниматься не будет, и никаких конкретных целей на 2030 и 2050 годы не установлено.

**Зеленая экономика:** Сценарий зеленой экономики (ЗЭ) предполагает, что международное обязательство Республики Казахстан по декарбонизации, предусмотренное ОНУВ и Концепцией перехода Республики Казахстан к «зеленой экономике», утвержденной в 2013 году, будет активно выполняться. Безусловный целевой показатель ОНУВ по сокращению выбросов на 15% по отношению к уровню 1990 года будет достигнут к 2030 году. Для стимулирования зеленых инвестиций и энергоэффективности будут приняты дополнительные рыночные и регуляторные меры, но без расширения государственных инвестиций до 2030 года. Целевой показатель выбросов на 2050 год получен в результате продолжения политики ЗЭ и экстраполяции целевого показателя ОНУВ.

**Глубокая декарбонизация:** В сценарии глубокой декарбонизации (ГД) в Казахстане активно предпринимаются дополнительные усилия для достижения целей, предусмотренных Парижским соглашением, включая рыночную политику, политику регулирования и государственные инвестиции. Условное обязательство ОНУВ по сокращению выбросов на 25% по сравнению с уровнем 1990 года будет достигнуто к 2030 году в энергетическом секторе. Целевой показатель выбросов на 2050 год обусловлен максимальными усилиями по декарбонизации на основе известных в настоящее время доступных технологий и при приемлемых инвестиционных затратах<sup>35</sup>

Исторические уровни выбросов и прогнозы для базового сценария, а также целевые показатели для сценариев ЗЭ и ГД представлены в таблице 3. Самым крупным источником выбросов в Казахстане является сжигание ископаемого топлива. В 1990 году на его долю приходилось 333 Мт CO<sub>2</sub>-экв., или 86% чистых общих выбросов ПГ (386 Мт CO<sub>2</sub>-экв.). В 2017 году доля выбросов ПГ от сжигания ископаемого топлива немного снизилась, до 82% от чистых общих выбросов ПГ, и составила 317 Мт CO<sub>2</sub>-экв. В базовом сценарии выбросы ПГ от сжигания топлива в 2030 году вновь достигнут уровня 1990 года и продолжат расти до 2050 года, достигая 343 Мт CO<sub>2</sub>-экв. Это означает увеличение выбросов ПГ на 3% по сравнению с уровнем 1990 года.

---

<sup>35</sup> В условиях настоящей модели сценарий углеродной нейтральности к 2050 году представляется недостижимым, учитывая высокие сопутствующие экономические затраты. Точка отсечения для предельных инвестиционных затрат была установлена на уровне 1500 долларов США за т CO<sub>2</sub>-экв.

**Таблица 3. Выбросы ПГ в 1990 и 2017 гг. и целевые показатели по сценариям в 2025, 2030 и 2050 гг., Мт CO<sub>2</sub>-экв. (% от общих выбросов)**

|                                                                       | 1990       | 2017       | 2025       | 2030       | 2050       |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Бизнес как обычно (BAU)</b>                                        |            |            |            |            |            |
| ПГ от производства и сжигания ископаемого топлива                     | 333 (86%)  | 317 (83%)  | 313 (80%)  | 335 (79%)  | 343 (78%)  |
| ПГ от ископаемого топлива на душу населения (т CO <sub>2</sub> -экв.) | 20,4       | 17,7       | 16,0       | 16,4       | 14,1       |
| Прочие выбросы ПГ                                                     | 69 (18%)   | 65 (17%)   | 83 (21%)   | 90 (21%)   | 108 (24%)  |
| Общие валовые выбросы ПГ                                              | 402 (104%) | 382 (100%) | 396 (101%) | 425 (101%) | 451 (103%) |
| Поглощение (-) / выбросы (+) в земельном и лесном хозяйстве           | -16 (-4%)  | 1 (0%)     | -4 (-1%)   | -3 (-1%)   | -11 (-3%)  |
| Общие чистые выбросы ПГ                                               | 386 (100%) | 383 (100%) | 393 (100%) | 422 (100%) | 440 (100%) |
| <b>Зеленая экономика (ЗЭ)</b>                                         |            |            |            |            |            |
| ПГ от производства и сжигания ископаемого топлива                     | 333 (86%)  | 317 (83%)  | 306 (81%)  | 263 (79%)  | 263 (77%)  |
| ПГ от ископаемого топлива на душу населения (т CO <sub>2</sub> -экв.) | 20,4       | 17,7       | 15,6       | 12,9       | 10,8       |
| Прочие выбросы ПГ                                                     | 69 (18%)   | 65 (17%)   | 84 (22%)   | 87 (26%)   | 105 (31%)  |
| Общие валовые выбросы ПГ                                              | 402 (104%) | 382 (100%) | 389 (103%) | 350 (105%) | 368 (108%) |
| Поглощение (-) / выбросы (+) в земельном и лесном хозяйстве           | -16 (-4%)  | 1 (0%)     | -11 (-3%)  | -16 (-5%)  | -28 (-8%)  |
| Общие чистые выбросы ПГ                                               | 386 (100%) | 383 (100%) | 378 (100%) | 333 (100%) | 340 (100%) |
| <b>Глубокая декарбонизация (ГД)</b>                                   |            |            |            |            |            |
| ПГ от производства и сжигания ископаемого топлива                     | 333 (86%)  | 317 (83%)  | 299 (79%)  | 230 (69%)  | 73 (22%)   |
| ПГ от ископаемого топлива на душу населения (т CO <sub>2</sub> -экв.) | 20,4       | 17,7       | 15,3       | 11,3       | 3,0        |
| Прочие выбросы ПГ                                                     | 69 (18%)   | 65 (17%)   | 83 (22%)   | 86 (29%)   | 90 (67%)   |
| Общие валовые выбросы ПГ                                              | 402 (104%) | 382 (100%) | 382 (103%) | 316 (106%) | 164 (122%) |
| Поглощение (-) / выбросы (+) в земельном и лесном хозяйстве           | -16 (-4%)  | 1 (0%)     | -11 (-3%)  | -17 (-5%)  | -29 (-9%)  |
| Общие чистые выбросы ПГ                                               | 386 (100%) | 383 (100%) | 371 (100%) | 299 (100%) | 135 (100%) |

Источники данных: Общий формат отчетности МГЭИК (CRF) Казахстана от 2020 г. (выбросы ПГ в 1990, 2017 гг.); Мировой Банк (население в 1990 г.); Институт экономических исследований Казахстана (население в 2017-2050 гг.).

В сценарии ЗЭ прогнозируется снижение выбросов от сжигания топлива: до 263 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в 2030 и 2050 годах – снижение на 21% по сравнению с 1990 годом.

В сценарии ГД траектория снижения выбросов ПГ от сжигания топлива будет более крутой, и к 2050 году выбросы ПГ могут сократиться до 73 Мт CO<sub>2</sub>-экв., что соответствует снижению выбросов на 78% по сравнению с уровнем 1990 года.

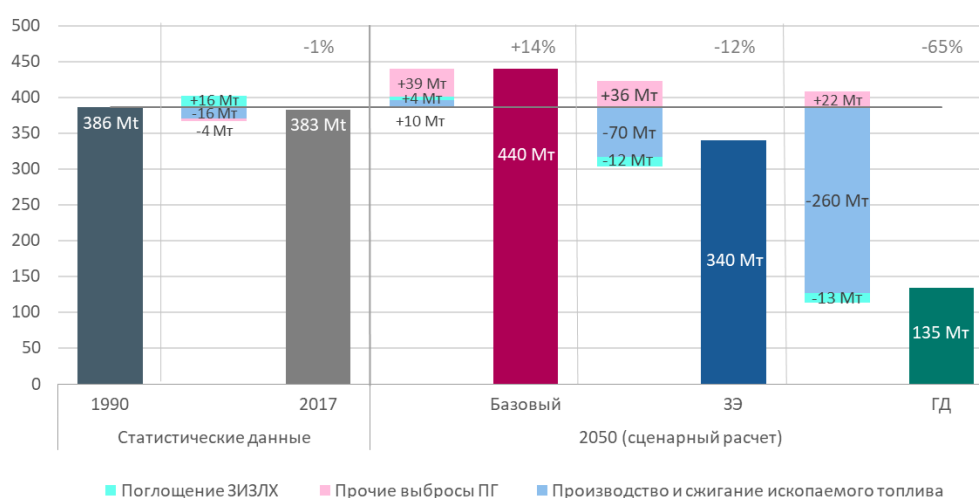
Общий объем выбросов в категории «Прочие выбросы ПГ» увеличится в базовом сценарии и сценарии ЗЭ, в то время как в сценарии ГД рост значительно замедлится. Эта категория включает выбросы от промышленных процессов, сельского хозяйства и управления отходами.

Общие чистые выбросы ПГ относительно 1990 года и в сравнении с обязательствами ОНУВ по сокращению выбросов на 2030 год показаны на рисунке 2. В базовом сценарии общие выбросы ПГ в Казахстане достигнут 114% от уровня 1990 года в 2050 году, пройдя пик в 2035 году на уровне 116% от 1990 года, – массивное отклонение от международных обязательств Казахстана. В сценариях ЗЭ и ГД, напротив, уровень выбросов ПГ снижается уже в краткосрочной перспективе и в 2030 году приближается к безусловному целевому показателю ОНУВ в -15% (ЗЭ) и условному

целевому показателю ОНУВ в -25% (ГД) по сравнению с уровнем 1990 года. К 2050 году выбросы ПГ сокращаются в сценарии ЗЭ до 88% от уровня 1990 года, а в сценарии ГД – даже до 35% от уровня 1990 года.

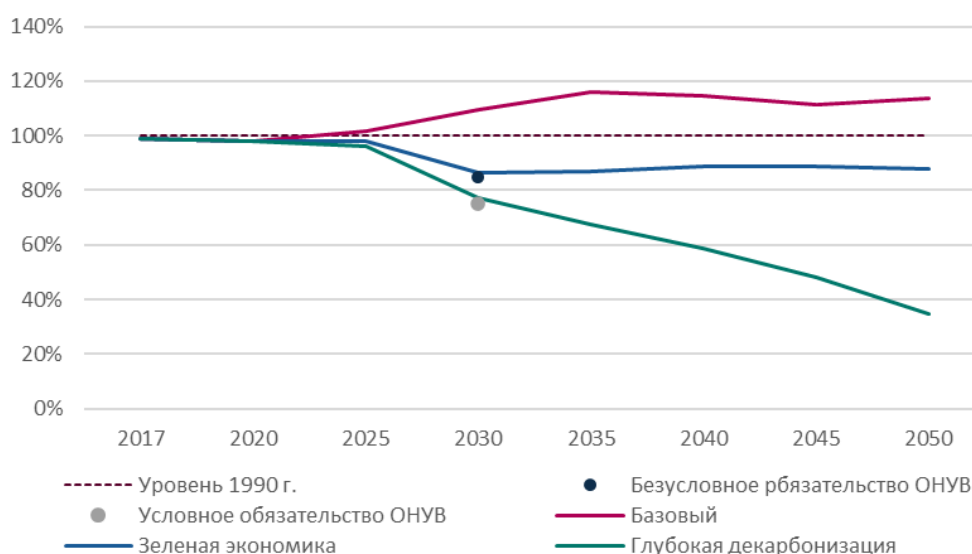
Наибольшее сокращение выбросов ПГ должно быть достигнуто в энергетическом секторе путем снижения объемов сжигаемого ископаемого топлива (рисунок 3). Это требует значительного повышения энергоэффективности в сферах передачи и распределения энергии и конечного спроса, а также перехода на неископаемые виды топлива в первичных поставках энергии. Применение технологий поглощения углерода, таких как улавливание и хранение углерода (УХУ), потребуется в сценарии ГД для усиленной декарбонизации энергетического сектора и промышленных процессов (ПП).

**Рисунок 1. Компоненты снижения выбросов ПГ по сравнению с уровнем 1990 г. в 2017 и 2050 гг., Мт CO<sub>2</sub>-экв.**

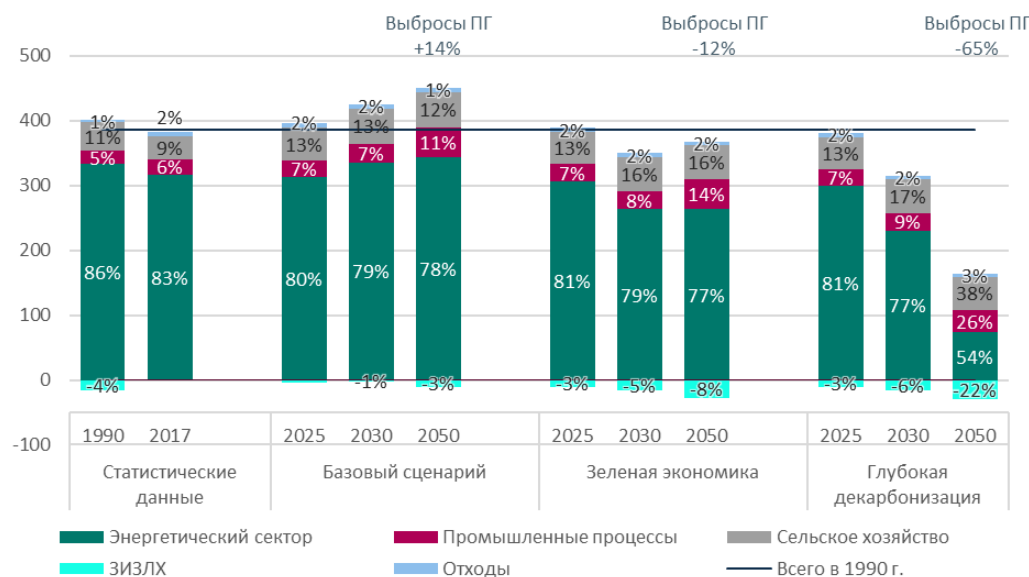


Источник данных: Общий формат отчетности МГЭИК (CRF) Казахстана от 2020 г. (выбросы в 1990, 2017 гг.)

**Рисунок 2. Траектории изменения выбросов ПГ и обязательства 2030 г. по ОНУВ, % от уровня 1990 г.**



**Рисунок 3. Вклад секторов МГЭИК в общее снижение выбросов ПГ исторически и по сценариям, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



В то же время, запланированный рост животноводства компенсирует сокращение выбросов ПГ в других секторах, и поэтому относительная доля сельского хозяйства, составляющая в настоящее время (в 2017 году) 9% от чистых общих выбросов ПГ, увеличивается до 2050 года до 12% (базовый), 26% (ЗЭ) и даже до 38% в сценарии ГД (рисунок 3). В то же время поглощающая способность почвы и растительности, составлявшая 4% от общих выбросов ПГ в 1990 году, увеличивается до 2050 года до 8% (ЗЭ) и 22% (ГД). Значительный рост поглощения углерода достигается за счет категории землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ).

В следующем разделе подробно проанализированы выбросы от сжигания ископаемого топлива, т.е. окисление углерода при сжигании ископаемого топлива (угля, нефти, природного газа). В настоящее время ископаемое топливо сжигается на электростанциях для выработки электроэнергии, на нефтеперерабатывающих заводах и крупных промышленных предприятиях, а также для отопления зданий и для перевозки пассажиров и грузов. РККИ ООН классифицирует любые выбросы от сжигания топлива как выбросы энергетического сектора. Таким образом, все виды экономической деятельности вносят свой вклад в выбросы энергетического сектора. Следовательно, в следующем разделе будет обсуждаться не только то, как изменятся поставки энергии при различных сценариях, но и то, как преобразования в энергетическом секторе переплетаются с производством вторичной энергии и конечным спросом на энергию в транспорте, зданиях и промышленности.

### 4.3 Энергетический сектор

По классификации РККИ ООН энергетический сектор включает в себя добычу первичной энергии, транспортировку, преобразование во вторичную энергию, передачу и распределение, а также конечный спрос на энергетические услуги в транспорте, зданиях и промышленности.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Первичная энергия извлекается из природных ресурсов, как невозобновляемых, так и возобновляемых. К источникам первичной энергии относятся, например, нефть, уголь, торф, сланцы, природный газ, отходы, ядерная энергия, гидроэнергия, биомасса, энергия ветра, солнца и геотермальная энергия.

Энергетический сектор также учитывает летучие выбросы при добыче, транспортировке и распределении первичной энергии. Таким образом, в настоящее время практически все виды экономической деятельности вносят свой вклад в выбросы в энергетическом секторе.

Переход к низкоуглеродной энергетической системе состоит из трех основных элементов: (1) декарбонизация поставок первичной энергии; (2) декарбонизация производства электрической и тепловой энергии; и (3) декарбонизация и высокоэффективное конечное использование энергии в зданиях, транспорте и промышленности. Фундаментальные изменения, которые должны произойти в энергетическом секторе, можно проиллюстрировать с помощью диаграмм Сэнки. Диаграммы Сэнки – это общее схематическое представление структуры энергетического сектора, хорошо иллюстрирующее различия между существующей и декарбонизированной энергетической системой.

На рисунке 5 текущая структура энергетического сектора показана сверху слева, справа от нее – энергетическая система 2050 года по базовому сценарию (сверху справа), сценарий ЗЭ в 2050 году показан снизу слева, а сценарий ГД в 2050 году – снизу справа. Стрелки изображают основные потоки энергии от первичных поставок до конечного использования, при этом толщина стрелок пропорциональна величине потоков. Для каждой системы слева показаны первичные источники энергии, в середине – процессы преобразования, а справа – конечное потребление энергии. Все конечное потребление энергии распределяется по четырем категориям: здания, транспорт, промышленность и сельское хозяйство. В нынешней структуре энергетического сектора три вида топлива в левой нижней части диаграммы (т.е. первичное энергоснабжение) и толстые стрелки, соединяющие их с вторичным преобразованием энергии и конечным спросом, указывают на сильную зависимость от углеродоемких ископаемых видов топлива.

Диаграммы Сэнки иллюстрируют, что переход к низкоуглеродному развитию в Казахстане потребует глубокой трансформации всего энергетического сектора, от первичного энергоснабжения до конечного потребления. Влияние трех основных элементов декарбонизации – энергоэффективности, низкоуглеродного производства электроэнергии и тепла, а также перехода на электроэнергию и другие низкоуглеродные или безуглеродные виды топлива – хорошо видно при сравнении трех рисунков:

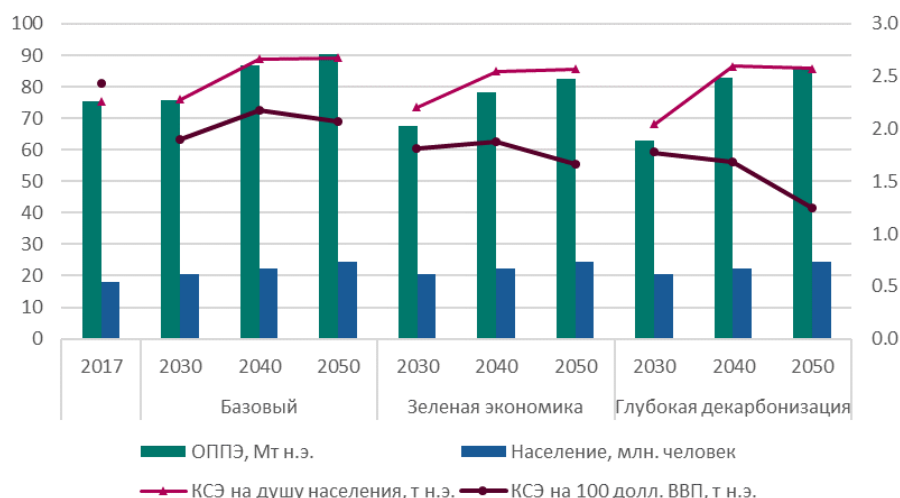
1. В целом, в декарбонизированной системе 2050 года, по сравнению с базовым сценарием, сокращаются как первичные поставки энергии, так и конечное энергопотребление, несмотря на рост спроса на электроэнергию в результате роста ВВП и населения (рисунок 4). Конечный спрос на энергию на душу населения сокращается на 4% в сценариях ЗЭ и ГД, а конечный спрос на энергию на доллар ВВП сокращается более чем на 20% в сценарии ЗЭ и на 40% в сценарии ГД. Более того, энергоемкость экономики значительно снижается по сравнению с текущим уровнем, сокращаясь на 31% в сценарии ЗЭ и на 49% в сценарии ГД.
2. По сравнению с текущей системой, уголь и нефть в основном заменяются природным газом и возобновляемыми источниками энергии, при этом использование угля почти полностью исчезает.
3. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) приобретают особое значение, доля ветра, солнца и биомассы в поставках первичной энергии растет. В сценарии ГД ветроэнергетика является основным источником для производства электроэнергии.

---

Вторичная энергия – это носители энергии, такие как электричество, тепло, бензин, дизельное топливо, водород.



**Рисунок 4. Общие поставки первичной энергии (ОППЭ) и население (левая ось), конечный спрос на энергию на душу населения и на 100 долларов ВВП (КСЭ, правая ось)**



4. Электрификация все больше доминирует в конечном энергопотреблении, вытесняя сжигание ископаемого топлива.

5. Преобразование энергии: например, переработка биомассы (для получения биогаза и биодизеля) и производство водорода и синтетического природного газа (СПГ) – будут приобретать все большее значение в качестве альтернативных видов топлива для конечного потребления, особенно в тех областях, которые трудно электрифицировать (например, при крупных грузоперевозках или при производстве алюминия, цемента и стали).

6. Как газификация, так и улавливание и хранение углерода (УХУ) являются лишь промежуточными технологиями на пути к полностью декарбонизированному будущему и 100% возобновляемой энергетике. Технологии УХУ не только являются затратными и энергоемкими, но и требуют мощностей для хранения уловленного углекислого газа, что в конечном итоге ограничивает масштабы и продолжительность использования УХУ.

Основные элементы энергетической трансформации представлены в таблице 4.

**Таблица 4. Сравнение текущей и декарбонизированной энергетических систем по секторам**

| Сектор            | Текущая система                                  | Глубоко декарбонизированная система         |
|-------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Электроэнергетика | Преобладание угля                                | ВИЭ, природный газ с УХУ                    |
| Транспорт         | Преобладание нефтепродуктов                      | Электроэнергия, водород, СПГ, биотопливо    |
| Здания            | Преобладание угля и газа в отопительных системах | Электрификация, энергоэффективность         |
| Промышленность    | Высокий спрос на ископаемое топливо              | Электрификация, УХУ, эффективность, водород |

Следует отметить, что в настоящей модели использование природного газа и ВИЭ в декарбонизированной системе выявлено как наиболее эффективный вариант сокращения выбросов ПГ с точки зрения затрат и времени. Широкомасштабное внедрение атомной энергетики предполагает значительно более высокие инвестиционные и эксплуатационные

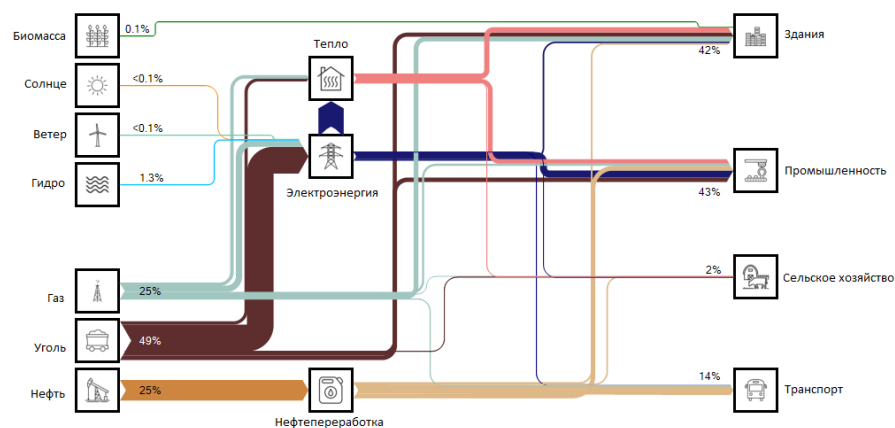


затраты и требует гораздо большего времени для планирования и строительства. Таким образом, в текущих условиях сценария глубокой декарбонизации на атомную энергетику отводится лишь небольшая доля электрогенерации. Более того, Казахстану будет необходимо инвестировать значительные средства в развитие и эксплуатацию полного цикла атомной энергетики, т.е. в обогащение ядерного топлива, производство топлива, обработку и хранение ядерных отходов.

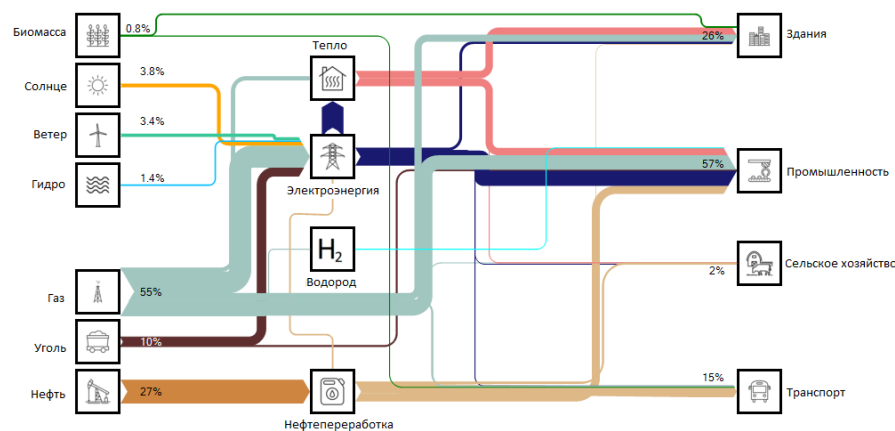
Описанная энергетическая трансформация подробно обсуждается в следующих подразделах. Вначале будет представлен краткий обзор текущего состояния энергетического сектора Казахстана и путей его декарбонизации, а затем подробно рассмотрены пути развития для трех групп энергетических потоков (поставки первичной энергии, преобразование энергии и конечное использование).

Рисунок 5. Диаграммы Сэнки для Казахстана в 2017 году и сценарные расчеты для 2050 года

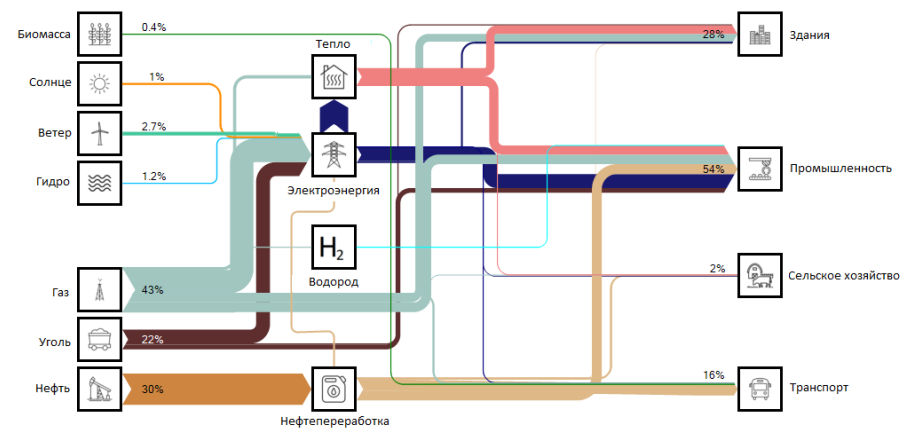
### 2017 Текущая ситуация



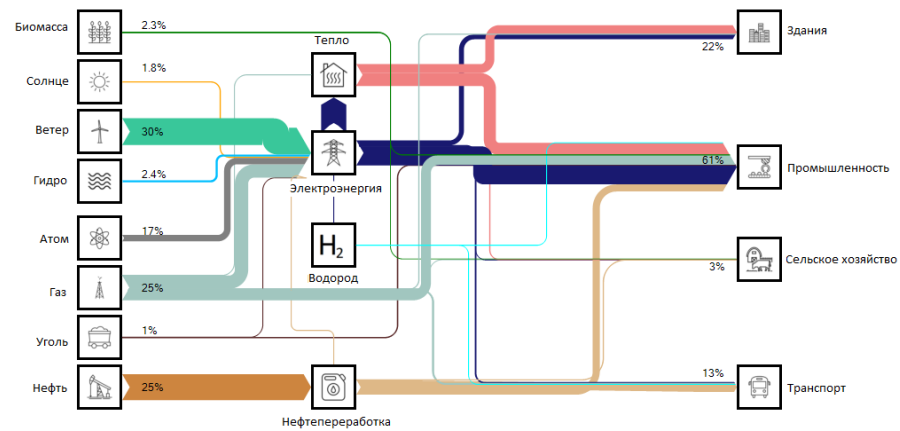
### 2050 Зеленая экономика



### 2050 Базовый сценарий



### 2050 Глубокая декарбонизация



#### 4.3.1 Задача декарбонизации

Энергетический сектор является крупнейшим источником выбросов ПГ в Казахстане. В настоящее время около 80% всех годовых выбросов ПГ в Казахстане приходится на энергетический сектор, из них 32% – на производство тепловой и электрической энергии.<sup>37</sup> Хотя в 2017 году выбросы ПГ в секторе были на 6% ниже уровня 1990 года, объем выбросов неуклонно растет с 2001 года, в среднем на 5% в год.

Высокий уровень выбросов ПГ в энергетическом секторе обусловлен широким использованием ископаемого топлива, на долю которого в 2017 году приходилось 98,6% от общего объема первичной энергии, тогда как доля альтернативных источников энергии составляла всего 1,4% (таблица 5). Со стороны конечного спроса прямое сжигание ископаемого топлива охватывает 69% конечного использования энергии, остальная часть приходится на электроэнергию и тепло, вырабатываемые из ископаемого топлива (в основном угля).

**Таблица 5. Структура общих поставок первичной энергии и конечного спроса на энергию в 1990 и 2017 гг.**

|                       | Общие поставки<br>первичной энергии |      | Конечный спрос на<br>энергию |      |
|-----------------------|-------------------------------------|------|------------------------------|------|
|                       | 1990                                | 2017 | 1990                         | 2017 |
| Уголь                 | 55%                                 | 49%  | 26%                          | 24%  |
| Нефть и нефтепродукты | 29%                                 | 25%  | 26%                          | 31%  |
| Природный газ         | 15%                                 | 24%  | 13%                          | 14%  |
| Биомасса              | 0,8%                                | 1,4% | 0,2%                         | 0%   |
| Электричество         | -                                   | -    | 14%                          | 16%  |
| Тепло                 | -                                   | -    | 21%                          | 15%  |

Источники данных: (ADB, 2009), Бюро национальной статистики

В настоящее время уголь является основным источником энергии в Казахстане, при этом он имеет наибольший углеродный след. В 1990 году на долю угля приходилось 65% выбросов ПГ в энергетическом секторе, а в 2017 году – по-прежнему 59%, несмотря на его меньшую долю в поставках энергии или спросе на энергию.<sup>38</sup> Переход с энергетического угля на природный газ значительно сократит выбросы парниковых газов в энергетическом секторе. Поскольку природный газ является более чистым топливом с более высоким содержанием энергии, при его сжигании происходит меньше выбросов почти всех видов загрязнителей воздуха и образуется вдвое меньше углекислого газа, чем при сжигании угля для получения того же количества энергии. Хотя в настоящее время ведутся проекты газификации с целью замены энергетического угля более экологичным природным газом, трансформация идет весьма медленно.

Высокая энергоемкость других секторов экономики усугубляет проблемы декарбонизации энергетического сектора. Хотя предпринимаются усилия по повышению энергоэффективности экономики Казахстана, как это предусмотрено Концепцией перехода Республики Казахстан к «зеленой экономике», использование энергии в различных секторах все еще остается интенсивным и чрезмерным и составляет почти треть всех выбросов в энергетическом секторе. Повышение энергоэффективности и отказ от ископаемых видов топлива остается важной задачей для экономики Казахстана.

<sup>37</sup> Источник: (МЭГПР РК, 2021)

<sup>38</sup> Источник: (МЭГПР РК, 2021)

Наконец, хотя летучие выбросы в энергетическом секторе сокращались в последние годы, они по-прежнему составляли около 9% выбросов ПГ энергетического сектора в 2018 году.<sup>39</sup> Летучие выбросы возникают как при первичной добыче энергии (например, попутный газ при добыче нефти и метан угольных пластов, выделяющийся при добыче угля), так и при распределении (например, утечки из трубопроводов).<sup>40</sup> Это означает, что необходимы дальнейшие усилия по сокращению летучих выбросов. В целом, декарбонизация энергетического сектора потребует крупных инвестиций, чтобы стимулировать значительные изменения в поведении конечных потребителей энергии.

#### 4.3.2 Пути декарбонизации энергетического сектора

Сценарный анализ и разработка путей декарбонизации в энергетическом секторе были произведены с использованием обновленной версии модели TIMES-KAZ от 2021 года. Модель TIMES ищет технологически осуществимый, но наименее затратный путь к заданной цели, в данном случае к определенному уровню сокращения выбросов ПГ. Предпосылки модели представляют собой ограничения с учетом специфики Казахстана, в пределах которых модель может выбирать оптимальные технологии и степень их использования. Поэтому большинство предпосылок выражаются в виде нижних или верхних пределов использования определенных технологий либо технологических решений, которые модели разрешено использовать.<sup>41</sup> Модель TIMES-KAZ имеет широкий набор предпосылок, и соответствующие ограничения и цели на 2050 год представлены в таблице 6.

В базовом сценарии модель не ограничена в отношении уровня выбросов ПГ, поэтому до 2030 года прогнозируется рост выбросов в энергетическом секторе. Между 2030 и 2050 годами рост выбросов ПГ значительно замедляется из-за замедления экономического роста, сокращения производства ископаемого топлива (после достижения пика добычи нефти), повышения энергоэффективности за счет обновления основных фондов и более широкого использования возобновляемых источников энергии. В базовом сценарии общие выбросы ПГ в энергетическом секторе могут достичь 100% от уровня 1990 года в 2030 году и 103% в 2050 году. Это соответствует 16,4 и 14,1 т CO<sub>2</sub>-экв. выбросов ПГ на душу населения соответственно (см. таблицу 3).

В сценариях ЗЭ и ГД выбросы ПГ от энергетического сектора были строго ограничены в соответствии со схемой и предпосылками сценариев. В сценарии ЗЭ выбросы ПГ должны быть на 21% ниже уровня 1990 года в 2030 и 2050 годах для достижения безусловной цели ОНУВ по сокращению выбросов ПГ на 15% в масштабах всей экономики. Более значительное снижение выбросов в энергетическом секторе необходимо, чтобы компенсировать рост выбросов ПГ в других секторах, особенно в сельском хозяйстве. В сценарии ГД выбросы ПГ были установлены

<sup>39</sup> Измерения летучих выбросов, как правило, характеризуются высоким уровнем неопределенности.

<sup>40</sup> После строительства и обустройства трубопровода геологические риски, коррозия и прочие повреждения создают совокупный внутренний и экологический риск для целостности трубопровода. Обнаружение утечек из трубопроводов требует их постоянного картирования и применения современных программ обнаружения и устранения утечек (LiDAR).

<sup>41</sup> Это означает, что на оптимальной траектории некоторые показатели не будут равны установленным пределам. Например, в сценариях ЗЭ и ГД установлен верхний предел для объема атомной энергетики. Однако атомная энергетика – это дорогая технология, и, если доступны менее дорогие источники с нулевым уровнем выбросов (например, возобновляемые источники энергии), будут выбраны последние, и оптимальная траектория может вообще не включать производство атомной энергии. Аналогично, существует нижний предел для доли ВИЭ в производстве электроэнергии, но их фактическая доля может превышать этот предел, если это приведет к росту технической и экономической эффективности.

на 31% ниже уровня 1990 года в 2030 году и на 78% ниже в 2050 году, соответственно. Последний показатель соответствует сокращению выбросов до 3 т CO<sub>2</sub>-экв. на душу населения.

**Целевой показатель сценария ГД по сокращению выбросов ПГ на 78% к 2050 году был получен с учетом доступных технологических решений, описанных в модели TIMES-KAZ, имеющейся в настоящее время информации о соответствующих инвестиционных затратах, а также ограничения предельных затрат на снижение выбросов не выше 1500 долл. США за т CO<sub>2</sub>-экв.**

**Таблица 6. Предпосылки и цели модели TIMES-KAZ для 2050 года по сценариям**

| Политические меры / технологии                                                                              | Базовый | ЗЭ    | ГД    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|
| <b>Энергетика</b>                                                                                           |         |       |       |
| Выбросы ПГ, снижение по отношению к уровню 1990 г. (целевая функция модели)                                 | -       | 21%   | 78%   |
| Первичная энергоемкость ВВП, сокращение от уровня 2008 г., не менее, %                                      | -       | 50%   | 50%   |
| Доля ВИЭ в общих поставках первичной энергии (ОППЭ), не менее, %                                            | -       | 10%   | 30%   |
| Доля ВИЭ в производстве электроэнергии, не менее, %                                                         | 10%     | 30%   | 30%   |
| Доля газовых электростанций в производстве электроэнергии, не менее, %                                      | 25%     | 5%    | 5%    |
| Доля газовых электростанций в производстве электроэнергии, не более, %                                      | 50%     | 50%   | 50%   |
| Использование угольного метана для производства электроэнергии                                              | нет     | да    | да    |
| Установленная мощность атомных электростанций, не более, ГВт                                                | -       | 2,6   | 2,6   |
| Установленная мощность ветровых электростанций, не менее, ГВт                                               | 1,82    | 4,6   | 4,6   |
| Установленная мощность солнечных электростанций, не менее, ГВт                                              | 1,7     | 1,7   | 1,7   |
| Потери электроэнергии в сетях, %                                                                            | 14,9%   | 14,9% | 14,9% |
| Снижение потерь в теплосетях                                                                                | нет     | да    | да    |
| <b>Здания</b>                                                                                               |         |       |       |
| Использование эффективного уличного освещения, не менее, %                                                  | 30%     | 30%   | 30%   |
| Доля жилых зданий с классом энергоэффективности не ниже С (новые и модернизированные здания), не менее, %   | 65%     | 80%   | 80%   |
| Доля жилых зданий с классом энергоэффективности не ниже С (новые и модернизированные здания), не более, %   | 90%     | 90%   | 90%   |
| Доля нежилых зданий с классом энергоэффективности не ниже С (новые и модернизированные здания), не более, % | 84%     | 84%   | 84%   |
| Дополнительные стимулы по установке тепловых насосов и солнечных коллекторов в секторе зданий               | нет     | да    | да    |
| Дополнительные стимулы по замене угольных печей на газовые в домохозяйствах                                 | нет     | да    | да    |
| <b>Транспорт</b>                                                                                            |         |       |       |
| Использование природного газа в качестве моторного топлива, не менее, млрд. куб. м в год                    | 1       | 1     | 1     |
| Электрификация железнодорожного транспорта                                                                  | да      | да    | да    |
| Доля новых автомобилей при первой регистрации (против подержанных), не менее, %                             | 35%     | 50%   | 60%   |
| Доля частных электромобилей и автомобилей на водороде, не более, %                                          | 25%     | 50%   | 75%   |

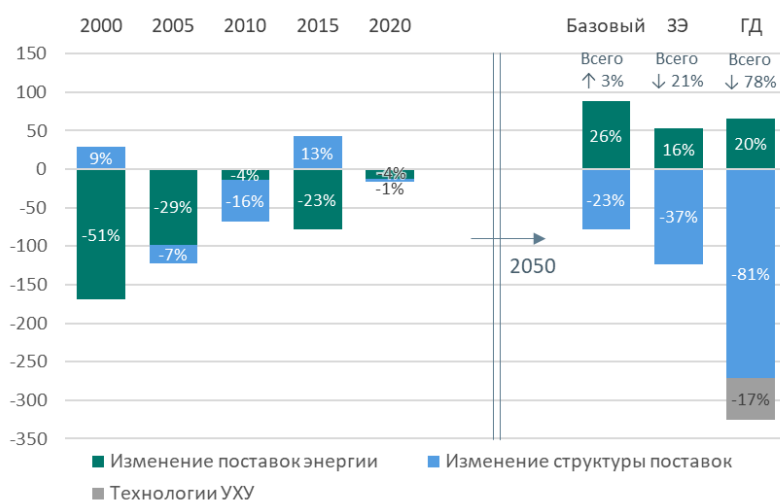
Установленные ограничения для сценариев ЗЭ и ГД в модели TIMES приводят к глубокой трансформации энергетического сектора. Объем и структура поставок первичной энергии и конечного спроса на энергию значительно меняются как с течением времени, так и между сценариями (см. разделы 4.3.3 и 4.3.5)

Наибольшее сокращение выбросов в энергетическом секторе достигается за счет изменения энергетического баланса и сдвига в сторону более устойчивых источников энергии, т.е. перехода к использованию электричества и тепла вместо прямого сжигания ископаемого топлива, а также

повышенного использования природного газа и ВИЭ. Это позволит снизить выбросы ПГ на 23% в базовом сценарии, 37% в сценарии ЗЭ и 81% в сценарии ГД (рисунок 6).

Улавливание и хранение углерода (УХУ) имеет важное значение для декарбонизации сжигания природного газа, позволяя дополнительно сократить выбросы ПГ на 17% в сценарии ГД. Использование технологий УХУ будет иметь важное значение для декарбонизации электро- и теплоэнергетики, а также промышленных процессов.

**Рисунок 6. Декомпозиция общего снижения выбросов от сжигания топлива по сравнению с 1990 г. (1990 = 0) на изменение объема поставок энергии, изменение структуры поставок и поглощение углерода, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



Крупнейший эмитент в энергетическом секторе – производство электроэнергии и тепла – имеет и наибольший потенциал для сокращения выбросов (таблица 7). В сценарии ГД чистые выбросы ПГ от производства электроэнергии и тепла сократятся с нынешних 157 Мт CO<sub>2</sub>-экв. до всего лишь 12,5 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в 2050 году, что на 92% ниже текущего уровня и на 91% ниже, чем в базовом сценарии. Это достигается за счет изменения топливной структуры сектора и использования технологий УХУ, улавливающих до 68 Мт CO<sub>2</sub>-экв. (более подробно см. раздел 4.3.4).

**Таблица 7. Выбросы ПГ от сжигания топлива по секторам, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**

|                                    | 2017         | Базовый      |              |              |  | Зеленая экономика |              |              | Глубокая декарбонизация |              |             |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------|
|                                    |              | 2030         | 2040         | 2050         |  | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                    | 2040         | 2050        |
| Производство тепла и электричества | 156,9        | 164,7        | 157,7        | 142,0        |  | 122,0             | 116,0        | 112,6        | 105,9                   | 42,1         | 12,5        |
| Валовые выбросы                    | 156,9        | 164,7        | 157,7        | 142,0        |  | 122,0             | 116,0        | 112,6        | 105,9                   | 110,4        | 37,6        |
| Технологии УХУ                     | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          |  | 0,0               | 0,0          | 0,0          | 0,0                     | -68,3        | -25,1       |
| Сельское хозяйство                 | 2,4          | 3,2          | 3,6          | 4,0          |  | 3,0               | 3,4          | 4,0          | 2,6                     | 2,6          | 1,2         |
| Промышленность                     | 31,1         | 39,6         | 50,8         | 64,3         |  | 29,9              | 36,6         | 43,3         | 32,3                    | 33,1         | 20,9        |
| Валовые выбросы                    | 31,1         | 39,6         | 50,8         | 64,3         |  | 29,9              | 36,6         | 43,3         | 32,3                    | 42,1         | 30,4        |
| Технологии УХУ                     | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          |  | 0,0               | 0,0          | 0,0          | 0,0                     | -9,0         | -9,5        |
| Здания                             | 28,6         | 22,6         | 20,6         | 21,5         |  | 20,7              | 16,5         | 14,0         | 11,1                    | 11,7         | 0,9         |
| Транспорт                          | 23,8         | 26,4         | 29,5         | 31,2         |  | 26,0              | 29,2         | 27,8         | 24,2                    | 26,7         | 20,7        |
| Другое                             | 74,1         | 78,3         | 80,0         | 80,3         |  | 61,6              | 61,6         | 61,6         | 53,8                    | 35,5         | 17,1        |
| <b>Всего</b>                       | <b>316,9</b> | <b>334,7</b> | <b>342,1</b> | <b>343,3</b> |  | <b>263,3</b>      | <b>263,3</b> | <b>263,3</b> | <b>229,9</b>            | <b>151,6</b> | <b>73,3</b> |

Выбросы ПГ от сжигания топлива в промышленности будут расти в базовом сценарии. В сценарии ГД, напротив, возможности по декарбонизации промышленного производства будут

активно использоваться, и выбросы ПГ от сжигания топлива в промышленности сократятся с нынешних 31 Мт CO<sub>2</sub>-экв. до 20,9 Мт CO<sub>2</sub>-экв. (-33%) к 2050 году. В сценарии ГД в промышленности также внедряются технологии УХУ, позволяющие уловить еще 9,5 Мт CO<sub>2</sub>-экв.

В следующих трех подразделах будет более подробно проанализирована декарбонизация по трем группам энергетических потоков в энергосистеме: производство энергии (поставки первичной энергии), преобразование (производство электроэнергии и тепла) и конечное использование.

#### 4.3.3 Поставки первичной энергии

##### *Задача декарбонизации*

В настоящее время первичная энергия в Казахстане поставляется в основном за счет добычи угля, сырой нефти и природного газа. На эти три вида экономической деятельности приходится 12,5% добавленной стоимости и 2,4% занятости (см. таблицу 8).<sup>42</sup> Однако 79% сырой нефти и 89% природного газа, добываемых в Казахстане, экспортируются. В результате, уголь, сырая нефть и природный газ составляют 11% от общего спроса в экономике (включая экспорт), но только 1,8% от внутреннего спроса (промежуточное использование для производства продукции в других секторах и конечное потребление внутри Казахстана).

Кроме того, поскольку выбросы ПГ приходятся на сектора, где сжигается топливо, а экспортируемое ископаемое топливо сжигается за пределами Казахстана, оно не является частью национального кадастра выбросов ПГ. В то же время, выбросы от топлива, сжигаемого для преобразования энергии и конечного спроса, попадают в соответствующие сектора. Таким образом, выбросы ПГ от производства первичной энергии составляют 10% всех выбросов ПГ, из них 7,2% являются летучими выбросами, причем 5,9% покрываются одними только летучими выбросами от добычи угля (22,4 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в 2017 году).

**Таблица 8. Характеристики экономической деятельности, связанной с поставками первичной энергии**

|                                                                    | 2017  |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| Выпуск, млрд. долл. США                                            | 32,62 |
| Добавленная стоимость в добыче угля, нефти и газа, млрд. долл. США | 18,53 |
| Доля в общей добавленной стоимости, %                              | 12,5% |
| Доля в общей занятости (горнодобыча всего), %                      | 3,3%  |
| Доля во внутреннем спросе, %                                       | 1,8%  |
| Доля в выбросах от сжигания топлива (исключая летучие выбросы), %  | 3,9%  |
| Доля в общих выбросах ПГ (включая летучие выбросы), %              | 10,0% |
| Летучие выбросы                                                    | 7,2%  |
| - из них летучие выбросы от добычи угля, %                         | 5,9%  |

Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

В целом, на уголь приходится наибольшая доля выбросов ПГ в поставках первичной энергии из-за высвобождения метана из угольных пластов при добыче угля и выбросов ПГ при его сжигании. Поэтому отказ от угля будет самым необходимым и решающим элементом для любых усилий по декарбонизации экономики в Казахстане.

<sup>42</sup> Для занятости данные имеются только по горнодобывающей промышленности, т.е. включая добычу руды и минералов. При этом на уголь, нефть и газ приходится 75% добавленной стоимости в секторе.



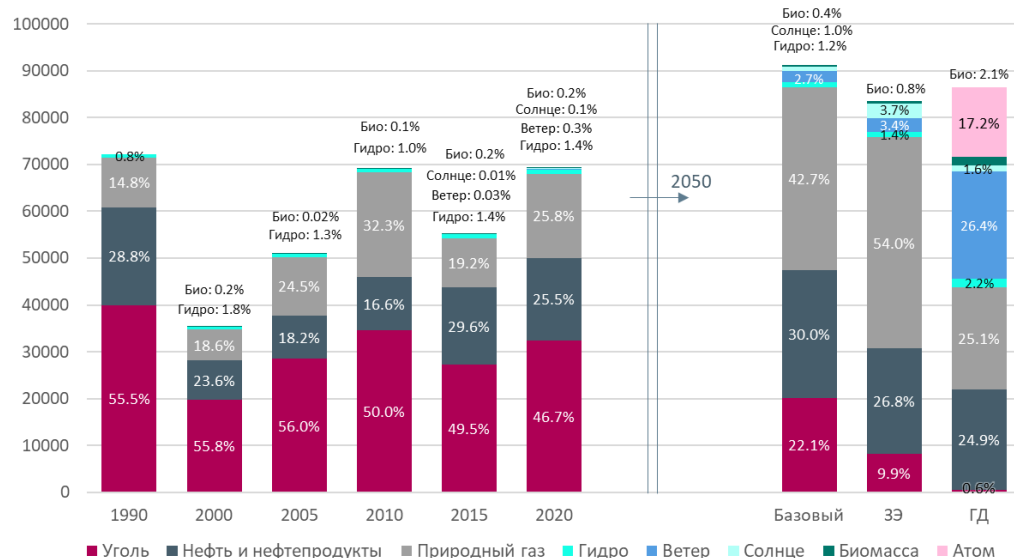
### Декарбонизация поставок энергии

Повышение энергоэффективности и переход на низкоуглеродные технологии в секторе электро- и теплоэнергетики и в конечном энергопотреблении вызовут значительные изменения в поставках первичной энергии.

Общий объем поставок первичной энергии значительно возрастет к 2050 году по сравнению с уровнем 1990 года в базовом сценарии и в меньшей степени в сценариях ЗЭ и ГД (рисунок 7 / таблица 9). По сравнению с базовым сценарием, с которым соотносятся прочие варианты будущего развития, общие поставки первичной энергии в 2050 году снизятся на 9% в сценарии ЗЭ и на 4% в сценарии ГД.

В то время как в базовом сценарии уголь даже в 2050 году продолжает сохранять значительную, хотя и меньшую, долю в поставках первичной энергии, в сценариях ЗЭ и ГД он практически полностью исчезает из энергетического баланса (рисунок 7 / таблица 9, см. также рисунок 38 в Приложении).

**Рисунок 7. Изменение общих поставок первичной энергии (ОППЭ) по видам топлива, тыс. т н.э.**



**Таблица 9. Общие поставки первичной энергии (ОППЭ) по видам топлива, тыс. т н.э.**

|                                         | Базовый      |              |              |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая декарбонизация |              |              |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                                         | 2017         | 2030         | 2040         | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                    | 2040         | 2050         |
| Уголь                                   | 37976        | 30619        | 23606        | 20145        | 19367             | 11440        | 8258         | 15552                   | 8516         | 513          |
| Нефть и нефтепродукты                   | 19190        | 19050        | 24025        | 27328        | 18984             | 22441        | 22396        | 18727                   | 22983        | 21505        |
| Природный газ                           | 16751        | 24638        | 35677        | 38961        | 25888             | 38704        | 45144        | 24104                   | 41546        | 21718        |
| ВИЭ                                     | 1049         | 1965         | 4194         | 4771         | 3741              | 5545         | 7802         | 4405                    | 9848         | 27816        |
| Атом                                    | 0            | 0            | 0            | 0            | 0                 | 0            | 0            | 0                       | 0            | 14836        |
| Экспорт (+) / импорт (-) электроэнергии | -381         | -682         | -777         | -853         | -472              | 114          | -978         | 114                     | 114          | 114          |
| <b>Total</b>                            | <b>74585</b> | <b>75590</b> | <b>86726</b> | <b>90353</b> | <b>67508</b>      | <b>78245</b> | <b>82622</b> | <b>62903</b>            | <b>83007</b> | <b>86502</b> |

Учитывая, что 90% текущего производства угля в Казахстане (в физическом объеме) приходится на энергетический уголь, отказ от добычи энергетического угля и связанных с ней летучих выбросов может снизить выбросы от добычи примерно на 80% (20 Мт CO<sub>2</sub>-экв.) в 2050 году в сценарии ГД. Если вычесть выбросы, предотвращенные за счет прекращения сжигания угля (см. также разделы 4.3.4 и 4.3.5), влияние на общие выбросы будет значительным.

Уголь будет заменен природным газом и возобновляемыми источниками энергии. В базовом сценарии и сценарии ЗЭ природный газ станет доминирующим источником энергии к 2050 году, покрывая около половины общего объема поставок первичной энергии. В сценарии ГД он будет покрывать примерно четверть общего объема поставок первичной энергии, что соизмеримо с долей ветроэнергетики. Общая доля ВИЭ вырастет с 2% в 2020 году до 5% в 2050 году в базовом сценарии, 10% в сценарии ЗЭ и 32% в сценарии ГД. Этот рост обусловлен в первую очередь массивным расширением использования ветровой электрогенерации, а также ростом доли гидроэнергетики и солнечной энергии.

Эти изменения в энергобалансе также отражены в использовании первичной энергии для производства электричества и тепла и прямом сжигании топлива в промышленности, транспорте и зданиях. После более подробного рассмотрения последствий и преимуществ отказа от угля в следующем подразделе, в разделе 4.3.4 будут представлены преобразования в секторе производства электро- и теплоэнергетики.

#### *Детальный анализ: Выход из угля*

В настоящее время Казахстан входит в число крупнейших в мире производителей угля, с доказанными запасами в размере 34,2 млрд. тонн (4% мировых запасов). Около двух третей запасов угля приходится на бурый уголь, остальные – на каменный.<sup>43</sup> Коксующийся уголь, составляющий в настоящее время 10% от общего объема производства, добывается в Карагандинском бассейне в Центральном Казахстане. При нынешнем уровне производства текущие запасы могут поддерживать добычу угля до 300 лет.<sup>44</sup>

Непосредственная доля угольного сектора в занятости в стране довольно мала – 0,5%, равно как и доля в общей добавленной стоимости (таблица 10). Около четверти добываемого угля экспортируется в соседние страны. Экспорт энергетического каменного угля для российских тепловых электростанций составляет более 75% всего экспорта угля.

**Таблица 10. Характеристики сектора угледобычи в Казахстане**

|                                        | 2017  |
|----------------------------------------|-------|
| Выпуск, млрд. долл. США                | 1,49  |
| Добавленная стоимость, млрд. долл. США | 0,79  |
| Доля в общей добавленной стоимости, %  | 0,5%  |
| Доля в общей занятости, %              | 0,5%  |
| Доля экспорта в выпуске сектора, %     | 26%   |
| Физический объем производства, Мт      | 111,1 |
| Доля каменного угля, %                 | 84%   |
| Доля коксующегося угля, %              | 10%   |

*Источник данных: Бюро национальной статистики*

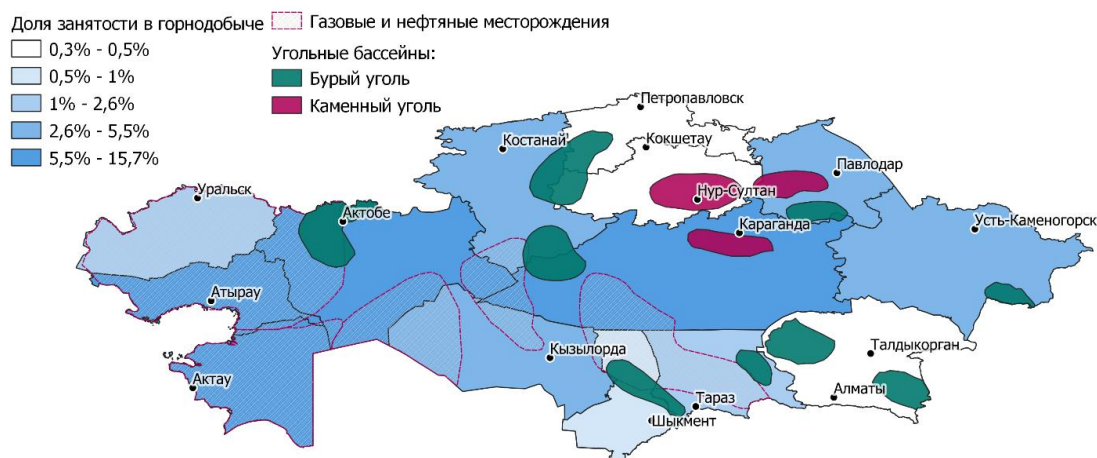
Основные запасы угля сосредоточены в нескольких бассейнах, расположенных вдали от запасов газа и нефти. Основные месторождения находятся вокруг Караганды и Нур-Султана (рисунок 8). В некоторых регионах и городах местная экономика сосредоточена вокруг добычи и сжигания угля для производства электроэнергии и в промышленности. Это формирует мнение, что прекращение добычи и использования угля практически невозможно. Однако проекты

<sup>43</sup> Источник: (Калмыков & Маликова, 2017)

<sup>44</sup> Следует отметить, что возобновляемые источники энергии, такие как энергия ветра и солнца, не имеют временных ограничений и будут доступны в Казахстане и по истечении 300 лет.

газификации, например, в Алматинской области, показывают, что в Казахстане доступны другие виды топлива. Отказ от угля будет амбициозной, но достижимой и необходимой задачей.

**Рисунок 8. Угольные бассейны в Казахстане**



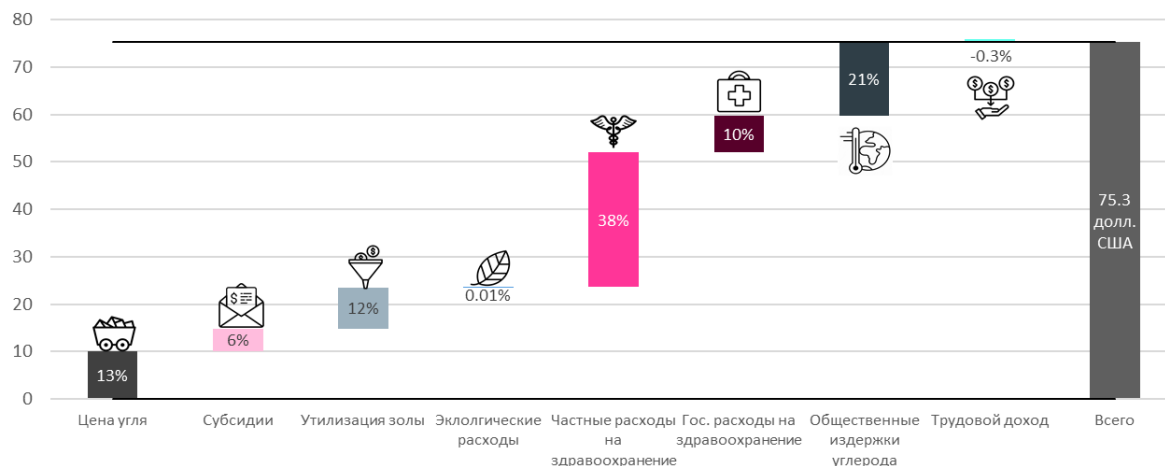
Источник данных: Бюро национальной статистики; Базовая карта: GADM

Текущие издержки добычи и сжигания угля уже превышают доходы, получаемые сектором. На рисунке 9 показаны компоненты общественных издержек угля, которые включают расходы и упущенные доходы в результате загрязнения от угля, по результатам оценки моделью SD-KAZ. В отличие от других видов топлива, при сжигании твердого топлива, как уголь, выделяются не только различные загрязняющие газы, но и вредные частицы и пыль. Более того, утилизация золы после сжигания добавляет статью расходов, которых можно избежать, используя другие виды топлива. Учет этих дополнительных расходов, а также расходов, которые несет население и государство (субсидии, затраты на здравоохранение), увеличивает стоимость угля в несколько раз (о субсидиях см. также вставку 4-1). Хотя само производство угля также приносит некоторый трудовой доход (отмечен отрицательным знаком, т.е. как выгода на рисунке 9), косвенные затраты вне угольного сектора вместе взятые достигают более 50 долларов США на тонну угля, в то время как прибыль угольного сектора составляет всего 6,8 доллара США на тонну угля. Более того, этот уже отрицательный баланс угля не включает ущерб климату от выбросов ПГ, связанных с добычей и сжиганием угля, который может достигать 15,9 доллара США на тонну угля.<sup>45</sup>

При уровне производства 2017 года косвенные издержки угля составят 5,6 млрд. долларов США, что в семь раз превышает 790 млн. долларов США добавленной стоимости во всем секторе (см. таблицу 10).

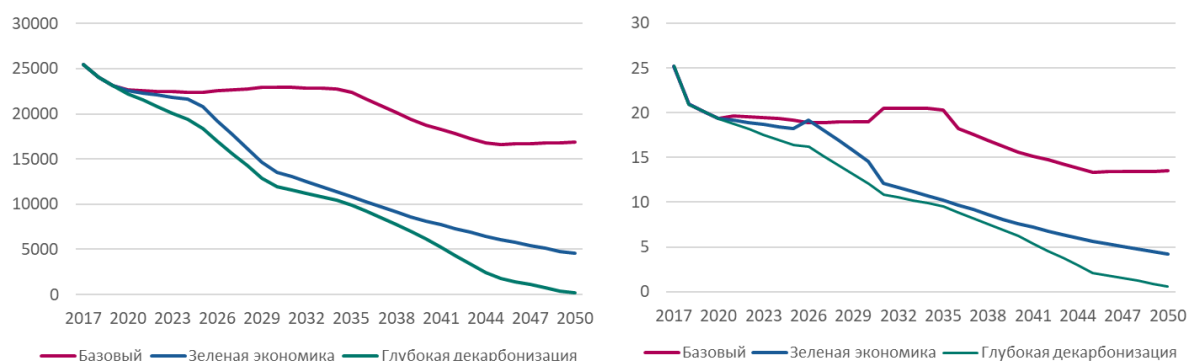
Хотя постепенный отказ от угля будет происходить за счет региональных экономик, вызывая существенные структурные изменения, выгоды от снижения загрязнения и уменьшения климатических последствий будут значительными и более равномерно распределены по Казахстану, так как, например, снижение затрат на здравоохранение, связанных с загрязнением, будет полезно для всех. В то же время следует отметить, что большая часть выгод, связанных с качеством жизни (например, чистый воздух и улучшение здоровья), будет получена непосредственно в трансформирующихся регионах.

<sup>45</sup> Ущерб от сжигания угля оценивается как *общественные издержки углерода*. Общественные издержки углерода напрямую связаны с выбросами ПГ и оценивают экономическую стоимость последствий, вызванных дополнительными выбросами ПГ в течение срока жизни соответствующих газов, включая «нерыночное» воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

**Рисунок 9. Общие общественные издержки производства угля в 2017 году, долл. США на тонну добытого угля**


Производство энергетического угля будет снижаться и в конечном итоге должно исчезнуть. По оценке в наиболее консервативном базовом сценарии прибыль в угольном секторе упадет с 769 млн. долларов США в 2017 году до 691 млн. долларов США в 2050 году. Поэтапный отказ от добычи угля и угольной электрогенерации в альтернативных сценариях приведет к резкому снижению прибыли (см. также таблицы 32 и 33 в Приложении). В сценарии ЗЭ прибыль снизится до 109 млн. долларов США в 2050 году, а в сценарии ГД прибыль будет незначительна и составит 5,6 млн. долларов США в 2050 году.

Так же и занятость в секторе добычи угля сократится на 34% в базовом сценарии, достигнув к 2050 году около 16,9 тыс. рабочих мест по сравнению с нынешними 25,5 тыс. рабочих мест (рисунок 10, слева). В сценариях ЗЭ и ГД ожидается, что к 2050 году в секторе будет сохранено около 4,6 тыс. и чуть более 200 рабочих мест, соответственно. Оставшийся объем угля – около 1 Мт в 2050 году (сценарий ГД), или 1% от объема добычи 2017 года, – будет потребляться промышленностью (в основном, использование коксующегося угля в металлургии) или экспортироваться. Это также отражается в изменении занятости от угольной электрогенерации. С нынешних 9,5 тыс. рабочих мест занятость сократится на 80% до примерно 1,9 тыс. рабочих мест в 2050 году в базовом сценарии и на 87% до 1,2 тыс. рабочих мест в сценарии зеленой экономики. В сценарии глубокой декарбонизации к 2050 году только около 590 рабочих мест будут связаны с угольной энергетикой.

**Рисунок 10. Занятость в угледобыче, чел. (слева) и трудовой доход от угледобычи и угольной электрогенерации, млн. долл. США (справа)**


#### Вставка 4-1

##### Субсидии на ископаемое топливо

Существуют различные определения субсидий. ОЭСР следует определению, установленному в Соглашении по субсидиям и компенсационным мерам (ССКМ) в рамках ВТО. Это определение включает финансовый вклад правительства или любого государственного органа, как, например, прямой или потенциальный прямой перевод средств, недополученные доходы правительства, предоставление товаров и услуг или выплаты механизмам финансирования. Оно также включает любую форму поддержки доходов или цен в смысле статьи XVI ГАТТ 1994 года. Последнее относится к экспорту или импорту товаров и охватывает такие механизмы, как установление внутренних цен, снижение внутренних транспортных расходов, освобождение от налогов и т.д.

Международное энергетическое агентство (МЭА) расширяет определение ценовой поддержки, не ограничиваясь международной торговлей, и методологически использует подход *ценового разрыва* для оценки субсидий на ископаемое топливо. Ценовой разрыв – это величина, на которую средние цены, уплачиваемые конечным потребителем, ниже контрольных цен, соответствующих полной стоимости поставок энергии. Существование ценового разрыва указывает на наличие субсидии. Для Казахстана МЭА оценивает общий размер субсидий на ископаемое топливо в 6,6 млрд долларов США в 2019 году, или 1,8% ВВП. Из них 2,2 млрд долларов США приходится на субсидии на уголь.<sup>46</sup> Это соответствует 18,97 доллара США за тонну добытого угля. Таким образом, оценка в 4,65 доллара США за тонну, представленная в данной главе и основанная на исследовании (OECD, 2014), является консервативной.

Подход на основе ценового разрыва был позднее совмещен с узким определением субсидии от ОЭСР, чтобы создать комплексный набор показателей для мониторинга прогресса в достижении цели 12.с ЦУР, которая заключается в рационализации отличающегося неэффективностью субсидирования использования ископаемого топлива, ведущего к его расточительному потреблению, посредством устранения рыночных диспропорций. Согласно (UNEP, OECD and IISD, 2019), категориями субсидий являются:

- Прямой перевод средств
- Индуцированные трансферты (ценовая поддержка)
- Налоговые расходы, другие недополученные доходы и занижение цен на товары и услуги
- Передача риска

Хотя ОЭСР обозначила это более широкое определение как *поддержку*, чтобы отличить его от узкого определения ВТО, большинство международных организаций используют термин *субсидия*, особенно в контексте субсидий на ископаемое топливо.

Сокращение числа рабочих мест, связанных с добычей и использованием угля, влияет на общий трудовой доход, создаваемый сектором. По прогнозам, в базовом сценарии к 2050 году занятость, связанная с углем, будет продолжать приносить более 13,5 млн. долларов США трудового дохода ежегодного (рисунок 10, справа). В сценариях ЗЭ и ГД доходы, генерируемые угольным сектором, вскоре начнут снижаться повышенными темпами. В среднем, предусмотренное сокращение добычи и использования угля для производства электроэнергии приведет к снижению доходов примерно на 7,9 млн. долларов США в год в течение следующих 30 лет.

<sup>46</sup> Источник: (IEA, 2021)

В то же время, постепенный отказ от угля приносит значительные общественные выгоды благодаря снижению загрязнения воздуха, вызванного добычей и использованием угля. В результате сократится число людей с респираторными заболеваниями и, следовательно, снизятся затраты на лечение таких заболеваний, потери рабочего времени и снижение производительности труда. В зависимости от подхода к моделированию, сценарии декарбонизации оценивают совокупные чистые выгоды для общества в размере от 11 до 83 млрд. долларов США в период с 2021 года по 2050 год, или, в среднем, около 1,8 млрд. долларов США в год (см. также таблицы 32 и 33 в Приложении). Таким образом, даже при самом консервативном расчете, предотвращенные затраты на здравоохранение значительно превышают потери доходов от занятости в угольном секторе.

Кроме того, прогнозируется снижение выбросов ПГ, связанных с углем, и, как следствие, общественных издержек углерода. В базовом сценарии общие общественные издержки углерода, связанные с добычей и сжиганием угля, составят 879 млн. долларов США в 2050 году, в то время как в сценариях ЗЭ и ГД они снизятся до 351 млн. долларов США и 4,7 млн. долларов США в год, соответственно.

В целом, продолжение добычи и сжигания угля значительно снижает общее благосостояние в Казахстане. Более того, общие выгоды отказа от угля намного превышают ресурсы, необходимые для его замены, например, на возобновляемые источники энергии. С учетом недавнего повышения тарифов на электроэнергию, в настоящее время тариф на угольную электрогенерацию составляет в среднем 2,9 цента США за кВт\*ч<sup>47</sup>, и при таком уровне административно установленные тарифы не покрывают полностью капитальные затраты. Следует отметить, что в Казахстане почти вся электроэнергия на угле вырабатывается на электростанциях, построенных десятилетия назад и давно амортизированных, а основные фонды срочно нуждаются в обновлении.

Для сравнения, средние аукционные цены на 2020 год для установок ВИЭ, включающие капитальные затраты, составили соответственно 4,5 цента США за кВт\*ч для новых гидроэлектростанций, 4,8 цента США за кВт\*ч для солнечной энергетики и 5,7 цента США за кВт\*ч для ветроэнергетики. По сравнению с 2018 годом, аукционные цены снизились на 4% для ветряных электростанций и на 34% для солнечных электростанций. Это отражает кардинальные изменения, произошедшие за последнее десятилетие по всему миру. Фундаментальным фактором такого развития является то, что технологии ВИЭ следуют так называемым «кривым обучения», то есть с каждым удвоением совокупной установленной мощности цена падает тоже вдвое. Это отличает ВИЭ от производства электроэнергии из ископаемых источников топлива, которое следует устоявшимся технологиям и больше не имеет кривой обучения.

На первый взгляд, сравнение тарифов на угольную электрогенерацию с аукционными ценами ВИЭ 2020 года означает, что ВИЭ стоят от 55% до 96% дороже, чем «дешевая» угольная электрогенерация.

При уровне производства 2020 года полная замена угольной электрогенерации на ВИЭ увеличила бы общие расходы на электроэнергию в диапазоне от 1,6 до почти 2 млрд. долларов США. Однако из этой суммы необходимо вычесть реальные субсидии 2020 года на производство и использование угля в размере около 0,52 млрд. долларов США. Также следует вычесть 0,85 млрд. долларов США прямых государственных расходов на здравоохранение, связанных с последствиями добычи и использования угля, когда уровень здоровья затронутого населения со

---

<sup>47</sup> На основе данных (Министерство Энергетики РК, 2021)



временем будет улучшаться. Таким образом, отмена субсидий на уголь и перенаправление субсидий на ВИЭ, а также снижение ежегодных государственных расходов на здравоохранение, вызываемых добычей и сжиганием угля, покроют большую часть дополнительных расходов на электроэнергию при полной замене угольной электрогенерации на электрогенерацию исключительно на основе ВИЭ.

Важно отметить, что это сокращение происходит за счет предотвращенных затрат и, следовательно, не несет никаких дополнительных расходов для общества или государства. Более того, оно не учитывает дополнительные выгоды от снижения частных затрат на здравоохранение и общественных издержек углерода. Баланс еще больше сдвигается в пользу ВИЭ, если учесть капитальные затраты на модернизацию существующих и строительство новых угольных электростанций.

Подводя итог, можно сказать, что постепенный отказ от угля принесет значительные чистые выгоды экономике Казахстана и обществу в целом. Комплексные технологические и инфраструктурные изменения в энергетической системе повлекут за собой значительные последствия для занятости работников в угольном секторе и для местной экономики. Социальные последствия необходимо сглаживать в рамках справедливого перехода, сочетая элементы целевых социальных выплат затронутым домохозяйствам, переобучения и повышения квалификации выбывающей рабочей силы, трансфертов в местные бюджеты, компенсирующих потери доходов, а также специальных программ и стимулов для создания новых рабочих мест, не связанных с ископаемым топливом.

#### 4.3.4 Преобразование энергии: Производство тепла и электричества

Снабжение электрической и тепловой энергией является важнейшей частью энергетической системы и, во многих секторах, основой экономической деятельности. В то же время, сектор электро- и теплоснабжения в Казахстане характеризуется относительно низкой эффективностью и высокими выбросами ПГ. Потенциал для снижения выбросов ПГ огромен. Даже в базовом сценарии ожидается, что модернизация оборудования и умеренные изменения в структуре производства позволят сократить выбросы ПГ от сжигания топлива на электростанциях и теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), хотя и незначительно – на 12% по сравнению с уровнем 1990 года. Сценарий ГД предполагает далеко идущие преобразования в производстве электрической и тепловой энергии, которые приблизят сектор к чистой углеродной нейтральности к 2050 году, с сокращением чистых выбросов ПГ на 97% по сравнению с 1990 годом. Такое масштабное сокращение будет возможно благодаря:

- Постепенному отказу от угольной генерации по мере истечения срока службы угольных электростанций;
- Увеличению доли возобновляемых источников энергии, в долгосрочной перспективе поддерживаемому расширением систем сохранения электроэнергии;
- После 2035 года активному внедрению технологий улавливания и хранения углерода на оставшихся электростанциях, сжигающих ископаемое топливо.

#### *Задача декарбонизации*

Сектор производства тепловой и электрической энергии относительно невелик с экономической точки зрения, на него приходится чуть менее 2% от общей добавленной стоимости и занятости в Казахстане. Однако он жизненно важен для нормального функционирования казахстанской экономики и общества. Более того, его влияние на выбросы парниковых газов огромно: только



на производство электроэнергии и тепла приходится около трети всех выбросов парниковых газов в энергетическом секторе и более четверти всех выбросов парниковых газов в стране.

**Таблица 11. Характеристики сектора производства электричества и тепла**

|                                            | 2017 |
|--------------------------------------------|------|
| Выпуск, млрд. долл. США                    | 5,51 |
| Добавленная стоимость, млрд. долл. США     | 2,67 |
| Доля в общей добавленной стоимости, %      | 1,8% |
| Доля в общей занятости, %                  | 1,8% |
| Доля в выбросах энергетического сектора, % | 32%  |
| Доля в общих выбросах ПГ, %                | 27%  |

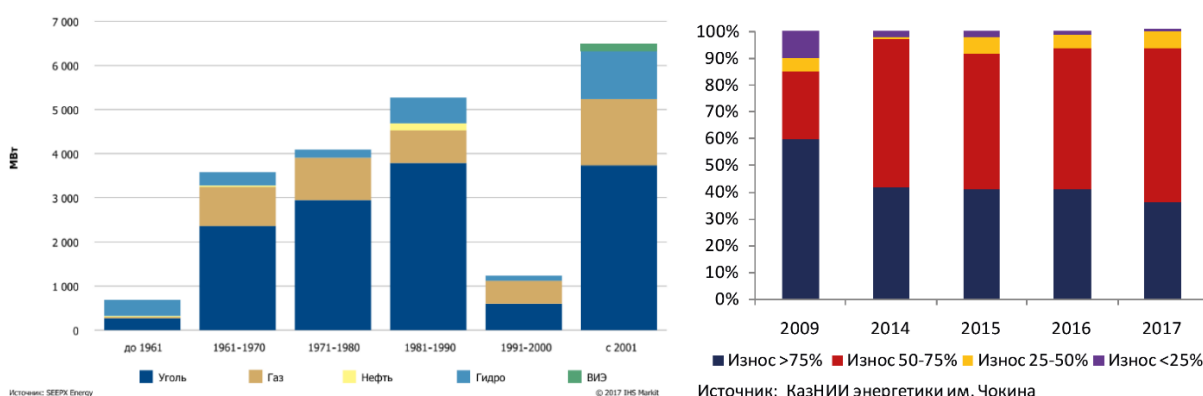
Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

В настоящее время сектор электро- и теплоэнергетики зависим от энергетического угля. В 2017 году почти 70% электроэнергии и 99% тепла было произведено за счет сжигания угля. 20% электроэнергии было произведено на газовых электростанциях, и лишь небольшая часть – за счет гидро-, ветро- и солнечной энергии.

В добавление к широкому использованию ископаемых видов топлива, значительный износ основных фондов в энергетическом секторе еще сильнее повышает выбросы ПГ. Старые системы распределения как электроэнергии, так и тепла приводят к высоким потерям при распределении энергии (до 35% общих потерь электроэнергии в некоторых регионах).

Большинство электростанций все еще работают на устаревших технологиях. В 2015 году в Казахстане насчитывалось 74 электростанции с 267 генерирующими блоками.<sup>48</sup> Средний возраст угольных электростанций составлял 55 лет, газовых – 40 лет, гидроэлектростанций – 56 лет. Около 39% установленных генерирующих мощностей старше 40 лет и 64% старше 30 лет (рисунок 11).<sup>49</sup> Это означает, что большинство электростанций уже работают с превышением проектного срока службы и потребуют замены в период до 2050 года.

**Рисунок 11. Возраст электростанций (слева) и износ основных фондов (справа)**



Источники: (KAZENERGY, 2017) (KAZENERGY, 2019)

<sup>48</sup> Источник: (Assembayeva, Egerer, Mendelevitch, & Zhakiyev, 2019)

<sup>49</sup> Данные об электростанциях и энергоблоках, собранные (Assembayeva, Egerer, Mendelevitch, & Zhakiyev, 2019), рисуют более мрачную картину: 78% энергоблоков старше 40 лет, тогда как с 1991 года было добавлено лишь незначительное количество генерирующих мощностей.

Аналогичная картина наблюдается и на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ). В 2016 году 42% ТЭЦ работали сверх проектного срока службы, а 15% установленной мощности не были доступны для производства из-за технического обслуживания и ремонта<sup>50</sup>. В 2018 году около трети (36%) ТЭЦ работали на основных фондах с износом более 75%, а для 58% ТЭЦ износ основных фондов превысил 50%<sup>51</sup>.

Это означает, что почти весь основной капитал в производстве электроэнергии и тепла должен быть заменен в течение следующих трех десятилетий до 2050 года. Это дает возможность заменить существующее устаревшее углеродоемкое оборудование и инфраструктуру современными низкоуглеродными и безуглеродными технологиями, такими как газовые ТЭЦ и расширенное внедрение возобновляемых источников энергии. **Другими словами, значительная декарбонизация будет достигнута за счет замены существующего оборудования и инфраструктуры в конце срока их экономической жизни, но неспособность заменить их на низкоуглеродное оборудование чревата либо недостижением целей по сокращению выбросов, либо досрочным списанием оборудования и его превращением в безнадёжные активы.**

Помимо климатических аспектов, ключевым преимуществом возобновляемых источников энергии является их очень низкая эксплуатационная стоимость, учитывая, что ветер и солнечный свет доступны бесплатно. Благодаря технологическому прогрессу и массивному росту рынка во всем мире, капитальные затраты на электроэнергию, вырабатываемую новыми ветряными и солнечными станциями, значительно снизились за последнее десятилетие. С 2019 года стоимость ветряных и солнечных установок стала ниже, чем предельные эксплуатационные расходы многих существующих угольных электростанций. Это объясняется как более высокими эксплуатационными расходами угольных электростанций, так и необходимостью платить за топливо, чего нет у возобновляемых источников энергии. Ожидается, что общая стоимость ВИЭ продолжит снижаться, оставаясь ниже стоимости производства электроэнергии на основе сжигания ископаемого топлива. Также ожидается, что даже сравнительно высокие затраты на солнечную тепловую энергию будут находиться в нижнем диапазоне стоимости ископаемого топлива к 2021 году<sup>52</sup>. Другими словами, производство электроэнергии на основе ископаемого топлива становится все более неконкурентоспособным.

Однако в Казахстане инвестиции в распределительные сети и альтернативную генерацию электроэнергии и тепла пока остаются экономически нецелесообразными, поскольку административно заложенные низкие потребительские тарифы на электричество, тепло и ископаемое топливо препятствуют модернизации сетей и переходу на более устойчивые источники генерации. Поэтому для декарбонизации электро- и теплоэнергетики необходимо введение рыночных цен, которое стимулирует внедрение энергосберегающих технологий и изменение поведения потребителей.

#### *Пути декарбонизации в электро- и теплоэнергетике*

В декарбонизированном будущем трансформация электро- и теплоэнергетики будет обусловлена, с одной стороны, изменением технологической структуры производства электрической и тепловой энергии и, с другой стороны, растущим спросом на электроэнергию со стороны других декарбонизируемых секторов. В то время как в сценарии 3Э технологические

---

<sup>50</sup> Источник: (KAZENERGY, 2017)

<sup>51</sup> Источник: (KAZENERGY, 2019)

<sup>52</sup> Источник: (IRENA, 2020)

решения по энергоэффективности позволят достичь траектории, аналогичной базовому сценарию, реализация сценария ГД потребует почти четырехкратного увеличения производства электроэнергии по сравнению с текущим уровнем и удвоения по сравнению с базовым сценарием, до 375 млрд. кВт\*ч к 2050 году (таблица 12).

В производстве электроэнергии угольная генерация сохраняет доминирующее положение в течение длительного времени в базовом сценарии, и только в конце периода прогнозируется ее снижение до 33,9 млрд. кВт\*ч (18% от общего производства). Однако в сценариях ЗЭ и ГД ожидается устойчивое снижение доли угольной генерации вплоть до ее почти полного исчезновения в сценарии ГД (см. также рисунок 38 в Приложении). Важно отметить, что этот процесс связан с текущим высоким уровнем износа основных фондов в угольной генерации и заменой ее возобновляемыми источниками энергии, в первую очередь ветровой генерацией. На долю последней в 2050 году будет приходиться до 71% всей выработки электроэнергии и 89% возобновляемой электроэнергии (сценарий ГД). В долгосрочной перспективе использование ВИЭ будет сопровождаться системами сохранения электроэнергии (например, аккумулирующими установками промышленного масштаба), что позволит регулировать предложение электроэнергии и лучше интегрировать ВИЭ в энергосистему.

**Таблица 12. Производство электроэнергии по видам топлива, млрд. кВт\*ч**

|                    | Базовый      |              |              |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая<br>декарбонизация |              |              |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                    | 2017         | 2030         | 2040         | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                       | 2040         | 2050         |
| Угольные ТЭС и ТЭЦ | 73,1         | 73,5         | 55,4         | 33,9         | 44,2              | 29,9         | 20,2         | 38,0                       | 22,9         | 0,2          |
| Газовые ТЭС и ТЭЦ  | 18,4         | 39,7         | 67,2         | 96,1         | 38,2              | 70,1         | 104,0        | 38,6                       | 93,9         | 56,6         |
| Нефтепродукты      | 0,0          | 0,0          | 2,3          | 4,5          | 1,0               | 2,9          | 2,1          | 0,0                        | 0,5          | 0,7          |
| Гидро              | 11,2         | 12,2         | 12,2         | 12,2         | 14,9              | 14,9         | 13,8         | 12,2                       | 16,4         | 21,8         |
| Ветер              | 0,3          | 5,4          | 30,5         | 28,4         | 21,0              | 40,1         | 32,7         | 21,0                       | 76,4         | 265,4        |
| Солнце             | 0,0          | 2,9          | 2,9          | 11,0         | 3,2               | 3,2          | 36,1         | 13,6                       | 13,6         | 11,7         |
| Биомасса           | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,2               | 0,2          | 0,0          | 0,3                        | 0,2          | 0,0          |
| Атом               | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0               | 0,0          | 0,0          | 0,0                        | 0,0          | 19,4         |
| <b>Всего</b>       | <b>103,1</b> | <b>133,7</b> | <b>170,6</b> | <b>186,1</b> | <b>122,7</b>      | <b>161,3</b> | <b>208,9</b> | <b>123,7</b>               | <b>223,9</b> | <b>375,8</b> |

Увеличение поставок электроэнергии из переменных источников, таких как ветер и солнце, также отражается в соответствующем увеличении маневренной газовой и гидрогенерации. Выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях в сценарии ГД увеличится почти вдвое по сравнению с текущим уровнем и достигнет 21,8 млрд. кВт\*ч к 2050 году. Производство электроэнергии газовыми теплоэлектростанциями (ТЭС) и теплоэлектроцентралями (ТЭЦ) утроится, достигнув 56,6 млрд. кВт\*ч к 2050 году по сценарию ГД. Для станций, сжигающих ископаемое топливо, на первый план выйдет когенерация электроэнергии и тепла на ТЭЦ. Более того, начиная с 2040 года, технологии УХУ будут активно использоваться для улавливания парниковых газов, выделяемых при сжигании топлива на ТЭС и ТЭЦ.

#### 4.3.5 Конечный спрос на энергию

Конечный спрос на энергию включает в себя использование электрической и тепловой энергии и прямое сжигание топлива в промышленности, транспорте, а также жилых и нежилых зданиях. Учитывая высокую долю прямого сжигания топлива, на сегодня конечный спрос на энергию в Казахстане также характеризуется интенсивным использованием ископаемого топлива. На нефтепродукты приходится 31% конечного потребления, далее следует уголь (24%, в основном в зданиях и промышленности), а также электроэнергия (16%), тепло (15%) и природный газ (14%). Однако текущая доля угля в конечном спросе на энергию гораздо выше, если учитывать

сжигание угля для производства электроэнергии и тепла. Кроме того, уголь активно используется домохозяйствами в сельской местности для отопления и других целей.

В сценариях декарбонизации повышение энергоэффективности, позволяющее избежать чрезмерного потребления энергии, будет значительным во всех секторах. Такие улучшения включают, например, улучшение теплоизоляции и использование современных энергоэффективных приборов в зданиях, переход на современные топливосберегающие транспортные средства и постепенную замену промышленного оборудования по истечении его срока службы на более новые, энергоэффективные технологии. В сценарии ГД наблюдается существенное снижение конечного спроса на энергию для зданий (таблица 13). Спрос на энергию увеличится в сельском хозяйстве, промышленности и транспорте в результате значительного роста производства и доходов. Однако в период с 2030 года по 2050 год в сценариях ЗЭ и ГД рост спроса на энергию в транспорте значительно замедляется по сравнению с базовым сценарием. Кроме того, как будет описано в подразделе о промышленности, в промышленности наблюдается значительный рост энергоэффективности, указывая на то, что меры по декарбонизации позволят отделить экономический рост от увеличения спроса на энергию (так называемый декарбонизационный эффект).

**Таблица 13. Конечный спрос на энергию (КСЭ) по секторам, тыс. т н.э.**

|                    | Базовый      |              |              |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая декарбонизация |              |              |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                    | 2017         | 2030         | 2040         | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                    | 2040         | 2050         |
| Сельское хозяйство | 861          | 1181         | 1299         | 1392         | 1196              | 1316         | 1411         | 1174                    | 1344         | 2180         |
| Промышленность     | 17264        | 20405        | 30964        | 35020        | 19590             | 29835        | 35541        | 19133                   | 32435        | 38287        |
| Здания             | 16948        | 15856        | 17055        | 18209        | 15220             | 15670        | 16130        | 13026                   | 14648        | 14007        |
| Транспорт          | 5527         | 9035         | 9986         | 10581        | 8902              | 9906         | 9470         | 8377                    | 9405         | 8253         |
| <b>Всего</b>       | <b>40600</b> | <b>46477</b> | <b>59305</b> | <b>65202</b> | <b>44908</b>      | <b>56727</b> | <b>62552</b> | <b>41710</b>            | <b>57832</b> | <b>62726</b> |

Сценарии декарбонизации потребуют повсеместного отказа от ископаемых видов топлива и, таким образом, максимально возможного перехода конечного энергопотребления на вторичные виды энергии – в первую очередь, на электричество и тепло, а также на низкоуглеродные и безуглеродные виды топлива (таблица 14). Если в настоящее время на электричество и тепло приходится около 30% энергопотребления, то в 2050 году по сценарию ГД они будут покрывать почти две трети энергопотребления.

**Таблица 14. Конечный спрос на энергию (КСЭ) по видам топлива, тыс. т н.э.**

|                       | Базовый      |              |              |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая декарбонизация |              |              |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                       | 2017         | 2030         | 2040         | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                    | 2040         | 2050         |
| Уголь                 | 9668         | 5563         | 4363         | 4771         | 3240              | 963          | 737          | 1945                    | 736          | 277          |
| Нефть и нефтепродукты | 12785        | 13153        | 16397        | 18122        | 13198             | 15700        | 16377        | 12896                   | 15897        | 13073        |
| Природный газ         | 5622         | 11003        | 15913        | 15855        | 11736             | 17451        | 18626        | 10893                   | 16583        | 9497         |
| Биомасса              | 63           | 198          | 319          | 357          | 273               | 445          | 720          | 352                     | 758          | 1514         |
| Электричество         | 6545         | 8038         | 10948        | 12346        | 7715              | 11275        | 14341        | 8286                    | 13370        | 20539        |
| Тепло                 | 5917         | 8521         | 11366        | 13749        | 8745              | 10835        | 11693        | 7338                    | 10488        | 17453        |
| Водород               | 0            | 0            | 0            | 3            | 0                 | 58           | 58           | 0                       | 0            | 31           |
| Солнце                | 0            | 0            | 0            | 0            | 0                 | 0            | 0            | 0                       | 0            | 341          |
| <b>Всего</b>          | <b>40600</b> | <b>46477</b> | <b>59305</b> | <b>65202</b> | <b>44908</b>      | <b>56727</b> | <b>62552</b> | <b>41710</b>            | <b>57832</b> | <b>62726</b> |

Доля ископаемого топлива, напротив, снизится с нынешних 69% до 36% в сценарии ГД, в основном за счет постепенного отказа от угля и стабильного уровня использования нефти, несмотря на рост экономики. Кроме того, конечный спрос будет смещаться в сторону использования низкоуглеродных видов топлива, таких как биотопливо и водород, в тех областях, где переход на электричество все еще затруднен. Стоит отметить, что если в сценарии 3Э для производства водорода будет использоваться природный газ, то в сценарии ГД к 2050 году водород будет полностью производиться с помощью электроэнергии (см. также диаграммы Сэнки на рисунке 5). Еще одним технологическим усовершенствованием в сценарии ГД станет использование технологий УХУ в промышленности.

В следующих подразделах будут более подробно описаны преобразования в транспорте, зданиях и промышленности.

### *Транспорт*

В данном подразделе основное внимание будет уделено наземному транспорту, который, при доле в 86%, является основным фактором выбросов ПГ от транспорта в Казахстане. Рост ВВП и населения, а также урбанизация являются основными факторами расширения транспортного сектора и останутся таковыми в течение следующих десятилетий. Особенно города сталкиваются с проблемами в удовлетворении растущих потребностей в мобильности. В настоящее время транспортный сектор работает почти исключительно на ископаемом топливе и поэтому является одним из основных источников выбросов ПГ. Это указывает на значительный потенциал для сокращения выбросов от транспорта. Руководящие принципы энергетической трансформации в транспорте определяются подходом «Избегание-Сдвиг-Улучшение» (ASI)<sup>53</sup>, который направлен на достижение значительного сокращения выбросов ПГ, снижение энергопотребления и негативных эффектов от транспорта:

- Избегание: Одновременное планирование землепользования и развития транспорта, а также оптимизация пассажирских и грузовых перевозок и улучшение инфраструктуры общественного транспорта позволят избежать ненужного использования личного транспорта;
- Сдвиг в видах транспорта: Смена видов транспорта для пассажирских перевозок означает переход от личного к общественному транспорту, по возможности к немоторизованному перемещению (пешим и велосипедным прогулкам) и, для дальних поездок, от воздушного транспорта и автомобильных дорог к железным дорогам.
- Улучшение: Постепенная замена используемых в настоящее время высокоуглеродных транспортных технологий на более эффективные и низко-/безуглеродные виды топлива путем электрификации железных дорог; интенсивного обновления автопарка с увеличением доли биотоплива, КПГ и СНГ, а также электромобилей для коммерческого и частного использования; перехода на (зеленый) водород для дальних наземных грузовых перевозок. Быстрому улучшению в этой сфере способствует довольно короткий срок службы транспортных средств. Кроме локомотивов, почти все используемые сегодня транспортные средства будут обновлены до 2050 года.

Подход ASI сосредоточен на стороне спроса и предлагает более целостный подход к разработке устойчивой транспортной системы.

---

<sup>53</sup> Англ.: Avoid-Shift-Improve

## Задача декарбонизации

Благоприятное экономическое развитие последних лет стимулировало экономическую активность в транспортном секторе и, как следствие, увеличило соответствующие выбросы ПГ. В настоящее время на долю транспортного сектора приходится 7,5% добавленной стоимости и около 6,6% занятости в экономике (таблица 15). Занятость относительно равномерно распределена по регионам Казахстана, с наименьшей долей в 5,9% в Костанайской области и наибольшей долей в 9,4% в Кызылординской области. Железнодорожный транспорт активно используется для перевозки грузов на дальние расстояния, этим видом транспорта покрывается 47% перевозок (267 млрд. тонно-километров), хотя по объемам грузоперевозок доминирует автомобильный транспорт (84%, или 3,3 млрд. тонн в 2017 году).

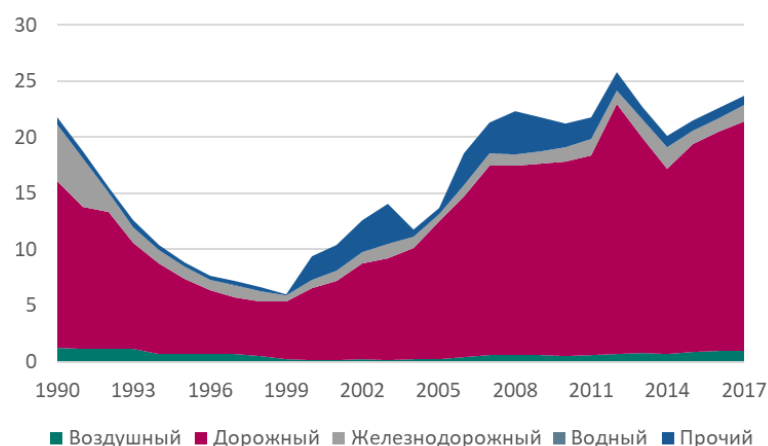
**Таблица 15. Характеристики транспортного сектора в Казахстане**

|                                                   | 2017  |
|---------------------------------------------------|-------|
| Выпуск, млрд. долл. США                           | 19,55 |
| Добавленная стоимость, млрд. долл. США            | 11,13 |
| Доля в общей добавленной стоимости, %             | 7,5%  |
| Доля в общей занятости (включая складирование), % | 7,1%  |
| Доля в выбросах энергетического сектора, %        | 7,6%  |
| Доля в общих выбросах ПГ, %                       | 6,3%  |

Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

В противоположность грузоперевозкам, общественные пассажирские перевозки почти полностью покрываются автомобильным транспортом, причем на автобусы в 2017 году приходилось 80,2% пассажиров (18,2 млрд. человек), а на такси – еще 19,4%. С учетом расстояния, оба вида транспорта вместе обеспечивают 88% общественных пассажирских перевозок (182 млрд. пассажиро-километров), оставшуюся долю покрывают железные дороги (7%) и воздушный транспорт (5%). Значительную долю автомобильного транспорта в Казахстане составляют частные автомобили. По оценкам, в 2017 году к пассажирским перевозкам можно добавить около 50 млрд. пассажиро-километров от частных автомобилей<sup>54</sup>. Это отражается и в структуре выбросов парниковых газов от данного сектора (рисунок 12).

**Рисунок 12. Выбросы ПГ от транспорта по видам транспорта, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



Источники данных: (МЭГПР РК, 2020)

<sup>54</sup> Оценка основана на количестве автомобилей в частной собственности по данным Бюро национальной статистики и среднегодовом пробеге частного автомобиля.



Большая доля дорожного транспорта в выбросах ПГ от сжигания топлива отражает относительно высокий уровень моторизации в стране, в то же время автопарк в значительной степени состоит из старых и устаревших транспортных средств. С другой стороны, системы общественного транспорта слабо развиты даже в крупных городах. Эти факторы создают значительные препятствия для декарбонизации транспортного сектора:

- Во-первых, учитывая низкую плотность населения в Республике Казахстан, относительно низкий уровень урбанизации и большие расстояния, уровень моторизации, скорее всего, останется высоким. Наибольшее снижение может быть достигнуто в городах путем развития общественного транспорта и других индивидуальных видов мобильности;
- Во-вторых, обновление транспортного парка (и переход на более чистые технологии, такие как автомобили, работающие на сжиженном нефтяном газе, или электромобили) требует дополнительных расходов со стороны домохозяйств и должно поддерживаться соответствующей политикой;
- В-третьих, переход на более чистые технологии также требует развертывания соответствующей инфраструктуры, такой как заправочные станции для КПГ, СНГ и водорода, пункты зарядки электромобилей. Следовательно, необходимы будут и инфраструктурные инвестиции.

В целом, газификация и электрификация автомобильного транспорта для снижения интенсивности выбросов ПГ должны сопровождаться изменением парадигмы спроса на мобильность и сокращением частного использования автомобилей и таких видов транспорта с высоким уровнем выбросов, как авиация. Это потребует как инвестиций в благоприятную инфраструктуру, так и изменений в поведении потребителей. В то же время, транспорт является одним из крупнейших секторов, где «зеленые» технологии и изменение спроса могут привести к непосредственным сопутствующим выгодам, таким как снижение загрязнения воздуха, уменьшение количества ДТП и снижение уровня шума.

### Пути декарбонизации транспортного сектора

В целом, развитие транспортного сектора должно осуществляться в соответствии с концепцией «Избегание-Сдвиг-Улучшение» (ASI)<sup>55</sup>. Первая область действий в рамках этой системы – избегание и сокращение потребности в автомобильных поездках как таковых. Этого можно достичь на разных уровнях, начиная с цифровизации и использования онлайн-услуг и заканчивая планированием городов для обеспечения смешанного зонирования. Например, покупка товаров через Интернет и наличие торговых центров поблизости (в отличие от разделенных центра города и жилых районов) снизит необходимость в поездках. Вторая область действий – переход на более экологичные виды транспорта, например, использование железнодорожного вместо воздушного транспорта для поездок на дальние расстояния, использование общественного транспорта, велосипедов, электроскутеров и пеших прогулок вместо вождения в городах. Для таких сдвигов важнейшими предпосылками являются городское планирование и развитие инфраструктуры. Наконец, третья область действий – это повышение эффективности использования энергии и снижение выбросов от транспортных средств. Этого можно достичь, например, путем перехода на ВИЭ (электричество, биотопливо, водород) вместо ископаемого топлива, а также путем обновления автопарка и модернизации существующих транспортных средств (например, модернизация выхлопных фильтров или перевод дизельных автомобилей на природный газ). Этот шаг необходимо сочетать с избеганием и сдвигом.

---

<sup>55</sup> См. рисунок 39 в Приложении для более подробного описания инструментов концепции ASI.



В моделировании первые две области действий реализуются через снижение использования личного транспорта и увеличение доли общественного транспорта при заданном уровне дохода.<sup>56</sup> Это приводит в сценарии ГД к временному снижению километража личного автотранспорта на душу населения и общему увеличению доли общественного транспорта, как по сравнению с текущим уровнем, так и по сравнению с базовым сценарием (см. рисунок 40 в Приложении). Эти улучшения, однако, частично компенсируются ростом доходов населения после 2030 года и соответствующим увеличением спроса на (личную) мобильность. В результате объем поездок на личном автотранспорте в сценарии ГД превысит уровень базового сценария в 2033 году, и временно, около 2040 года, также уровень 2017 года. Отражая это развитие, изначально высокая доля общественного транспорта немного снижается около 2040 года в сценарии ГД, а затем снова растет, достигая в 2050 году уровня на 4 процентных пункта выше, чем в 2017 году, и на 1 процентный пункт выше, чем в базовом сценарии.

Рост выбросов ПГ, вызванный ростом спроса на мобильность, полностью компенсируется снижением энерго- и углеродоемкости в транспорте. С учетом имеющихся технологических решений и проблем, описанных выше, нефтепродукты останутся доминирующим видом транспортного топлива во всех сценариях. Однако существуют значительные различия в их доле, общей структуре сектора, а также в общем спросе на энергию, что позволит сократить выбросы на 7% по сравнению с уровнем 1990 года в сценарии ГД. Для сравнения, в базовом сценарии ожидается увеличение на 40% к уровню 1990 года.

В базовом сценарии спрос на энергию будет постоянно расти до 2050 года (таблица 16). Однако в сценарии ГД увеличение спроса на энергию будет сглаженным в среднесрочной перспективе, и после 2040 года спрос на энергию снизится, так что к 2050 году общий спрос на энергию будет на 22% ниже, чем в базовом сценарии. Это снижение будет достигнуто в основном за счет падения спроса на энергию со стороны легковых автомобилей, обновления транспортного парка и оптимизации пассажирских и грузовых потоков. Ожидается, что в среднем 2-5% автопарка будет обновляться каждый год.

**Таблица 16. Конечный спрос в транспортном секторе по видам транспорта, тыс. т н.э.**

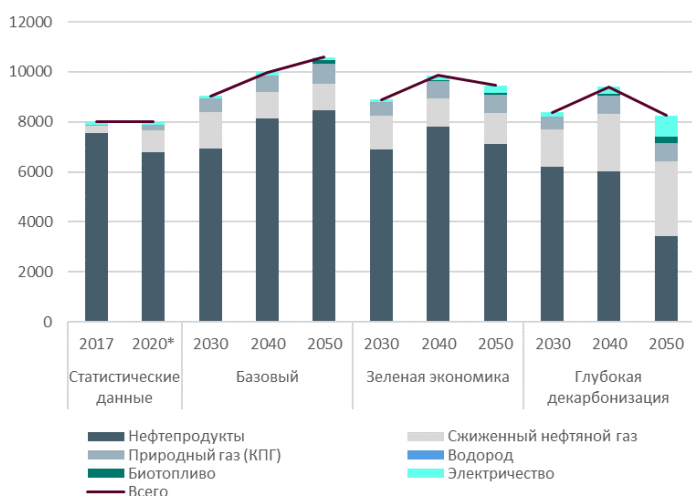
|                           | Базовый     |             |             |              | Зеленая экономика |             |             | Глубокая декарбонизация |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|
|                           | 2017        | 2030        | 2040        | 2050         | 2030              | 2040        | 2050        | 2030                    | 2040        | 2050        |
| Автомобили                | 3746        | 4238        | 4282        | 4259         | 4116              | 3949        | 3906        | 3900                    | 4046        | 3397        |
| Прочий дорожный транспорт | 3438        | 3719        | 4427        | 4829         | 3696              | 4564        | 4151        | 3462                    | 4020        | 3591        |
| Железнодорожный транспорт | 376         | 549         | 743         | 945          | 549               | 773         | 816         | 494                     | 708         | 567         |
| Прочий транспорт          | 451         | 526         | 531         | 545          | 531               | 566         | 588         | 518                     | 627         | 694         |
| <b>Всего</b>              | <b>8011</b> | <b>9032</b> | <b>9983</b> | <b>10577</b> | <b>8893</b>       | <b>9852</b> | <b>9461</b> | <b>8374</b>             | <b>9402</b> | <b>8249</b> |

Другим значительным источником сокращения выбросов в транспортном секторе является сдвиг в сторону альтернативных видов топлива. Как показано на рисунке 13, газ и электричество будут играть важную роль во всех трех сценариях. В консервативном базовом сценарии ожидается, что использование газа (СНГ и КПГ) увеличится до 18% от конечного спроса на энергию в 2050 году в ответ на падающую стоимость владения транспортными средствами, работающими на газе. В то время как СНГ будет активно использоваться в качестве топлива для

<sup>56</sup> Особенно в области действий "избегание" существуют значительные ограничения для отражения возможных мер в агрегированной модели TICS из-за их разнообразия и высокой детализации. Поэтому были выбраны эти два основных показателя, признавая, однако, что больше потенциальных выгод может быть получено от стратегий избегания и сдвига.

частного транспорта, природный газ будет в основном использоваться в общественном и грузовом транспорте. В сценариях ЗЭ и ГД доля СНГ и природного газа в конечном спросе на энергию в 2050 году будет еще выше – 21% и 45%, соответственно. Кроме того, в сценарии ГД прогнозируется значительный рост использования ВИЭ в транспорте, в основном электроэнергии и биотоплива, которые в 2050 году будут покрывать 10% и 3% конечного спроса на энергию, соответственно. Электроэнергия будет активно использоваться как в автомобильном транспорте, так и за счет электрификации железных дорог. Применение биотоплива ожидается как в частном, так и в коммерческом транспорте, в то время как использование водорода будет сосредоточено в водном и грузовом транспорте (большегрузные автомобили).

**Рисунок 13. Конечный спрос на энергию в транспортном секторе по видам топлива, тыс. т н.э.**



### Детальный анализ: Общественные издержки пассажирского автомобильного транспорта

За последние 15 лет владение автомобилями как домохозяйствами, так и предприятиями, а также объем пассажиропотоков в автомобильном транспорте выросли в три раза. В 2017 году каждый пятый житель страны владел автомобилем, хотя частная собственность в основном сосредоточена в крупных городах (см. рисунок 14).

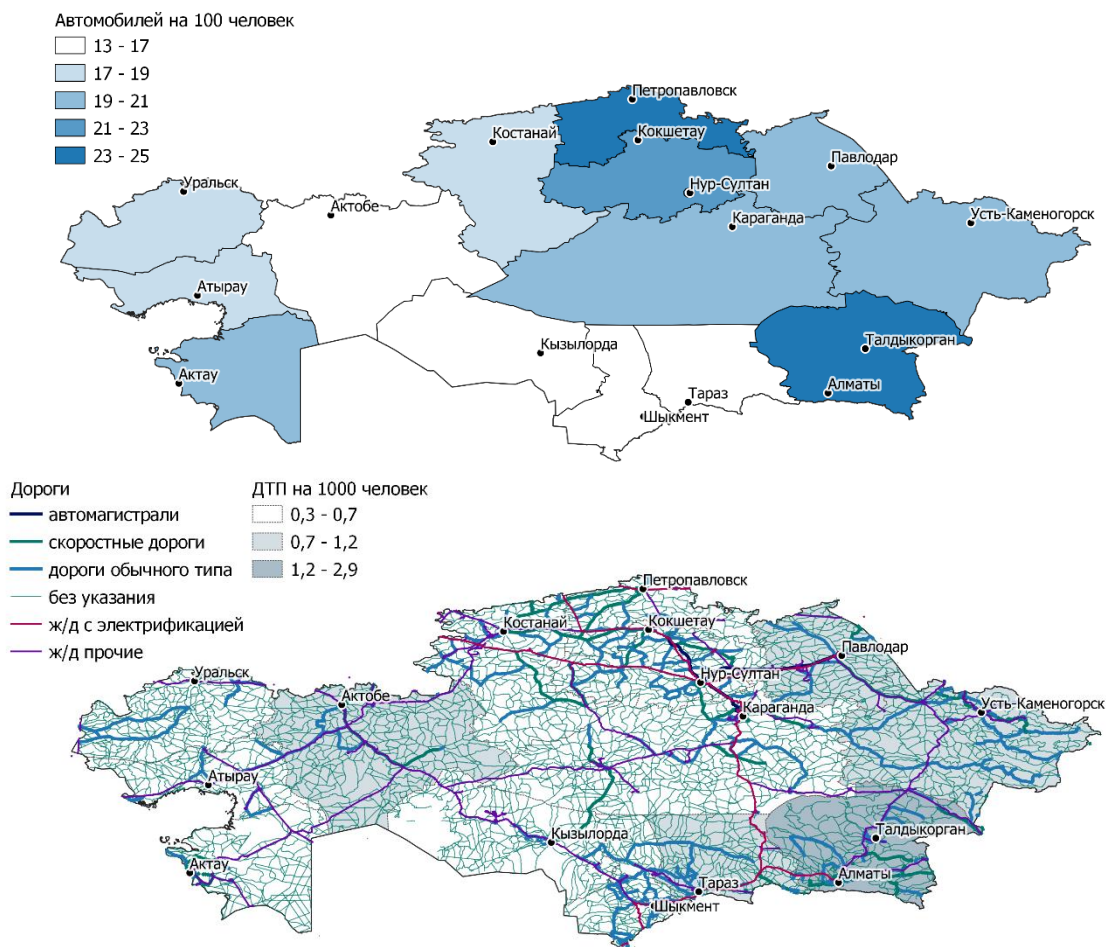
В то же время дорожная система состоит в основном из дорог с низкой пропускной способностью, а автомагистрали занимают менее 10% от общей протяженности дорог. Расширение дорожной сети происходит гораздо медленнее, чем растет пассажиропоток: за последние 15 лет протяженность дорог увеличилась всего на 7% (в основном за счет региональных и муниципальных дорог). В результате значительно выросло количество ДТП и дорожных заторов<sup>57</sup>. Текущие низкие цены на топливо не покрывают социальные и климатические издержки транспорта и искажают потребление в сторону активного использования личного транспорта и углеродоемких средств передвижения.

Сценарии моделирования пассажирского автомобильного транспорта концентрируются на обновлении парка транспортных средств и переходе от традиционного дизельного топлива и бензина к гибридным и электрическим транспортным средствам. В то время как сценарий ЗЭ предполагает усиленный переход к двухтопливным (бензин и СНГ) и гибридным (бензин и электропривод) автомобилям, сценарий ГД также включает переход к автомобилям,

<sup>57</sup> По данным Бюро национальной статистики

работающим на СНГ и биотопливе, и электромобилям. Прогнозируемые размер и структура парка легковых автомобилей по сценариям представлены на рисунке 15. Диверсификация и модернизация автобусного парка также сокращает спрос на ископаемое топливо и способствует снижению выбросов ПГ в транспорте. Сценарий ГД также предполагает снижение объема поездок на душу населения при заданном уровне дохода, хотя на уровне общего объема поездок это снижение компенсируется ростом доходов и, как следствие, спроса на мобильность после 2030 года.

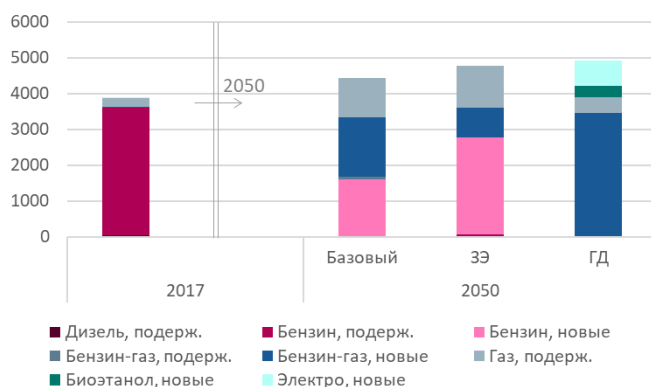
**Рисунок 14. Уровень владения автомобилями, единиц на 100 человек (сверху) и количество ДТП, случаев на 1000 человек (снизу) по регионам в 2017 г.**



Источники данных: Бюро национальной статистики;

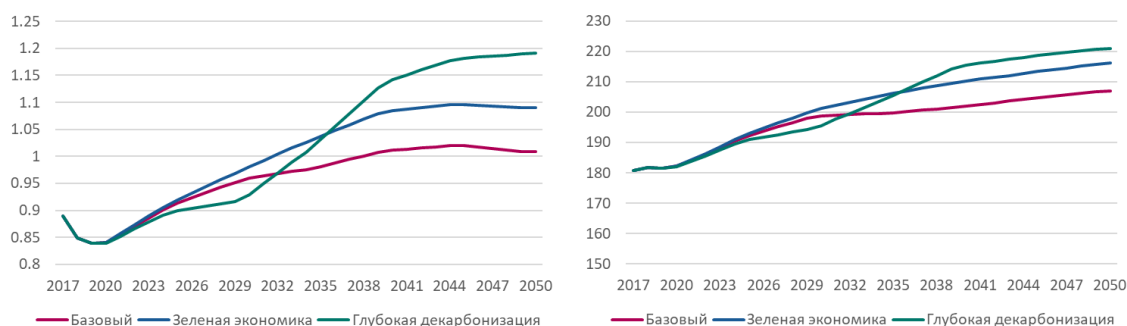
Дорожные карты: OpenStreetMap, Global Roads Open Access Data Set; Базовая карта: GADM

**Рисунок 15. Текущая и расчетная структура парка легковых автомобилей, тыс. единиц**



Изменение общего объема поездок приводит к временному снижению общего количества ДТП в сценарии ГД по сравнению с базовым сценарием. Количество ДТП также снижается за счет приобретения и использования более новых транспортных средств (в отличие от использования поддержанных транспортных средств) и увеличения доли общественного транспорта (рисунок 16, слева).<sup>58</sup> Кроме того, снижение общего объема поездок (сокращение пройденного автомобилем километража) способствует повышению скорости движения и уменьшению количества заторов (рисунок 16, справа). Это снижает время, потерянное в пробках на одно транспортное средство, и общую стоимость времени, проведенного в городских заторах. Однако после 2030 года рост доходов населения и, как следствие, повышение спроса на мобильность приводят к увеличению как количества ДТП, так и заторов. Эти результаты показывают, что, чтобы замедлить прирост использования личного транспорта по мере роста доходов населения, потребуются дополнительные стратегии и меры политики.<sup>59</sup>

**Рисунок 16. Количество ДТП на 1000 человек (слева) и среднее время, теряемое в городских заторах, часов в год на автомобиль (справа)**



Трансформация пассажирского транспорта поначалу окажет благоприятное социальное воздействие из-за сокращения негативных внешних эффектов.<sup>60</sup> Результаты моделирования показывают, что к 2030 году предотвращенные внешние затраты могут составить 2,75 млрд. долларов США. Технологический переход на низкоуглеродный и безуглеродный транспорт также приведет к снижению внешних эффектов, связанных с высокоуглеродными транспортными средствами, таких как загрязнение воздуха, шум, затраты на здравоохранение и общественные издержки углерода. Соответствующая экономия может составить 9,2 млрд. долларов США в период с 2021 года по 2050 год в сценарии ГД, или в среднем 300 млн. долларов США ежегодно. Однако увеличение заторов и количества ДТП после 2030 года приведет к общему чистому увеличению внешних эффектов на 11,8 млрд. долларов США в период с 2021 по 2050 год по сравнению с базовым сценарием.

<sup>58</sup> Предполагается, что более новые автомобили приводят в среднем к меньшему количеству ДТП. В то же время предполагается, что среднее количество ДТП на транспортное средство в рамках одной группы (поддержанные или новые) остается неизменным с течением времени, поскольку сценарии предполагают отсутствие улучшений в транспортной инфраструктуре. Если повышение безопасности дорожного движения будет происходить в соответствии с историческими тенденциями, то в будущем количество ДТП будет ниже, чем прогнозируется в настоящее время.

<sup>59</sup> Дополнительные стратегии, как, например, изменения в нормативных актах, а также в городском планировании и зонировании (пешеходные зоны, автобусные полосы и велосипедные дорожки, платные парковки, запреты на определенные типы транспортных средств и т.д.), не входили в рамки текущего моделирования.

<sup>60</sup> Внешние эффекты, или экстерналии, — это затраты или выгоды от экономической деятельности, которые несет третья сторона, а не производитель, и которые не отражены в рыночных ценах. Они могут быть положительными (выгоды) или отрицательными (затраты).

Ежегодная стоимость негативных внешних эффектов, связанных с частными автомобилями, представлена в таблице 17 для трех сценариев и избранных лет. В то время как в базовом сценарии негативные внешние эффекты будут расти по всем категориям, за исключением шумовой нагрузки, в сценариях ЗЭ и ГД прогнозируется снижение по всем категориям, связанным с высокоуглеродными технологиями. Общий годовой объем негативных внешних эффектов вырастет до 2050 года на 3,8% в сценарии ГД, по сравнению с базовым сценарием, в то время как внешние эффекты, связанные с выбросами ПГ, сократятся на 44%. Основными источниками этого снижения являются электрификация транспорта и расширение сети общественного транспорта.

Важно отметить, что как обычные затраты, так и отрицательные внешние эффекты меняются в зависимости от рассматриваемых транспортных средств. Внешние эффекты ниже для более современных и низкоуглеродных автомобилей. Более того, их общая стоимость владения к 2050 году сравняется с текущей стоимостью автомобилей с двигателем внутреннего сгорания. Эксплуатационные расходы будут ниже за счет снижения затрат на техническое обслуживание и энергию, что обеспечит чистую экономию для домохозяйств. В сценарии ГД экономия на эксплуатационных расходах может составить до 480 долларов США на автомобиль в год.

**Таблица 17. Ежегодные внешние эффекты от автомобильного транспорта, млрд. долл. США**

|                                      | Базовый      |              |              |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая декарбонизация |              |              |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                                      | 2017         | 2030         | 2040         | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                    | 2040         | 2050         |
| Загрязнение воздуха                  | 1,83         | 1,43         | 1,22         | 1,27         | 1,30              | 1,23         | 1,31         | 1,42                    | 1,03         | 0,70         |
| Шум                                  | 1,18         | 1,13         | 1,04         | 1,07         | 1,09              | 1,20         | 1,30         | 1,16                    | 1,07         | 0,83         |
| Общественные издержки углерода       | 0,34         | 0,38         | 0,37         | 0,38         | 0,37              | 0,36         | 0,35         | 0,35                    | 0,36         | 0,34         |
| Респираторные заболевания            | 0,95         | 1,03         | 1,00         | 1,02         | 1,00              | 0,95         | 0,94         | 0,96                    | 0,97         | 0,74         |
| Внешние эффекты в городах            | 0,07         | 0,08         | 0,08         | 0,08         | 0,08              | 0,08         | 0,08         | 0,08                    | 0,09         | 0,08         |
| ДТП                                  | 8,04         | 8,69         | 8,97         | 9,35         | 8,85              | 9,63         | 10,10        | 8,37                    | 10,04        | 10,53        |
| Время, потерянное в пробках          | 1,96         | 2,58         | 2,67         | 2,88         | 2,65              | 2,98         | 3,25         | 2,43                    | 3,18         | 3,42         |
| <b>Общие годовые внешние эффекты</b> | <b>14,38</b> | <b>15,32</b> | <b>15,35</b> | <b>16,04</b> | <b>15,35</b>      | <b>16,43</b> | <b>17,34</b> | <b>14,76</b>            | <b>16,73</b> | <b>16,65</b> |

### Здания

Здания относятся к крупнейшим источникам выбросов ПГ и поэтому имеют наибольшее значение для сокращения выбросов. Выбросы в жилых и нежилых зданиях связаны с использованием энергии коммерческим и государственным сектором и домохозяйствами, т.е. потреблением электроэнергии, тепла и прямым использованием первичной энергии (например, для приготовления пищи, индивидуального отопления и т.д.).

В настоящее время модернизация и расширение фонда зданий, а также повышение энергоэффективности зданий являются одними из приоритетных направлений развития Казахстана.<sup>61</sup> Поэтому даже в базовом сценарии ожидается значительное сокращение выбросов ПГ от зданий. К 2050 году выбросы ПГ могут снизиться на 53% по сравнению с 1990 годом. Однако даже такое значительное снижение не исчерпывает потенциал сокращения выбросов. В сценарии ГД здания станут практически безуглеродными к 2050 году, а выбросы достигнут уровня на 98% ниже, чем в 1990 году. Основными мерами, ведущими к такому сокращению, являются:

<sup>61</sup> См., например, (Правительство РК, 2018) и (Правительство РК, 2019)



- Амбициозные меры по повышению энергоэффективности зданий, такие как теплоизоляция, использование энергоэффективных приборов, современных систем отопления и контроля использования энергии и т.д.;
- Внедрение ВИЭ и эффективных технологий для отопления помещений и нагрева воды, таких как современные газовые и электрические котлы, фотовольтаика и солнечный водонагрев;
- Модернизация и декарбонизация центрального отопления, а также более интенсивное использование электроэнергии и центрального отопления коммерческим сектором и домохозяйствами вместо прямого сжигания ископаемого топлива или древесины.

### Задача декарбонизации

Коммерческие и государственные услуги, ответственные за использование энергии в секторе нежилых зданий, занимают большую долю в национальной экономике с точки зрения как производства, так и занятости (таблица 18). Несмотря на то, что интенсивность выбросов в торговле и сфере услуг ниже, чем в промышленности, на коммерческий и государственный секторы по-прежнему приходится пятая часть всех выбросов ПГ в энергетическом секторе из-за высокого энергопотребления в зданиях, в которых они расположены.

**Таблица 18. Характеристики секторов торговли, услуг и государственного сектора в Казахстане**

|                                            | 2017   |
|--------------------------------------------|--------|
| Выпуск, млрд. долл. США                    | 120,42 |
| Добавленная стоимость, млрд. долл. США     | 79,38  |
| Доля в общей добавленной стоимости, %      | 53,4%  |
| Доля в общей занятости, %                  | 57,7%  |
| Доля в выбросах энергетического сектора, % | 20%    |
| Доля в общих выбросах ПГ, %                | 17%    |

Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

Климатические условия Казахстана с очень холодными зимами и жарким летом приводят к особенно высокому спросу на энергию для отопления и охлаждения зданий. Средний уровень энергопотребления в секторе зданий составляет около 270 кВт\*ч/м<sup>2</sup>, что более чем в два раза превышает аналогичный показатель в Европе (100-120 кВт\*ч/м<sup>2</sup>), а также значительно превышает энергопотребление в соседней России (210 кВт\*ч/м<sup>2</sup>).

Основной причиной столь низкой энергоэффективности зданий, помимо суровых климатических условий, являются очень высокие потери энергии из-за недостаточной теплоизоляции зданий. Потери тепла в зданиях вызваны сквозняками и вентиляцией (56% всех потерь), потерями через (недостаточно утепленные) стены (22%), через окна (14%) и через полы (оставшиеся 8%).<sup>62</sup> Вместе жилые и нежилые здания составили 28% от общего конечного потребления энергии в Казахстане в 2017 году (16% и 12%, соответственно).

Доля зданий, не отвечающих современным энергетическим стандартам, довольно высока. В целом, из 3,5 млн. зданий в Казахстане около трети старше 50 лет и почти две трети старше 25 лет. В 2019 году 23% многоквартирных домов нуждались в капитальном ремонте.<sup>63</sup>

<sup>62</sup> По данным Казахстанского научно-технического центра развития жилищно-коммунального хозяйства

<sup>63</sup> По данным (Правительство РК, 2019)

С долей частного домовладения в 95%, Казахстан входит в число стран мира с самым высоким уровнем частного домовладения.<sup>64</sup> Это в значительной степени является результатом приватизации жилых зданий в Казахстане в начале 1990-х годов, когда жильцы получили законное право собственности на свои квартиры. Однако несущие конструкции зданий, кровля, облицовка, а также лестницы, лифты, перекрытия и инженерные коммуникации остались в государственной собственности. Жильцы платят коммунальные платежи за содержание общественных частей многоквартирного дома. Учитывая большое количество собственников в одном здании, имеющих самое разное социальное положение, социальные соображения привели к очень низкой коммунальной плате, которой едва хватает на поддержание текущего состояния зданий.

До сих пор планировка многоквартирных домов и отсутствие индивидуального контроля домохозяйств за энергосбережением не стимулировали значимых инвестиций в термомодернизацию таких многоквартирных домов. Нынешнее государственное управление жилищным хозяйством негативно сказывается на модернизации зданий. Инвестициям препятствуют также довольно низкие тарифы на электроэнергию, поскольку это предполагает очень длительный горизонт рефинансирования инвестиций в энергоэффективность за счет экономии энергии.

В то же время, в связи с ростом населения и необходимостью увеличения жилищного фонда на душу населения, в ближайшие пять лет планируется увеличить фонд жилых зданий на 32%.<sup>65</sup> Поэтому, хотя для снижения энергопотребления и, соответственно, выбросов ПГ потребуются масштабная модернизация зданий, текущие условия в жилищном секторе предоставляют уникальную возможность для модернизации.

Учитывая климатические условия и нынешнюю плохую теплоизоляцию, производство тепла является наиболее важным источником выбросов от зданий. Большая часть тепла производится при прямом сжигании ископаемого топлива или в небольших котельных. В сельской местности большая часть тепла производится путем сжигания угля и нефтепродуктов. Для снижения выбросов ПГ зданиями необходимы значительные инвестиции в газификацию и электрификацию отопления, а также использование ВИЭ (например, тепловой солнечной, фотовольтаики).

В крупных городах центральное отопление покрывает около 50% потребления. Однако недостаток инвестиций в изношенные распределительные сети приводит к тому, что потери энергии при распределении составляют до 30% от энергоснабжения. В последние годы значительное внимание уделяется реконструкции и техническому обслуживанию сетей. Этот тренд необходимо продолжать для дальнейшего повышения энергоэффективности в секторе зданий. Более того, снижение выбросов в зданиях тесно связано с декарбонизацией производства тепла и электроэнергии.

### Пути декарбонизации зданий

Сценарное моделирование сектора зданий сосредоточено на переходе от отопления на основе ископаемого топлива к отоплению на основе ВИЭ и к более эффективному технологическому оборудованию. Как следствие, общая структура энергопотребления в зданиях значительно различается в трех анализируемых сценариях.

---

<sup>64</sup> Источник: (World Bank, 2018)

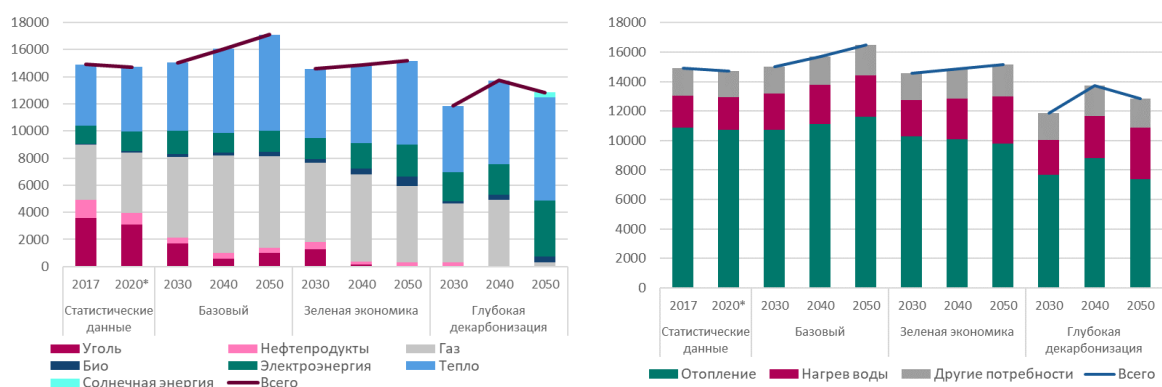
<sup>65</sup> Источник: (Правительство РК, 2019) и Бюро национальной статистики



В базовом сценарии ожидается снижение выбросов ПГ от зданий в результате существующих программ модернизации и снижения доли угля в производстве энергии, поскольку генерирующие мощности расширяются за счет ВИЭ и газовых электростанций. Поэтому прогнозируется, что общие выбросы в секторе зданий снизятся на 25% по сравнению с уровнем 2017 года и на 53% по сравнению с уровнем 1990 года. В наиболее амбициозном сценарии ГД здания станут практически безуглеродными к 2050 году. В результате повышения энергоэффективности и использования центрального отопления, электричества для отопления и ВИЭ, сектор зданий сократит выбросы на 98% по сравнению с 1990 годом и на 97% по сравнению с текущим уровнем.

Эта траектория отражена в структуре конечного потребления энергии в секторе. Ожидается, что использование угля значительно сократится во всех сценариях к 2050 году, полностью исчезнув в сценарии ГД уже к 2040 году (рисунок 17, слева). Он будет заменен природным газом, электричеством и теплом. В сценарии ГД спрос на энергию в зданиях будет почти полностью покрываться за счет электроэнергии и центрального отопления.

**Рисунок 17. Конечный спрос на энергию в зданиях по видам топлива (слева) и использования (справа), тыс. т н.э.**



Кроме того, термомодернизация зданий и внедрение новых технологий отопления также позволит существенно снизить спрос на энергию для целей отопления (рисунок 17, справа). В сценарии ГД в 2050 году на него будет приходиться лишь чуть более половины общего спроса на энергию.<sup>66</sup> Фактически, большая часть экономии спроса на энергию будет достигнута за счет более эффективного отопления.

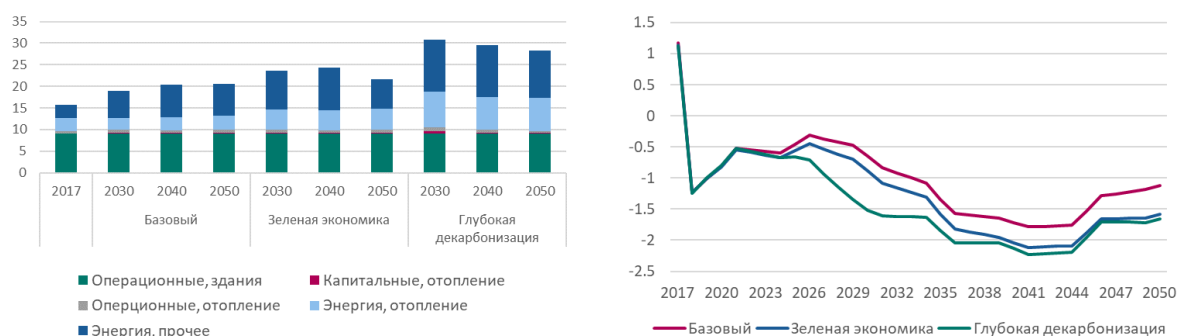
#### Детальный анализ: Общественные затраты и выгоды от снижения энергопотребления и выбросов ПГ в зданиях

Декарбонизация казахстанской экономики требует значительного повышения цен на энергоносители для отражения инвестиционных и эксплуатационных затрат и стоимости углерода. Это окажет серьезное воздействие на все сектора, включая общественные, коммерческие и жилые здания. Повышение энергоэффективности через термомодернизацию зданий и внедрение новых энергоэффективных технологий смягчит воздействие роста цен за счет снижения энергопотребления (см. также рисунок 17) и связанных с ним негативных общественных издержек от сжигания ископаемого топлива в зданиях.

<sup>66</sup> Рисунок 17 может даже завышать долю отопления помещений в общем спросе на энергию, поскольку смешанные технологии, которые могут применяться как для отопления помещений, так и для нагрева воды или отопления и кондиционирования, также классифицируются как отопление помещений.

Рисунок 18 (слева) раскладывает среднюю стоимость зданий на затраты на содержание самого здания, капитальные и эксплуатационные затраты на системы отопления и затраты на энергию, в расчете на квадратный метр жилой площади.<sup>67</sup> Во всех сценариях ожидается увеличение стоимости зданий. По сравнению с базовым сценарием, стоимость квадратного метра жилой площади в 2050 году может вырасти на 1,06 доллара США в год в сценарии ЗЭ и на 7,76 доллара США в год в сценарии ГД. Это обусловлено исключительно ростом цен на энергоносители. В сценарии ГД общие годовые затраты на энергию на 8,08 доллара США выше, чем в базовом сценарии, в 2050 году, в то время как годовые капитальные и эксплуатационные затраты на отопительные технологии на 0,32 доллара США ниже.

**Рисунок 18. Годовые расходы на кв. м в жилых зданиях (кроме капитальных затрат на новое строительство), долл. США (слева) и общие ежегодные внешние эффекты на кв. м, долл. США (справа)**



Важно отметить, что это результат реструктуризации энергетической системы в целом, с побочными эффектами для всех секторов. Фактически, модернизация и переход на новые технологии значительно ослабляют негативное воздействие изменения цен на сектор зданий благодаря более низкому энергопотреблению. Без этого сокращения – при уровне спроса на энергию, как в базовом сценарии, но ценах на энергию согласно сценарию ГД – общие годовые затраты на энергию могли бы составить до 28,23 доллара США за кв. м. Это на 17,65 доллара США выше, чем в базовом сценарии, и вдвое выше фактически прогнозируемого эффекта (увеличение на 8,08 доллара США) в сценарии ГД.

Меры по декарбонизации не только помогают компенсировать ценовые эффекты, но и снижают негативные внешние эффекты и общественные затраты (рисунок 18, справа). Средняя стоимость негативных внешних эффектов, которые затрагивают все семьи и особенно те, кто в настоящее время используют угольное отопление, снизится до 0,88 доллара США на кв. м в год.<sup>68</sup> Эти дополнительные выгоды неполностью компенсируют рост затрат на энергию. Поэтому

<sup>67</sup> Капитальные затраты на строительство исключены, т.е. представлены только средние затраты на эксплуатацию существующего здания. Среднее значение берется по фонду зданий в соответствующем году. Капитальные затраты на отопительные системы включены, поскольку срок их службы меньше, чем у зданий, т.е. отопительные системы в здании могут быть заменены несколько раз, прежде чем здание будет снесено. Для сопоставимости, капитальные затраты на отопление рассчитываются в годовом исчислении за весь срок службы, предполагая линейную амортизацию.

<sup>68</sup> В модели SD-KAZ затраты и внешние эффекты жилых зданий рассчитываются для различных географических зон и типов зданий (например, отдельно стоящие или многоквартирные дома, различные системы отопления). Средняя стоимость негативных внешних эффектов на квадратный метр, представленная здесь, получена путем агрегирования внешних эффектов на уровне страны (по географическим районам и типам зданий) и деления их на общую площадь зданий в соответствующем году. Общие годовые и кумулятивные внешние эффекты на уровне страны представлены в таблице 36 и таблице 37 в Приложении, соответственно.

необходимо активное участие государства как для поддержки социально уязвимых групп населения, так и для ускорения модернизации и поддержания амбиций по декарбонизации.

### *Промышленность*

В общем формате отчетности МГЭИК энергетический сектор охватывает также сжигание топлива в промышленности. Промышленность включает в себя обрабатывающую, горнодобывающую и строительную отрасли. Однако строительство и неэнергетическая добыча полезных ископаемых составляют лишь небольшую часть выбросов в этой группе, поэтому в данном разделе основное внимание будет уделено обрабатывающей промышленности.

Декарбонизация промышленности потребует широкомасштабного расцепления (декаплинга) промышленного роста и использования ископаемого топлива. Хотя в настоящее время предпринимаются определенные усилия по модернизации, сохраняющаяся зависимость роста от поставок энергии приведет к тому, что к 2050 году в базовом сценарии выбросы ПГ от использования энергии в промышленности увеличатся более чем в два раза, по сравнению с 1990 годом. В сценарии ГД, напротив, выбросы ПГ в 2050 году вырастут всего на 6% по сравнению с уровнем 1990 года, а по сравнению с 2017 годом сократятся на 33%. Незначительный рост выбросов по сравнению с 1990 годом обусловлен массивным ростом промышленного производства, а снижение по сравнению с 2017 годом демонстрирует достижения в области энергоэффективности и использования низкоуглеродной энергии. Это станет результатом отраслевой трансформации по нескольким направлениям:

- Как и в других секторах, амбициозные меры по повышению энергоэффективности значительно замедлят рост спроса на энергию и, соответственно, выбросов ПГ, несмотря на быстрый рост производства;
- Технологическая модернизация существенно изменит структуру энергобаланса в промышленности, со сдвигом в сторону электричества и тепла, а также активного использования возобновляемых видов топлива, таких как водород и биотопливо;
- В долгосрочной перспективе промышленность также будет внедрять технологии УХУ в тех областях, где невозможно избежать сжигания ископаемого топлива.

### **Задача декарбонизации**

В Казахстане обрабатывающая промышленность составляет около 14,5% от общего объема внутреннего производства и 6,8% занятости. На добычу полезных ископаемых (добыча руд и минералов, а также услуги горнодобывающей промышленности) приходится еще 4,6% производства и около 1,4% занятости. Крупнейшими секторами обрабатывающей промышленности являются цветная металлургия (25%), пищевая промышленность (22%) и черная металлургия (18%).

За последние 20 лет промышленное производство в Казахстане значительно увеличилось, что привело к росту соответствующих выбросов ПГ. К 2017 году выбросы от сжигания топлива в промышленности достигли 190% по отношению к уровню 1990 года (рисунок 19). Промышленность также является крупнейшим потребителем конечной энергии (41%, или 16,8 млн. т н.э. в 2017 году) и, с наибольшей вероятностью, останется таковым в будущем.

В последние десятилетия правительство Казахстана уделяло первостепенное внимание быстрому наращиванию объемов добычи ископаемого топлива и горнодобывающего сектора, создавая экономическую модель, глубоко основанную на богатых природных ресурсах и зависящую от экспорта ископаемого топлива и минералов. Это отражается как в структуре

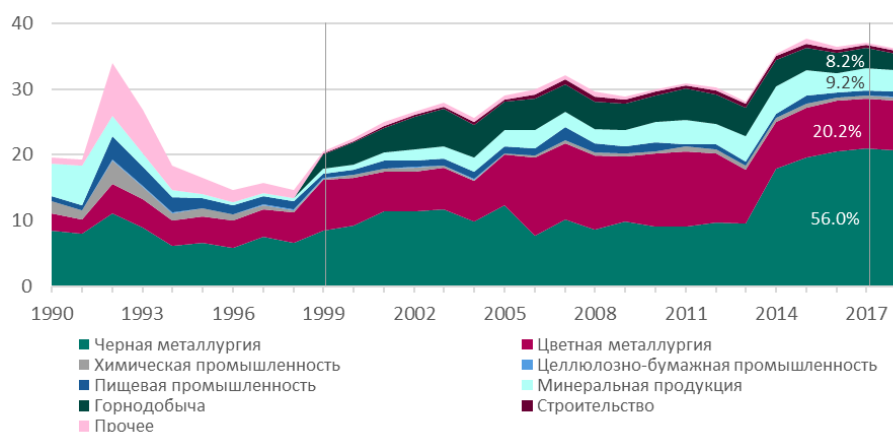
производства и экспорта, так и в структуре выбросов ПГ от использования энергии в промышленности.

**Таблица 19. Характеристики горнодобывающей и обрабатывающей промышленности в Казахстане**

|                                                                            | 2017  |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| Выпуск в обрабатывающей промышленности, млрд. долл. США                    | 37,19 |
| Добавленная стоимость в обрабатывающей промышленности, млрд. долл. США     | 16,59 |
| Доля в общей добавленной стоимости, %                                      | 11,2% |
| Доля в общей занятости, %                                                  | 6,8%  |
| Выпуск в добыче руды и полезных ископаемых, млрд. долл. США                | 11,71 |
| Добавленная стоимость в добыче руды и полезных ископаемых, млрд. долл. США | 5,97  |
| Доля в общей добавленной стоимости, %                                      | 4,0%  |
| Доля в общей занятости, %                                                  | 1,4%  |
| Доля в выбросах от сжигания топлива – промышленность, %                    | 12%   |
| Доля в выбросах от сжигания топлива – горнодобыча, %                       | 1,0%  |
| Совместная доля в общих выбросах ПГ, %                                     | 11%   |

Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

**Рисунок 19. Структура выбросов ПГ от сжигания топлива в промышленности, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



Примечания: До 1999 года горнодобывающая промышленность и строительство включены в категорию «Прочее». В 2017 году доли не показаны для пищевой промышленности (1,9%), химической промышленности (1,4%), строительства (1,1%), целлюлозно-бумажной промышленности (0,1%), прочей промышленности (1,2%).

Источник данных: (МЭГПР РК, 2020)

Разбивка горнодобывающей и обрабатывающей промышленности на подсектора показывает, что 7 из 10 ведущих секторов (по объему выпуска) также входят в 10 наиболее интенсивных секторов по выбросам ПГ (по выбросам на стоимость выпуска, см. также таблицу 38 в Приложении). С учетом летучих и технологических выбросов (см. также раздел 4.4), промышленность производит более пятой части всех выбросов в экономике. Учитывая только выбросы от сжигания топлива, черная и цветная металлургия – два из пяти ведущих секторов экономики Казахстана – произвели более трех четвертей выбросов ПГ в промышленности в 2017 году (рисунок 19).

Снижение выбросов ПГ в энергоемкой промышленности является сложной задачей:

- Во-первых, производство многих видов продукции использует высокотемпературные процессы, и выработка тепла может составлять значительную часть общего потребления

энергии в этих секторах. «Зеленые» технологии для производства высокотемпературного тепла часто еще не доступны на рынке;

- Во-вторых, многие производственные подразделения включают в себя наборы высокоинтегрированных процессов, и изменение одного процесса часто требует перепроектирования всего производства;
- В-третьих, учитывая длительный жизненный цикл устанавливаемого промышленного оборудования, отказ от установки современного оборудования может либо надолго укоренить менее эффективное с точки зрения выбросов ПГ оборудование, либо нести все больший риск превращения в безнадёжные активы;
- В-четвертых, модернизация существующего оборудования и замена физического капитала на более современные технологические решения требует больших инвестиций;
- Наконец, инвестиции в новые, эффективные с точки зрения выбросов ПГ и экологически чистые технологические решения сдерживаются региональной конкуренцией с производителями в соседних странах и импортом из соседних стран с более низкими экологическими стандартами.

Важно также отметить, что экономика Казахстана в значительной степени зависит от экспорта сырьевых товаров и, таким образом, подвержена колебаниям мировых цен. Климатическая политика, особенно в ЕС, будет иметь значительное отрицательное влияние на углеродоемкий экспорт из Казахстана. Переход ЕС и других стран к чистой углеродной нейтральности к 2050 году снизит общий спрос на ископаемое топливо, и в то же время, чтобы избежать утечки углерода, будут введены так называемые механизмы пограничной углеродной корректировки (СВАМ)<sup>69</sup> для налогообложения углеродного следа импортной продукции с высоким уровнем выбросов.

Крупнейшие промышленные эмиттеры ПГ – нефтедобыча и металлургия – также составляют большую часть экспорта Казахстана (62% и 16% соответственно). В настоящее время Европейский Союз является крупнейшим импортером казахстанской сырой нефти с долей 77%, а крупнейшими импортерами металлов из Казахстана являются Китай и ЕС (34% и 16% соответственно). Это порождает выбор между затратами на модернизацию производственных процессов для снижения выбросов, связанных с энергетикой и промышленными процессами, и потерей доходов от экспорта и, следовательно, доходов как частного, так и государственного секторов, особенно в условиях базового сценария. Это означает, что, хотя международные усилия по снижению выбросов ПГ увеличивают внешние риски для экономики Казахстана, казахстанская промышленность также получает мощные стимулы для инвестиций в декарбонизацию, чтобы сохранить свои позиции на международных рынках.

#### Пути декарбонизации в промышленности

Пути декарбонизации в промышленности характеризуются возрастающим отрывом экономического роста от энергопотребления. В базовом сценарии выбросы от сжигания топлива в промышленности будут продолжать расти, удвоившись к 2050 году по сравнению с уровнем 1990 года. В отличие от этого, в сценарии ГД валовые выбросы будут расти медленнее и даже начнут снижаться после 2040 года. В результате в 2050 году валовые выбросы будут на 55% выше, чем в 1990 году, но на 53% ниже, чем в базовом сценарии. Это снижение в основном обусловлено сокращением выбросов ПГ в черной и цветной металлургии и в минеральной промышленности.

<sup>69</sup> Англ.: Carbon border adjustment mechanism

**Таблица 20. Выбросы ПГ от сжигания топлива в промышленности по отраслям, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**

|                               | Базовый      |              |              |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая декарбонизация |              |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                               | 2017         | 2030         | 2040         | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                    | 2040         | 2050         |
| Черная металлургия            | 17,03        | 20,15        | 22,89        | 34,16        | 11,06             | 9,42         | 10,63        | 10,95                   | 8,71         | 8,46         |
| Цветная металлургия           | 1,91         | 1,92         | 1,71         | 1,81         | 1,89              | 1,65         | 1,74         | 1,64                    | 1,58         | 0,95         |
| Химическая промышленность     | 0,01         | 0,03         | 0,07         | 0,07         | 0,03              | 0,09         | 0,09         | 0,03                    | 0,08         | 0,09         |
| Пищевая промышленность        | 0,36         | 1,20         | 1,52         | 0,71         | 1,02              | 1,58         | 2,50         | 1,18                    | 1,86         | 0,00         |
| Минеральная промышленность    | 3,45         | 4,43         | 6,20         | 7,51         | 4,23              | 5,83         | 6,05         | 4,33                    | 5,63         | 2,77         |
| Добыча полезных ископаемых    | 5,49         | 7,88         | 11,77        | 13,60        | 7,97              | 12,31        | 14,23        | 7,95                    | 13,32        | 15,53        |
| Другие отрасли, строительство | 2,85         | 3,98         | 6,63         | 6,46         | 3,68              | 5,69         | 8,06         | 6,18                    | 10,91        | 2,62         |
| <b>Валовые выбросы ПГ</b>     | <b>31,11</b> | <b>39,59</b> | <b>50,79</b> | <b>64,32</b> | <b>29,88</b>      | <b>36,56</b> | <b>43,29</b> | <b>32,27</b>            | <b>42,08</b> | <b>30,41</b> |
| Технологии УХУ                | 0            | 0            | 0            | 0            | 0                 | 0            | 0            | 0                       | -9,0         | -9,5         |
| <b>Чистые выбросы ПГ</b>      | <b>31,11</b> | <b>39,59</b> | <b>50,79</b> | <b>64,32</b> | <b>29,88</b>      | <b>36,56</b> | <b>43,29</b> | <b>32,27</b>            | <b>33,08</b> | <b>20,87</b> |

Кроме того, с 2035 года в сценарии ГД будут внедряться технологии улавливания и хранения углерода (УХУ), позволяющие улавливать до 9,5 Мт CO<sub>2</sub>. В сценарии ГД это соответствует трети оставшихся выбросов. В результате, в сценарии ГД чистые выбросы от сжигания топлива в промышленности в 2050 году будут лишь на 6% выше, чем в 1990 году, и на 68% ниже, чем в базовом сценарии.

Такое значительное сокращение выбросов ПГ достигается за счет повышения энергоэффективности в промышленности и особенно за счет изменений в структуре энергопотребления. В таблице 21 представлены изменения в энергоемкости отдельных отраслей промышленности по различным сценариям (энергопотребление на доллар США продукции). Постепенная замена изношенного оборудования приведет к повышению энергоэффективности в большинстве отраслей промышленности во всех трех сценариях. Однако в сценарии ГД прирост энергоэффективности будет самым высоким, при этом снижение энергоемкости в 2050 году может достигнуть 30% по сравнению с базовым сценарием и 48% по сравнению с 2017 годом.<sup>70</sup>

Значительное сокращение выбросов ПГ обусловлено изменением структуры энергопотребления. Уголь, который в настоящее время и в базовом сценарии является основным источником энергии для черной металлургии и одним из основных источников энергии для цветной металлургии (рисунок 20), в сценариях ЗЭ и ГД будет в значительной степени заменен природным газом, теплом и электричеством. После 2040 года также будет использоваться водород, хотя он остается незначительной технологией в Казахстане. Подобные сдвиги в сторону более устойчивой структуры энергопотребления ожидаются и в других секторах (см. также рисунок 41 в Приложении). Некоторые отрасли, например, пищевая промышленность, даже смогут стать углеродно-нейтральными, полностью перейдя на электричество и тепло (см. также таблицу 20).

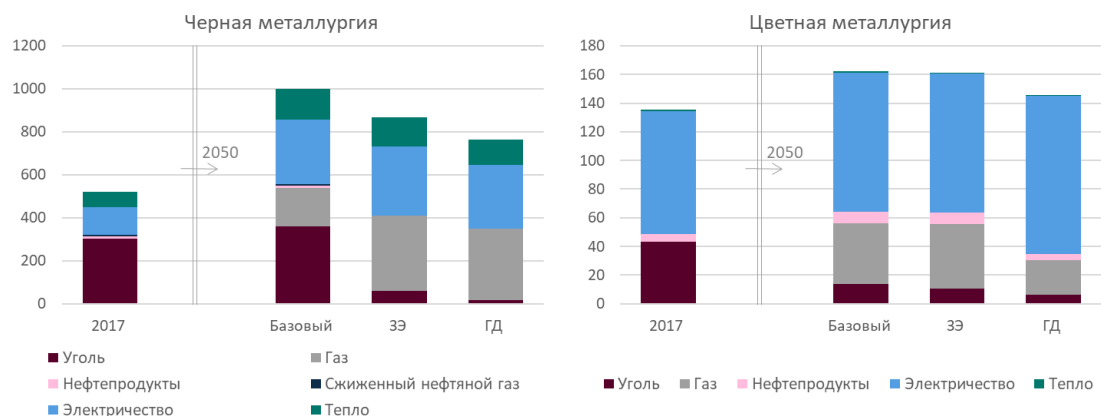
<sup>70</sup> Добыча полезных ископаемых и производство минеральной продукции являются составными секторами, включающими различные виды продукции, каждый из которых имеет различную энергоемкость. Незначительное увеличение энергоемкости в этих секторах в сценарии ГД по сравнению с базовым обусловлено изменением их структуры, с увеличением доли энергоемкой продукции. Например, среди минеральных продуктов производство цемента в три раза более энергоемко, чем у остальной продукции, и увеличение его доли в секторе повышает энергоемкость, несмотря на значительный рост энергоэффективности всех продуктов.



**Таблица 21. Энергоемкость производства в отдельных отраслях промышленности, кДж/долл. США**

|                            | 2017 | Базовый |      |      |      | Зеленая экономика |      |      | Глубокая декарбонизация |      |  |
|----------------------------|------|---------|------|------|------|-------------------|------|------|-------------------------|------|--|
|                            |      | 2030    | 2040 | 2050 | 2030 | 2040              | 2050 | 2030 | 2040                    | 2050 |  |
| Добыча полезных ископаемых | 9,6  | 9,6     | 9,6  | 9,6  | 9,6  | 9,6               | 9,4  | 9,1  | 10,0                    | 10,0 |  |
| Химическая промышленность  | 18,8 | 17,1    | 15,3 | 19,3 | 20,0 | 14,0              | 14,7 | 18,3 | 13,5                    | 13,6 |  |
| Черная металлургия         | 28,1 | 20,5    | 18,8 | 18,1 | 17,9 | 15,9              | 15,7 | 16,8 | 15,2                    | 13,8 |  |
| Цветная металлургия        | 5,7  | 5,0     | 4,4  | 4,1  | 5,0  | 4,4               | 4,1  | 4,5  | 4,4                     | 3,7  |  |
| Минеральная продукция      | 25,6 | 18,8    | 14,3 | 13,4 | 18,5 | 13,4              | 10,3 | 17,6 | 12,4                    | 13,6 |  |
| Пищевая промышленность     | 1,7  | 1,6     | 1,5  | 1,4  | 1,6  | 1,5               | 1,6  | 1,7  | 1,5                     | 1,2  |  |

**Рисунок 20. Конечный спрос на энергию в металлургии по видам топлива, тыс. т н.э.**



## 4.4 Промышленные процессы

Выбросы ПГ от промышленных процессов и использования продукции (ППИП) возникают в результате химических реакций или физического преобразования материалов в процессе промышленного производства. Поэтому выбросы ПГ от производственных процессов учитываются отдельно от выбросов, вызванных сжиганием топлива. Хотя некоторые выбросы являются результатом использования растворителей и других компонентов, большинство выбросов от ППИП обусловлено процессами производства базовых материалов, таких как минералы и металлы.

Сокращение выбросов от ППИП потребует значительных преобразований как со стороны спроса, так и со стороны предложения. Основные элементы таких преобразований включают:

- Сокращение потребления базовых материалов за счет улучшения дизайна продукции и использования альтернативных материалов;
- Увеличение объемов переработки отходов для снижения потребности в переработке сырья как основного источника выбросов от ППИП;
- Внедрение новых технологий производства с нулевым уровнем выбросов ПГ.

### 4.4.1 Задача декарбонизации

Наибольшая доля выбросов ПГ от промышленных процессов происходит при производстве базовых материалов – цемента, чугуна и стали, алюминия<sup>71</sup>. При производстве цемента

<sup>71</sup> На долю производства чугуна и стали приходится 9% мировых выбросов ПГ, на долю производства цемента – 7%, а алюминия – 2%. Источник: (Neuhoff, et al., 2018, p. 7)



известняк ( $\text{CaCO}_3$  – карбонат кальция) обжигается для удаления из него углерода, в результате чего образуется известь ( $\text{CaO}$  – оксид кальция) и выделяется углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). Эта химическая реакция является одним из основных источников глобальных выбросов углекислого газа.<sup>72</sup>

Выплавка алюминия в настоящее время осуществляется в форме окислительно-восстановительной реакции между сырьем – глиноземом ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) – и углеродными анодами. При этой реакции алюминий восстанавливается до металлической формы, а углерод анодов окисляется до углекислого газа. В целом, в металлургии выделяются различные парниковые газы, связанные с технологическими процессами, включая также фторированные газы (F-газы).

В Казахстане эти две отрасли промышленности производят более 92% всех выбросов от промышленных процессов (62% в металлургии и 30% в минеральной промышленности, см. также рисунок 21).<sup>73</sup> С экономической точки зрения на эти два сектора приходится около 7% общего объема производства и 3% занятости (см. таблицу 22).

**Таблица 22. Характеристики отраслей металлургии и минеральной промышленности в Казахстане**

|                                                                             | 2017  |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| Выпуск в металлургии, млрд. долл. США                                       | 17,02 |
| Добавленная стоимость в металлургии, млрд. долл. США                        | 7,50  |
| Доля в общей добавленной стоимости, %                                       | 5,0%  |
| Доля в общей занятости, %                                                   | 0,9%  |
| Выпуск в производстве минеральной продукции, млрд. долл. США                | 1,82  |
| Добавленная стоимость в производстве минеральной продукции, млрд. долл. США | 0,82  |
| Доля в общей добавленной стоимости, %                                       | 0,6%  |
| Доля в общей занятости, %                                                   | 0,3%  |
| Доля в выбросах от ППИП – металлургия, %                                    | 62%   |
| Доля в выбросах от ППИП - минеральная продукция, %                          | 30%   |
| Совместная доля в общих выбросах ПГ, %                                      | 6%    |

Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

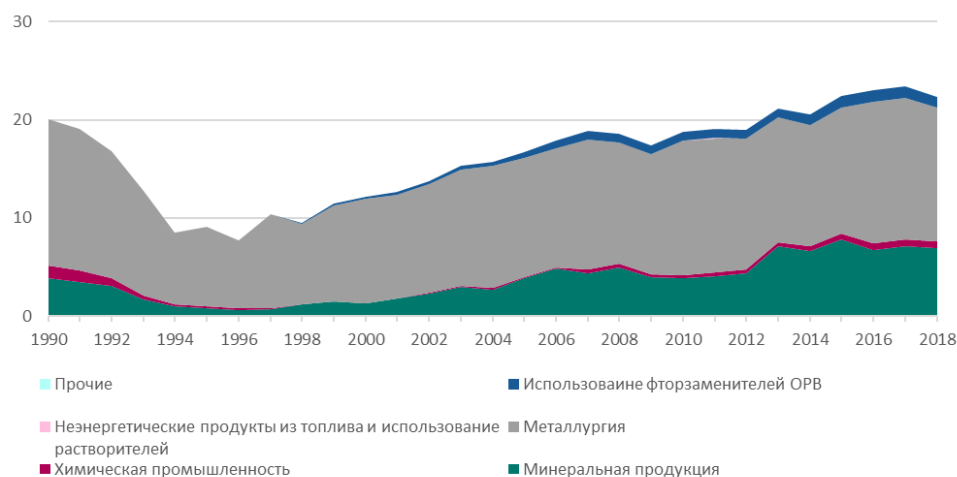
Категория «промышленные процессы и использование продукции» (ППИП) также включает выбросы от использования растворителей и других компонентов, таких как заменители озоноразрушающих веществ (ОРВ). К последним относятся F-газы, используемые для охлаждения и кондиционирования, пожаротушения, аэрозолей, растворителей и производства пены.

Хотя доля выбросов ПГ от промышленных процессов в общем объеме чистых выбросов оставалась стабильной с 2005 года и составляла около 6%, выбросы от ППИП росли с 1996 года, в основном за счет минеральной промышленности, выбросы которой почти удвоились с 1990 года. В целом, к 2017 году выбросы от ППИП были на 17% выше уровня 1990 года. Хотя для снижения технологических выбросов осуществляются проекты модернизации, в настоящее время общий рост промышленного производства быстро сводит на нет достигнутые сокращения.

<sup>72</sup> Примерно половина выбросов при производстве цемента связана с технологическими выбросами, другая половина – это выбросы от сжигания топлива для достижения высоких температур, необходимых для производственного процесса.

<sup>73</sup> В минеральной промышленности выбросы ПГ от производства цемента составили 56% от всей отрасли в 2018 году.

**Рисунок 21. Выбросы от промышленных процессов, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



Источники данных: (МЭГПР РК, 2020)

Устойчивое сокращение выбросов ПГ от промышленных процессов потребует глубокой трансформации промышленности путем изменения используемых технологических процессов. Это тесно переплетается с проблемами, рассмотренными в разделе 4.3.5 (Промышленность), включая высокие инвестиционные затраты, необходимые для модернизации или замены оборудования, и тесную интеграцию промышленных процессов, которая часто требует реструктуризации всего производственного процесса.

#### 4.4.2 Пути декарбонизации промышленных процессов

Декарбонизация промышленных процессов требует значительных изменений как со стороны спроса, так и со стороны предложения. Это включает в себя замену углеродоемких первичных продуктов, таких как цемент, сталь или алюминий, на другие продукты с меньшей интенсивностью выбросов ПГ. В то же время использование технологий с меньшими выбросами ПГ для производства базовых материалов (например, водорода при производстве стали) и в сочетании с улавливанием и хранением углерода также приведет к снижению углеродного следа. В данном подразделе будут приведены примеры передовой практики декарбонизации для трех основных эмиттеров выбросов от ППИП: производства стали, алюминия и цемента.

Со стороны спроса двумя основными направлениями действий являются эффективность использования материалов и использование альтернативных материалов, которые снижают потребность в первичном производстве. Материалоэффективность, в частности, включает в себя изменения в конструкции изделий, благодаря чему увеличивается срок их службы, для производства требуется меньше материалов или компоненты изделия могут быть переработаны. Потенциал сокращения выбросов в этих двух областях деятельности различается по секторам.

Например, в производстве алюминия эффективная переработка может снизить спрос на первичный алюминий и сократить общие выбросы на 27% в 2050 году по сравнению с сегодняшним днем, несмотря на ожидаемый рост спроса на алюминиевую продукцию.<sup>74</sup> Использование стального лома в сочетании с электродуговыми печами (ЭДП) может снизить углеродоемкость производства стали до 83%, что позволит снижать выбросы даже при растущем

<sup>74</sup> По данным (IAI, 2021)

спросе.<sup>75</sup> Это связано с тем, что переработка металлолома требует гораздо меньше энергии и позволяет миновать этап выплавки металла из руды, в ходе которого происходят технологические выбросы ПГ. При использовании возобновляемых источников энергии производство алюминия или стали из металлолома может стать полностью углеродно-нейтральным.

В производстве цемента, напротив, основное внимание уделяется использованию альтернативных строительных материалов, таких как многослойная древесина, и улучшению архитектурного дизайна. Эти сдвиги могут составить 9% и более от общего потенциала сокращения выбросов при производстве цемента (включая энергопотребление). Этот потенциал сокращения так же велик, как и потенциал использования заменителей клинкера для производства цемента.<sup>76</sup>

Со стороны предложения снижение выбросов ПГ от промышленных процессов потребует внедрения новых технологий. Например, в металлургии решающую роль будет играть отказ от окисления руды с использованием углерода и тепла (процесс, приводящий к выбросам CO<sub>2</sub>). В производстве алюминия отказ от использования углерода при выплавке за счет применения инертных анодов может снизить прямые (энергетические и технологические) выбросы в секторе на 15%.<sup>77</sup> В производстве стали уже сегодня использование прямого восстановления железа (англ. Direct Reduction of Iron – DRI) на основе природного газа значительно сокращает выбросы от ППИП, на 30% по сравнению с устаревшими доменными печами и конвертерным процессом и на 42% по сравнению с технологиями DRI на основе угля.<sup>78</sup> Использование («зеленого») водорода для DRI в сочетании с электродуговыми печами на ВИЭ открывает возможности для углеродно-нейтрального производства стали.

Важность выбора технологий для снижения выбросов от промышленных процессов хорошо иллюстрируется прогнозируемой трансформацией производства чугуна и стали в Казахстане. На рисунке 21 показано изменение технологических выбросов при производстве чугуна и стали в трех сценариях в результате смены технологий.<sup>79</sup> В базовом сценарии большая часть стали будет по-прежнему производиться в конвертерах с промежуточным этапом извлечения железа из руды в доменных печах. Этот процесс создает значительные выбросы ПГ в процессе переработки руды, и по мере роста производства стали будут расти и технологические выбросы. К 2050 году технологические выбросы от производства чугуна и стали в базовом сценарии будут на 61% выше, чем в 2017 году, и на 8% выше, чем в 1990 году. Однако в сценариях ЗЭ и ГД с 2025 года прогнозируется переход на газовые технологии DRI и модернизация процессов производства агломерата из железной руды. В сценарии ЗЭ переход на усовершенствованные технологии производства агломерата прогнозируется в основном между 2030 и 2035 годами. Рост производства, однако, приводит к небольшому увеличению выбросов ПГ. В сценарии ГД, напротив, после 2030 года происходит дополнительное обновление технологий, так что,

---

<sup>75</sup> Источник: (BHP, 2020)

<sup>76</sup> По данным (Czigler, Reiter, Schulze, & Somers, 2020)

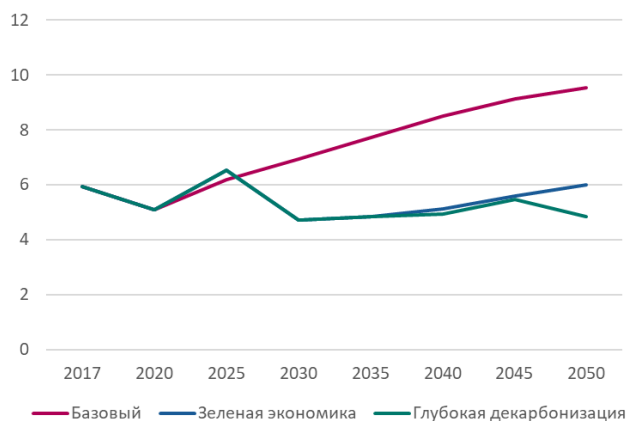
<sup>77</sup> Источник: (IAI, 2021)

<sup>78</sup> Источник: (BHP, 2020)

<sup>79</sup> Анализировались только выбросы CO<sub>2</sub>. Сценарии концентрируются на выборе технологий в полном производственном цикле от железной руды до стали и предполагают одинаковое количество стального лома для производства стали. Крупномасштабная модернизация оборудования во всей экономике приведет к образованию значительного количества металлолома и может помочь снизить спрос на переработку железной руды и, следовательно, выбросы от ППИП. Однако оценка количества стального лома, потенциально доступного для переработки, была за рамками настоящего моделирования.

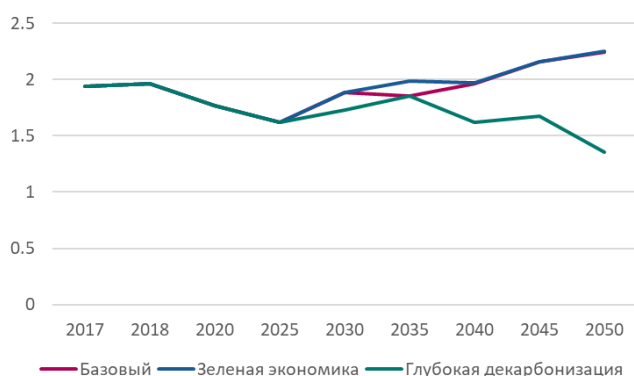
несмотря на рост производства, после 2045 года выбросы ПГ будут самыми низкими по всем трем сценариям. В 2050 году технологические выбросы от производства чугуна и стали в сценарии ГД могут стать на 49% ниже, чем в базовом сценарии, на 18% ниже, чем в 2017 году, и на 45% ниже, чем в 1990 году.

**Рисунок 22. Расчетные технологические выбросы ПГ от производства чугуна и стали, Мт CO<sub>2</sub>**



Аналогично, текущие процессы производства алюминия в Казахстане не используют новейшие доступные технологии. В базовом сценарии внедрение усовершенствованных технологий постепенно начнется с 2030 года, по мере того как срок службы существующего оборудования подходит к концу. Это лишь временно снизит технологические выбросы. С ростом производства алюминия выбросы ПГ существенно возрастут (рисунок 23). Сценарий ГД предполагает тот же уровень производства, за исключением незначительного снижения после 2045 года, и замену существующего оборудования на современные технологии с низким уровнем выбросов. В результате наблюдается тенденция к снижению выбросов от промышленных процессов. Если в базовом сценарии технологические выбросы от производства алюминия в 2050 году на 16% выше, чем в 2017 году, то в сценарии ГД в 2050 году выбросы на 30% ниже, чем в 2017 году, и на 40% ниже, чем в базовом сценарии.<sup>80</sup>

**Рисунок 23. Расчетные технологические выбросы ПГ от производства алюминия, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



При производстве цемента большинство технологических выбросов происходит в результате обжига известняка (карбоната кальция) для удаления углерода и получения извести (оксида кальция) и, в конечном итоге, клинкера. Эта химическая реакция является одним из основных

<sup>80</sup> Сравнение с 1990 годом невозможно, так как данные о выбросах ПГ от производства алюминия в Казахстане за этот год отсутствуют.

источников глобальных выбросов углекислого газа. Изменение состава цемента, т.е. уменьшение доли клинкера в цементе, способно снизить соответствующие выбросы ПГ на 30%.<sup>81</sup>

Заслуживающим внимания подходом в последнее время является также производство так называемого бетона с углеродным отверждением. Используя способность цемента поглощать CO<sub>2</sub>, при данном подходе CO<sub>2</sub> впрыскивается в цемент во время производства, что не только позволяет сохранить CO<sub>2</sub> в конечном продукте, но и улучшает физические характеристики цемента. Это может помочь значительно снизить углеродный след от производства цемента и даже обеспечить спрос на улавливаемый углерод из других секторов. В совокупности технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и использование бетона с углеродным отверждением имеют потенциал для сокращения выбросов от производства цемента на 48%.<sup>82,83</sup>

Технологии улавливания и хранения или использования CO<sub>2</sub> будут продолжать играть значительную роль и в других секторах. По оценкам, эти технологии могут сократить прямые выбросы на 35% при производстве алюминия и на 60% при производстве стали.<sup>84</sup> В целом, следует отметить, что многие варианты декарбонизации промышленных процессов предполагают обновление оборудования и реструктуризацию производства таким образом, чтобы разделить производственные процессы или позволить легко модернизировать оборудование с низкоуглеродных до безуглеродных процессов (например, переход с природного газа на водород в DRI). Поэтому, даже если некоторые технологии все еще дороги для некоторых производителей (например, DRI на водороде или УХУ на цементных заводах), переходные технологии (например, DRI на природном газе) и улучшение процессов (например, закачка CO<sub>2</sub> в цемент, которая впоследствии будет снабжаться собственными установками УХУ) готовят почву для полного устранения технологических выбросов парниковых газов в этих отраслях.

#### 4.5 Сельское и лесное хозяйство, другие виды землепользования

Сельское, лесное хозяйство и другие виды землепользования (англ. Agriculture, Forestry and Other Land Use – AFOLU) отличаются от других секторов МГЭИК тем, что они не только выбрасывают парниковые газы, но и имеют потенциал для поглощения углерода почвами и растительностью. Поэтому увеличение поглощающей способности поглотителей углерода в лесах и других экосистемах является важным элементом декарбонизации. Подобно технологиям УХУ, связывание углерода в AFOLU может ослабить давление для достижения углеродной нейтральности в секторах, где необходимые для этого технологии еще не доступны на рынке.

Траектории выбросов в AFOLU отличаются в двух подкатегориях: сельском хозяйстве и землепользовании. Рост сельскохозяйственного производства приведет к увеличению выбросов во всех трех сценариях, хотя меры по декарбонизации замедлят эту тенденцию в сценариях ЗЭ и ГД. Категория землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ), однако, становится чистым поглотителем углерода во всех трех сценариях, причем в

---

<sup>81</sup> Источник: (IEA & CSI, 2018)

<sup>82</sup> По данным (Czigler, Reiter, Schulze, & Somers, 2020)

<sup>83</sup> Поскольку технологии УХУ учтены при моделировании энергетического сектора, а другие упомянутые подходы еще не доступны в Казахстане, пути сокращения выбросов от ПП не моделировались для производства цемента.

<sup>84</sup> Алюминий: (IAI, 2021); Сталь: (BHP, 2020)

сценариях ЗЭ и ГД поглощающая способность более чем в два раза выше, чем в базовом сценарии. Основные меры по декарбонизации включают:

- Повышение амбициозности устойчивого земледелия и управления животноводством;
- Совершенствование орошения;
- Программы устойчивого лесопользования и лесовосстановления.

#### 4.5.1 Задача декарбонизации

В сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и других видах землепользования (AFOLU) земля является важнейшим ресурсом. Это выделяет данный сектор среди всех секторов МГЭИК, поскольку его потенциал по снижению выбросов имеет двоякий характер: с одной стороны, сокращение выбросов, связанных с производством, за счет изменений в управлении почвами, питательными веществами и животноводством, с другой стороны, потенциал связывания парниковых газов за счет поглощения углерода в почве и биомассе.<sup>85</sup> Биоэнергия, произведенная из биомассы и сельскохозяйственных отходов, представляет собой еще один путь снижения выбросов парниковых газов от AFOLU.

Сельское и лесное хозяйство обеспечивают около 5% ВВП Казахстана и составляют более 15% общей занятости (таблица 23). Более 40% населения Казахстана проживает в сельской местности. Площадь пахотных земель в 2017 году составила 21,8 млн. га, сократившись с 35 млн. га в 1990 году. Около 70% сельскохозяйственных земель используются для выращивания зерновых (включая рис) и бобовых культур, а 15% – для выращивания кормовых культур для животных. Развитие животноводства также претерпело значительные изменения. В 2017 году общее количество крупного рогатого скота достигло лишь 70% от уровня 1990 года, соответствующие показатели снизились для птицы до 66%, для овец и коз до 53%, а для свиней до 27%. Только для лошадей (144%) и верблюдов (133%) этот показатель увеличился.

**Таблица 23. Характеристики сельского и лесного хозяйства в Казахстане**

|                                                  | 2017  |
|--------------------------------------------------|-------|
| Выпуск, млрд. долл. США                          | 12,93 |
| Добавленная стоимость, млрд. долл. США           | 7,30  |
| Доля в общей добавленной стоимости, %            | 5,1%  |
| Доля в общей занятости, %                        | 15,4% |
| Доля в общих выбросах ПГ - сельское хозяйство, % | 9,1%  |
| - из них животноводство                          | 5,7%  |
| Доля в общих выбросах ПГ – ЗИЗЛХ, %              | 0,2%  |

Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

Сельскохозяйственное производство одновременно вызывает изменения в окружающей среде и подвергается воздействию этих изменений, поскольку сельское хозяйство оказывает огромный экологический эффект на изменение климата, доступность воды, деградацию земель, обезлесение и другие процессы.

На сельское хозяйство приходится значительная доля выбросов парниковых газов в Казахстане: 9,1%, из которых выбросы от животноводства достигают около 62% от общего объема выбросов

<sup>85</sup> До 2006 года МГЭИК классифицировала выбросы и поглощение антропогенных ПГ от AFOLU в двух отдельных секторах: землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ) и сельское хозяйство.



ПГ в сельском хозяйстве, или 5,7% от выбросов ПГ в стране. После достижения минимума в 1998 году, выбросы ПГ от внутренней ферментации снова растут в среднем на 3,5% в год. Этот рост выбросов ПГ отражает как увеличение поголовья животных, так и рост продуктивности молочного и другого скота с течением времени.<sup>86</sup>

Смягчающий эффект AFOLU – поглощение парниковых газов путем связывания углерода в почве и биомассе – происходит в лесах, пахотных землях, лугах, водно-болотных угодьях, населенных пунктах и других землях по всей стране. Что касается землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ), лесное хозяйство является крупнейшим поглотителем углерода в Казахстане, связав 19,5 Мт CO<sub>2</sub> в 2017 году. Однако в 2017 году общий баланс ЗИЗЛХ изменился, и ЗИЗЛХ превратились в нетто-эмиттера ПГ в размере 0,2% от общего объема выбросов. Чтобы обратить эту тенденцию вспять, в Казахстане все активнее сажаются деревья. Лесной фонд Республики Казахстан управляет 30,1 млн. га лесов<sup>87</sup> и осуществляет лесопосадки (государственные и частные) и устойчивое восстановление лесов, необходимые для расширения лесного покрова. В конце 2020 года был объявлен амбициозный план по посадке более двух миллиардов деревьев до 2025 года.<sup>88</sup>

Изменение климата изменит структуру осадков и биомов в Казахстане. Это окажет непосредственное влияние на сельское хозяйство: увеличится частота и интенсивность экстремальных погодных явлений, повысится средняя температура и снизится доступность воды для орошения. В настоящее время на сельское хозяйство приходится две трети национального потребления воды.<sup>89</sup> Таким образом, изменение климата может привести к негативным последствиям для роста урожайности большинства сельскохозяйственных культур и почти во всех регионах.<sup>90</sup>

Помимо серьезных климатических рисков, сельскохозяйственный сектор теряет около 1,5-4 млрд. долларов США в год из-за низкой продуктивности земель. Ожидается, что к 2030 году эти потери увеличатся, и это будет иметь огромное социальное воздействие. Почти треть сельскохозяйственных земель либо деградировала, либо находится под серьезной угрозой деградации, при этом более 10 млн. га потенциально пахотных земель на сегодняшний день заброшены. Около 66% всей земельной площади Казахстана подвержено опустыниванию. В то же время пастбища вблизи населенных пунктов страдают от чрезмерного выпаса скота (около 20 млн. га), тогда как в отдаленных районах выпас почти не производится.<sup>91</sup>

Правительство считает развитие сельского хозяйства одним из главных приоритетов, поскольку оно играет важную роль в обеспечении занятости, особенно в сельской местности, а также по соображениям социальной и продовольственной безопасности, при этом все чаще признается его важность для смягчения последствий изменения климата.<sup>92</sup> Однако ограниченный доступ к финансированию мешает многим фермерам развивать более продуктивный и устойчивый сельскохозяйственный сектор. Более 80% сельскохозяйственной инфраструктуры устарело. В

---

<sup>86</sup> Источник: (МЭГПР РК, 2021)

<sup>87</sup> Источник: (Мастер План лесного сектора, 2020)

<sup>88</sup> Источник: (МЭГПР РК, 2020)

<sup>89</sup> Источник: (Концепция "зеленой экономики", 2013)

<sup>90</sup> Источник: (Ruane, et al., 2018)

<sup>91</sup> Источник: (Концепция "зеленой экономики", 2013)

<sup>92</sup> Источник: (Концепция "зеленой экономики", 2013)

настоящее время только 1% сельскохозяйственных земель в Казахстане отводится под органическое сельское хозяйство.<sup>93</sup>

В сельскохозяйственном секторе Казахстана преобладают мелкие производители, на них приходится около 80% производства мяса и молока. Продукция мелких фермеров в основном продается на формальных или неформальных рынках, расположенных недалеко от места производства.<sup>94</sup> Крупные сельскохозяйственные предприятия составляют всего 5,5% специализированных сельскохозяйственных производителей, они обеспечивали четверть общей стоимости продукции в секторе в 2019 году. Крупные фирмы более важны в растениеводстве и составляют 32% в общем объеме производства продукции растениеводства и 16% в общем объеме животноводства. В свою очередь, сельские домохозяйства, многие из которых ведут натуральное хозяйство, произвели 27% стоимости продукции растениеводства и 66% стоимости продукции животноводства в 2019 году.<sup>95</sup> Оставшаяся часть продукции производится фермерами, на долю которых приходится 41% производства растениеводства и 18% животноводства. Средние сельскохозяйственные предприятия почти полностью отсутствуют в секторе. Эти структурные недостатки подавляют спрос на профессиональных поставщиков производственных ресурсов и услуг, которые помогли бы повысить производительность и качество для сектора в целом. Таким образом, доступ к таким технологиям и услугам, как корма, генетика, питательные вещества, консультационные услуги, маркетинг и упаковка, хранение, охлаждение и заморозка, механизация, ветеринарные услуги, в значительной степени отсутствует для мелких производителей и осуществляется собственными силами среди крупных производителей.<sup>96</sup> Такая структура сектора также подразумевает, что только крупные сельскохозяйственные производители имеют доступ к финансовым рынкам и финансовым продуктам. Повышение доступности финансирования, особенно микрофинансирования, может улучшить положение мелких фермеров и сельских районов в целом.<sup>97</sup>

#### 4.5.2 Пути декарбонизации в сельском хозяйстве и землепользовании

Территорию Казахстана можно разделить на четыре части в соответствии с климатическими зонами и соответствующими регионами (областями) (рисунок 24).<sup>98</sup> Зона 1 соответствует преимущественно умеренному (влажному) континентальному климату с теплым или жарким летом и холодной зимой. Она включает большую часть лесов и степей Казахстана. Зона 2 соответствует преимущественно холодному степному климату с теплым или жарким сухим летом и холодной зимой. Она в основном покрыта полупустынями и пустынями, хотя сухая степь также присутствует на севере области. В зоне 3 преобладает холодный сухой климат с жарким сухим летом и холодной сухой зимой. Соответственно, север зоны покрывают полупустыни, а юг – пустыни. Наконец, зона 4 соответствует влажному континентальному климату с жарким летом,

<sup>93</sup> Источник: (ПРООН Казахстан, 2020)

<sup>94</sup> Источник: (IFC & World Bank, 2017)

<sup>95</sup> По данным Бюро национальной статистики.

<sup>96</sup> Источник: (IFC & World Bank, 2017)

<sup>97</sup> На конец 2020 года около 94% от общего объема выданных микрокредитов в Казахстане было сосредоточено в 3 крупнейших городах: Алматы (83%), Нур-Султан (3%) и Шымкент (1%). Источник: (АМФОК, 2021)

<sup>98</sup> Анализ для сельского хозяйства был проведен с использованием модели системной динамики (SD-KAZ) с региональной разбивкой для отражения различных погодных условий в разных частях страны.

относительно мягкой зимой и значительными перепадами в размере осадков между сезонами. Большая часть территории этой зоны гористая, остальная часть в основном покрыта пустынями.

**Рисунок 24. Географические зоны модели системной динамики SD-KAZ**



В отличие от модели TIMES-KAZ, которая, в рамках установленных ограничений, выбирает оптимальные пути для достижения целевого результата (уровня выбросов), модель SD-KAZ рассматривает сценарные предположения как целевые меры политики и оценивает соответствующие результаты. Обзор предпосылок для анализа сценариев представлен в таблице 24. Эти предпосылки включают не только национальную и региональную политику, но и изменения в мировом климате.<sup>99</sup> Изменения в землепользовании (ЗИЗЛХ) включают меры по лесовосстановлению и восстановлению деградировавших земель (включая практики устойчивого управления землями). В сельском хозяйстве предполагается расширение практики устойчивого ведения сельского хозяйства<sup>100</sup>, особенно улучшение управления животноводством и расширение систем ирригации.<sup>101</sup>

Прогнозируемые выбросы ПГ от сельскохозяйственного производства представлены на рисунке 25 (справа) и в таблице 25. Согласно базовому сценарию, общий объем выбросов ПГ от сельского хозяйства увеличится с нынешних 34,9 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в год до 54,4 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в 2050 году. В сценарии ЗЭ общие выбросы ПГ от сельского хозяйства на 1,1% ниже, чем в базовом, и могут достигнуть уровня 53,3 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в год в 2050 году. В сценарии ГД общие выбросы ПГ в

<sup>99</sup> Изменения мирового климата имеют последствия для сельского и лесного хозяйства, поскольку они влияют на характер осадков и, как следствие, на доступность воды и эрозию почвы. Климатические сценарии, используемые в моделировании, соответствуют Репрезентативным путям концентрации МГЭИК (англ. Representative Concentration Pathways – RCP). Эти сценарии включают временные ряды по выбросам и концентрации полного набора парниковых газов (ПГ), аэрозолей и химически активных газов, а также по землепользованию и почвенному покрову. RCP4.5 соответствует сценарию, в котором глобальное повышение температуры, вероятно, останется ниже 2 °C к середине столетия.

<sup>100</sup> (FAO, 2014) определяет устойчивое развитие сельского хозяйства как «управление и сохранение базы природных ресурсов, а также ориентация технологических изменений таким образом, чтобы обеспечить непрерывное удовлетворение человеческих потребностей для нынешнего и будущих поколений. Устойчивое сельское хозяйство сохраняет землю, воду, генетические ресурсы растений и животных и является экологически неразрушающим, технически целесообразным, экономически жизнеспособным и социально приемлемым».

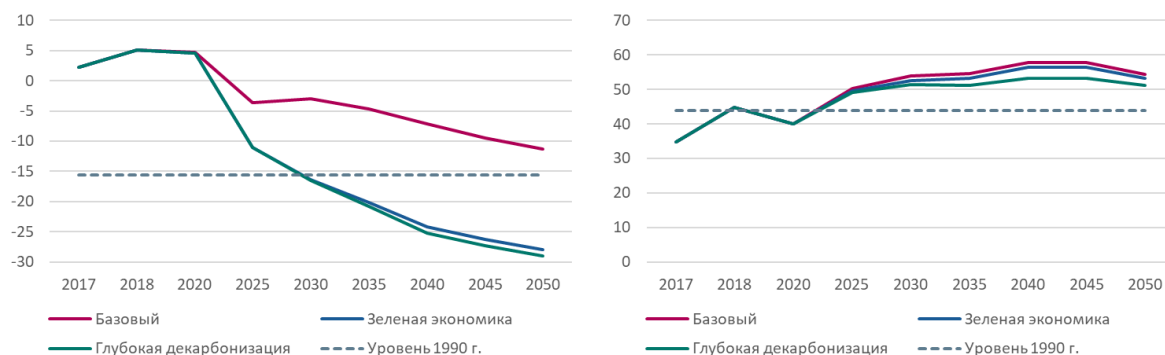
<sup>101</sup> Если не указано иное, предполагается, что реализация всех мер следует линейной траектории. Например, если уровень внедрения какой-то меры увеличивается с 10% в 2020 году до 20% в 2030 году, модель предполагает, что в период с 2020 по 2030 год будет внедряться дополнительный процент каждый год (например, 11% в 2021 году, 12% в 2022 году и т.д.).

сельском хозяйстве в 2050 году прогнозируются на уровне 51,1 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в год, что на 3,3% ниже, чем в базовом сценарии.

**Таблица 24. Предпосылки для секторов AFOLU**

| Предполагаемые меры                                                                         | Базовый | Зел. эконо-<br>номика | Глуб. декар-<br>бонизация |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------|---------------------------|
| <b>Поглощение углерода в ЗИЗЛХ</b>                                                          |         |                       |                           |
| Лесовосстановление (план 2 млрд. деревьев), 2020-2025 гг., млн. га/год                      | -       | 1,3                   | 1,3                       |
| <b>Дополнительное лесовосстановление</b>                                                    |         |                       |                           |
| Государственное лесовосстановление, 2020-2030 гг., млн. га                                  | -       | 0,7                   | 0,7                       |
| Дополнительное поглощение CO <sub>2</sub> (гос. программы), т CO <sub>2</sub> /га в год     | -       | 11,9                  | 11,9                      |
| Устойчивое управление деградировавшими лесами, 2020-2040 гг., млн. га                       | -       | 1,3                   | 1,3                       |
| Дополнительное поглощение CO <sub>2</sub> (гос. программы), т CO <sub>2</sub> /га в год     | -       | 6                     | 6                         |
| Частное лесоразведение, 2020-2026 гг., млн. га                                              | -       | 0,05                  | 0,05                      |
| Дополнительное поглощение (гос. программы), т CO <sub>2</sub> /га в год                     | -       | 11,9                  | 11,9                      |
| <b>Устойчивое сельское хозяйство</b>                                                        |         |                       |                           |
| Дополнительное поглощение на гектар устойчивых пахотных земель, т CO <sub>2</sub> /га в год | 0,357   | 0,357                 | 0,357                     |
| <b>Сокращение выбросов от сельскохозяйственного производства</b>                            |         |                       |                           |
| Климатический сценарий                                                                      | RCP4.5  | RCP4.5                | RCP4.5                    |
| <b>Устойчивое сельское хозяйство</b>                                                        |         |                       |                           |
| Доля сельскохозяйственных земель под устойчивым управлением                                 | 20%     | 30%                   | 60%                       |
| Повышение трудоемкости в устойчивом сельском хозяйстве                                      | 10%     | 10%                   | 10%                       |
| Ценовая премия в устойчивом сельском хозяйстве                                              | 40%     | 40%                   | 40%                       |
| <b>Производство продукции животноводства (% от общего поголовья скота)</b>                  |         |                       |                           |
| Улучшение практик кормления скота                                                           | 20%     | 30%                   | 50%                       |
| Сокращение времени до убоя скота                                                            | 20%     | 30%                   | 50%                       |
| <b>Охват орошением (% пахотных земель)</b>                                                  |         |                       |                           |
| Зона 1                                                                                      | 3.2%    | 10%                   | 15%                       |
| Зона 2                                                                                      | 15.9%   | 30%                   | 40%                       |
| Зона 3                                                                                      | 80%     | 90%                   | 100%                      |
| Зона 4                                                                                      | 80%     | 90%                   | 100%                      |
| Сокращение предуборочных потерь                                                             | -       | -10%                  | -30%                      |

**Рисунок 25. Общие выбросы ПГ от ЗИЗЛХ (слева) и сельского хозяйства (справа), Мт CO<sub>2</sub>-экв**



Что касается поглощения ПГ, то в результате изменений в землепользовании сектор ЗИЗЛХ вновь станет чистым поглотителем CO<sub>2</sub>. В базовом сценарии чистое поглощение впервые произойдет в 2027 году, в то время как сценарии ЗЭ и ГД прогнозируют поглощение выбросов ПГ уже с 2022 года в результате дополнительных амбиций по лесовосстановлению. В базовом сценарии общее

поглощение CO<sub>2</sub> в ЗИЗЛХ может составить 11,3 Мт CO<sub>2</sub> в год к 2050 году, что соответствует чистому сокращению выбросов на 13,6 Мт CO<sub>2</sub> в сравнении с 2017 годом. В сценариях ЗЭ и ГД поглощение углекислого газа в ЗИЗЛХ к 2050 году прогнозируется на уровне 28 Мт CO<sub>2</sub> и 29 Мт CO<sub>2</sub>, соответственно, что более чем в два раза превышает возможности поглощения в базовом сценарии.

**Таблица 25. Изменение выбросов ПГ от ЗИЗЛХ и сельского хозяйства, Мт CO<sub>2</sub>-экв**

|                                 | Базовый      |             |             |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая<br>декарбонизация |              |              |
|---------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                                 | 2017         | 2030        | 2040        | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                       | 2040         | 2050         |
| ЗИЗЛХ                           |              |             |             |              |                   |              |              |                            |              |              |
| Лесное хозяйство                | -19,5        | -18,2       | -17,1       | -16,5        | -31,2             | -33,8        | -33,2        | -31,2                      | -33,8        | -33,2        |
| Пахотные земли                  | 40,8         | 34,1        | 28,9        | 24,4         | 33,8              | 28,6         | 24,4         | 33,6                       | 27,6         | 23,4         |
| Пастбища                        | -17,8        | -15,5       | -15,5       | -15,4        | -15,5             | -15,5        | -15,4        | -15,5                      | -15,5        | -15,4        |
| Земли поселений                 | -2,9         | -3,4        | -3,6        | -3,7         | -3,4              | -3,6         | -3,7         | -3,4                       | -3,6         | -3,7         |
| <b>ЗИЗЛХ всего</b>              | <b>0,72</b>  | <b>-3,0</b> | <b>-7,2</b> | <b>-11,3</b> | <b>-16,4</b>      | <b>-24,2</b> | <b>-28,0</b> | <b>-16,5</b>               | <b>-25,2</b> | <b>-29,0</b> |
| Сельское хозяйство              |              |             |             |              |                   |              |              |                            |              |              |
| Внутренняя ферментация          | 18,7         | 26,9        | 28,3        | 29,7         | 25,9              | 27,2         | 28,6         | 24,9                       | 25,1         | 26,3         |
| Использование навоза            | 3,1          | 5,8         | 6,3         | 6,9          | 5,8               | 6,2          | 6,6          | 5,7                        | 6,0          | 6,3          |
| Сельскохозяйственные почвы      | 12,6         | 21,3        | 23,2        | 17,8         | 20,9              | 23,0         | 18,1         | 20,7                       | 22,2         | 18,6         |
| <b>Сельское хозяйство всего</b> | <b>34,94</b> | <b>54,0</b> | <b>57,9</b> | <b>54,4</b>  | <b>52,6</b>       | <b>56,4</b>  | <b>53,3</b>  | <b>51,3</b>                | <b>53,3</b>  | <b>51,1</b>  |

Практики устойчивого сельского хозяйства обеспечивают оставшиеся 16% предотвращенных выбросов по сравнению с базовым сценарием, что в сумме составляет 88,2 Мт CO<sub>2</sub>-экв. выбросов в сценарии ГД за 30 лет до 2050 года.<sup>102</sup> Это обусловлено достижениями в управлении животноводством, как, например, улучшение практики кормления и сокращение времени до забоя скота. В результате в сценарии ГД выбросы ПГ от внутренней ферментации снизятся в 2050 году на 11,7% по сравнению с базовым сценарием, а выбросы от использования навоза – на 8,7%. Благодаря улучшению управления почвами интенсивность выбросов ПГ при выращивании сельскохозяйственных культур также снизится. Таким образом, значительное увеличение производства сельскохозяйственных культур (на 27% больше в 2050 году в сценарии ГД, по сравнению с базовым) приведет лишь к небольшому росту общего уровня выбросов от сельскохозяйственных почв (на 4,3% в сценарии ГД по сравнению с базовым). Улучшение управления почвами также поможет сократить эрозию почвы. Хотя эрозия почвы в основном обусловлена климатом (поскольку зависит от осадков и ветра), методы устойчивого сельского хозяйства могут замедлить этот процесс, например, за счет использования покровных культур. Таким образом, эрозия почвы в течение следующих 30 лет ожидается на 3% ниже в сценарии ГД, по сравнению базовым, что способствует связыванию почвой углекислого газа и снижает выбросы на гектар сельскохозяйственных земель на 4%.

Более того, устойчивое сельское хозяйство и улучшение орошения способствуют снижению воздействия дефицита воды на производительность сельскохозяйственных культур. В базовом сценарии ожидается, что общие потери сельскохозяйственной продукции в результате изменения климата увеличатся с 13,1 млн. т в год в 2017 году до 18,7 млн. т в год к 2050 году. В сценарии ЗЭ потери, вызванные изменением климата, сократятся на 1,3-1,9 млн. т. в год (от -9% до -10,3%) к 2050 году. В сценарии ГД прогнозируется еще большее снижение: на 4,3-5,1 млн. т

<sup>102</sup> Более подробную информацию о прогнозируемом развитии выбросов ПГ по категориям землепользования см. в Приложении.

в год (от -25% до -30%) к 2050 году. Таким образом, инвестиции в устойчивое сельское хозяйство и устойчивость к изменению климата приносят двойную выгоду: они не только сокращают выбросы ПГ от сельского хозяйства и способствуют смягчению последствий изменения климата, но и повышают производительность в секторе.

Это означает, что предусмотренные меры также будут способствовать увеличению занятости в сельском хозяйстве. В базовом сценарии ожидается, что занятость в сельском хозяйстве вырастет с нынешних 1,32 млн. рабочих мест (в 2017 году) до примерно 1,73 млн. рабочих мест в 2050 году. В сценарии ГД к 2050 году прогнозируется дополнительный рост на 66,3 тыс. рабочих мест. Это эквивалентно увеличению занятости на 3,8% по сравнению с базовым сценарием.

*Детальный анализ: Потенциал производства биоэнергии из сельскохозяйственных отходов*

Сельскохозяйственные отходы – это органические отходы сельскохозяйственного производства, как, например, навоз животных, остатки от убоя скота, остатки сельскохозяйственных культур, отходы от переработки молочных продуктов и отходы от переработки масличных культур. Значительная часть сельскохозяйственных отходов используется для мульчирования почвы, в качестве удобрения, корма для животных и подстилки для скота, а также частично сжигается. Однако значительная часть отходов все еще остается неиспользованной, и, если их не перерабатывать, органические компоненты разлагаются, выделяя метан и углекислый газ.

Неиспользуемые растительные остатки часто сжигаются в качестве топлива в котельных. С 2015 года в северной части Казахстана было установлено более ста котлов на биомассе. Использование биомассы для производства тепла заменило 23 тыс. тонн энергетического угля, что позволило сэкономить около 670 тыс. долларов США на стоимости топлива.<sup>103</sup>

Более энергоэффективным использованием сельскохозяйственных отходов является контролируемое разложение в установках анаэробного сбраживания с получением биогаза для отопления и выработки электроэнергии. Это снижает количество отходов и выбросов парниковых газов, а переход на альтернативное топливо позволяет сократить расходы на ископаемые энергоносители. Твердые остатки анаэробного сбраживания могут быть использованы в качестве органического удобрения и в некоторой степени заменить химические удобрения.

В настоящее время распространение биоэнергетических технологий в Казахстане находится на низком уровне. К концу 2019 года в стране работали только три крупные биогазовые установки общей мощностью 2,42 МВт. В 2019 году они произвели 14,9 млн. кВт\*ч или 0,6% всей возобновляемой электроэнергии в стране.<sup>104</sup> Инвестициям в генерирующие мощности биоэнергетики препятствуют низкая стоимость ископаемых источников энергии и отсутствие инвестиционной поддержки и программ, стимулирующих использование биомассы и сельскохозяйственных отходов для производства энергии.

Прогноз сельскохозяйственного производства до 2050 года позволяет также оценить количество сельскохозяйственных отходов и соответствующее содержание энергии, то есть потенциал для производства биоэнергии по сценариям (см. таблицу 26). Результаты моделирования показывают, что общий потенциал производства биоэнергии увеличится во всех трех сценариях из-за роста производства в сельском хозяйстве. Потенциальная мощность генерации к 2050 году

<sup>103</sup> Источник: (Зерновые&Масличные.Казахстан, 2020). Стоимость энергии пересчитана по курсу 2017 года (1 долл. США = 326 тенге)

<sup>104</sup> Источник: Бюро национальной статистики



составит 14 ГВт в базовом сценарии, в то время как в сценариях ЗЭ и ГД она достигнет 15,7 ГВт и 18,8 ГВт в 2050 году, соответственно. Это на 12% (ЗЭ) и 34% (ГД) больше по сравнению с базовым сценарием. Помимо сельскохозяйственных отходов, существует также значительный потенциал для производства биоэнергии из осадка сточных вод очистных сооружений.

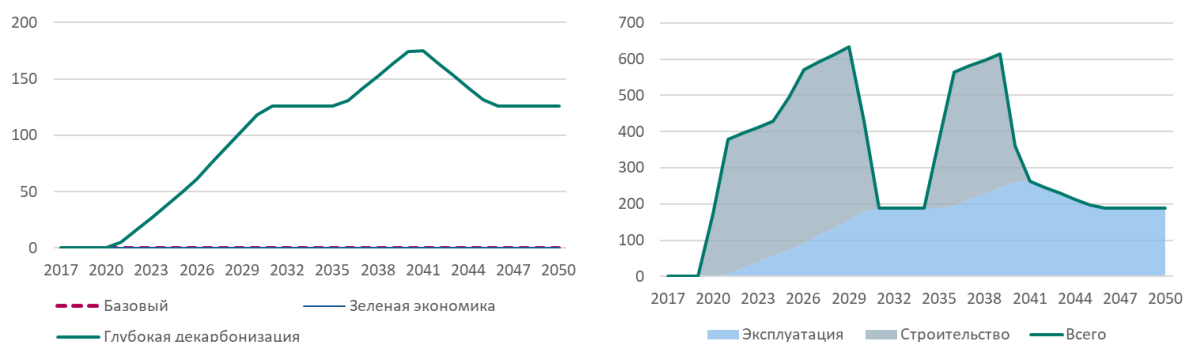
Основным фактором роста в сценариях ЗЭ и ГД является наличие остатков сельскохозяйственных культур и навоза животных. Во-первых, из-за увеличения производства сельскохозяйственных культур в результате устойчивого сельского хозяйства и сокращения предуборочных потерь количество сельскохозяйственных остатков к 2050 году будет на 8,2% (ЗЭ) и 26,7% (ГД) больше по сравнению с базовым сценарием. Во-вторых, улучшения в практике использования навоза в сценариях ЗЭ и ГД увеличивают доступность навоза для производства биоэнергии. Если в базовом сценарии предполагается, что будет собрано только 17% от расчетного количества навоза, то в сценарии ЗЭ этот показатель увеличивается до 34%, а в сценарии ГД – до 51%. В результате количество навоза, доступного для дальнейшего использования, удваивается в сценарии ЗЭ и утраивается в сценарии ГД, по сравнению с базовым сценарием.

**Таблица 26. Потенциал выработки биоэнергии из отходов в Казахстане, МВт**

|                                      | Базовый      |              |              | Зеленая экономика |              |              | Глубокая<br>декарбонизация |              |              |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                                      | 2030         | 2040         | 2050         | 2030              | 2040         | 2050         | 2030                       | 2040         | 2050         |
| Растительные остатки                 | 9379         | 10850        | 13278        | 9774              | 11726        | 14368        | 10024                      | 12839        | 16825        |
| Навоз                                | 516          | 563          | 614          | 696               | 948          | 1228         | 876                        | 1333         | 1842         |
| Остатки от убоя скота                | 121          | 132          | 144          | 121               | 132          | 144          | 121                        | 132          | 144          |
| Другие отходы: Осадок<br>сточных вод | 5722         | 6257         | 6810         | 5722              | 6257         | 6810         | 5722                       | 6257         | 6810         |
| <b>Всего</b>                         | <b>15738</b> | <b>11546</b> | <b>14036</b> | <b>10591</b>      | <b>12807</b> | <b>15740</b> | <b>11021</b>               | <b>14304</b> | <b>18811</b> |

Не все отходы перерабатываются в биоэнергию, поскольку, например, навоз также используется для мульчирования или в качестве удобрения, а инвестиции в биогазовые установки соизмеряются с потенциальной экономией затрат на энергию. Таким образом, в базовом сценарии и сценарии ЗЭ биоэнергия не производится, в то время как в сценарии ГД наблюдается рост производства биогаза. Общая добавленная мощность к 2050 году в сценарии ГД прогнозируется на уровне 125,6 МВт (рисунок 26, слева).

**Рисунок 26. Дополнительные мощности биогазовых установок, МВт (слева) и соответствующий рост занятости в сценарии ГД, чел. (справа)**



Развертывание производства биоэнергии из отходов приведет к росту занятости. После пика в 2029 году, когда число рабочих мест превышает 630, к 2050 году около 190 рабочих мест будут связаны с биоэнергетикой в сценарии ГД (рисунок 26, справа). Эти рабочие места включают в себя занятость в строительстве, обслуживании и эксплуатации установок, а также в подготовке

сырья. Всплески занятости обусловлены строительными работами, связанными с увеличением мощностей до 2030 года и в 2035-2040 годах.

В заключение, почти все виды биомассы могут быть переработаны для использования в качестве биогенного топлива, в качестве как основного продукта, так и побочного. В зависимости от типа биомассы необходимы различные этапы переработки. Могут потребоваться такие процессы, как метановое брожение (биогаз), спиртовое брожение (этанол), пиролиз или экстракция масла (растительное масло) с последующей переэтерификацией (биодизель), или, как в случае с древесиной, биомасса может использоваться напрямую. В основном биомасса используется в системах, которые работают идентично или аналогично системам на ископаемом топливе, например, в котлах и двигателях внутреннего сгорания. Однако моделирование таких видов использования требует детального анализа на стыке разных секторов и с учетом различных проблем устойчивого развития и поэтому выходит за рамки модели SD-KAZ.

## 4.6 Сектор управления отходами

На сектор отходов приходятся выбросы метана ( $\text{CH}_4$ ) и углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), выделяемых в результате анаэробного разложения органических отходов и ила на полигонах ТБО или при обработке сточных вод в анаэробных условиях.<sup>105</sup> Кроме того, сжигание отходов приводит к выбросам  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$ . В настоящее время в казахстанской системе управления отходами в основном преобладают захоронение и сжигание отходов. Декарбонизация сектора отходов потребует глубоких отраслевых преобразований и широкомасштабного внедрения переработки материалов и рекуперации энергии. Основными мерами по декарбонизации системы управления отходами являются:

- Ускоренное внедрение полного охвата сбором и сортировкой ТБО;
- Сокращение объемов образования сточных вод и совершенствование технологий очистки сточных вод, включая производство биогаза;
- Увеличение доли перерабатываемых и компостируемых отходов для обеспечения экологически чистого управления отходами и внедрения циркулярной экономики.

### 4.6.1 Задача декарбонизации

На сегодня сектор управления отходами составляет 0,3% общей добавленной стоимости и 0,9% общей занятости в экономике (таблица 27). Выбросы парниковых газов от отходов составляют 6% от общего объема выбросов.

**Таблица 27. Характеристики сектора управления отходами в Казахстане**

|                                        | 2017 |
|----------------------------------------|------|
| Выпуск, млрд. долл. США                | 1,04 |
| Добавленная стоимость, млрд. долл. США | 0,52 |
| Доля в общей добавленной стоимости, %  | 0,3% |
| Доля в общей занятости, %              | 0,9% |
| Доля в общих выбросах ПГ, %            | 6%   |

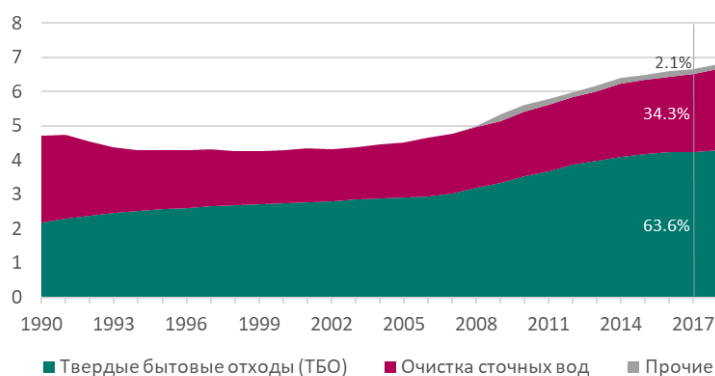
Источники данных: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2020)

<sup>105</sup> Свалочный газ состоит из метана и углекислого газа примерно в равных долях и обычно содержит также небольшое количество других компонентов, таких как азот, кислород, аммиак или неметановые органические соединения, хотя их суммарная доля обычно не превышает 5%.

Выбросы ПГ от отходов непрерывно растут с 1994 года (рисунок 27). Около двух третей выбросов ПГ в этом секторе приходится на твердые бытовые отходы (ТБО) и одна треть – на очистку сточных вод. Образование отходов и, соответственно, выбросы ПГ растут из-за роста населения и увеличения количества отходов на душу населения. В 2018 году 69% твердых отходов было захоронено на полигонах, и только 18% было отсортировано для дальнейшей переработки. Кроме того, хотя доля очистки сточных вод была высокой – 86,8% в 2018 году, – оставшийся после очистки осадок (около 20% сухого вещества) отправляется на иловые площадки и свалки.<sup>106</sup>

Как раздельный сбор различных потоков ТБО (например, бумаги, стекла, органических отходов), так и предварительная сортировка ТБО перед утилизацией практически отсутствуют, что увеличивает поступление отходов на полигоны. В 2019 году лишь около четверти населенных пунктов имели ту или иную форму раздельного сбора, и только 15% имели некоторую сортировку ТБО.<sup>107</sup> Таким образом, уровни повторного использования и переработки отходов, а также извлечения энергии при сжигании отходов остаются на очень низком уровне. По оценкам, около 37% образующихся ТБО (около 2 млн. т в год) могут быть использованы для производства биогаза, однако использование отходов для производства биоэнергии практически не осуществляется.<sup>108</sup>

**Рисунок 27. Выбросы ПГ от сектора отходов в 1990-2018 гг., Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



Источник данных: (МЭГПР РК, 2020)

Большинство мусорных полигонов находятся в плохом состоянии. В 2018 году в Казахстане насчитывалось более 3 тысяч полигонов ТБО, из которых 16% соответствовали экологическим нормам. Большинство полигонов исчерпали свои возможности и требуют рекультивации.<sup>109</sup> В последние годы в нормативно-правовую базу был внесен ряд корректировок, направленных на снижение количества отходов, размещаемых на полигонах, и полный запрет на захоронение некоторых отходов.<sup>110</sup> Однако низкие тарифы на сбор и сортировку ТБО делают инвестиции в проекты по управлению отходами экономически невыгодными и препятствуют выполнению нормативных требований.

В отношении сточных вод складывается аналогичная ситуация: недостаточная обеспеченность очистными сооружениями в городах и крупных поселках городского типа. В 2016 году в 39 из 102

<sup>106</sup> Источники: Бюро национальной статистики, (МЭГПР РК, 2021)

<sup>107</sup> По данным (Казинформ, 2019)

<sup>108</sup> Источник: (ЕБРР, 2017)

<sup>109</sup> Источник: (МЭГПР РК, 2021)

<sup>110</sup> К отходам, запрещенным к захоронению на полигонах, относятся: ртутьсодержащие лампы и приборы, металлолом, отработанные масла и жидкости, батареи и электронные отходы с 2016 года; пластик, бумага и стекло с 2019 года; строительные и пищевые отходы с 2021 года.

таких поселков вообще не было очистных сооружений<sup>111</sup>, а состояние существующих очистных сооружений оставалось неудовлетворительным, с выработавшим свой ресурс оборудованием и зачастую устаревшими технологиями и методами очистки. Кроме того, за редким исключением, отсутствует инфраструктура для обработки и утилизации осадка. Это касается не только сооружений по сбору и обезвоживанию осадка, но и мест его утилизации – иловых площадок, полигонов и сооружений биологической очистки. В настоящее время осадок очистных сооружений не обрабатывается, а собирается и захоранивается на иловых площадках или полигонах, независимо от содержания в нем органических веществ. Более того, обезвоживание осадка проводится не всегда, и вода, содержащая около 1-2% осадка, выливается не только на иловые площадки или полигоны, но и в открытые водоемы, вызывая их повышенную эвтрофикацию.

Как и в случае с органической частью ТБО, использование осадка для производства биогаза может снизить выбросы ПГ от отходов и увеличить объем производимой возобновляемой энергии. В настоящее время единственный в Казахстане комплекс по утилизации осадков очистных сооружений действует в Шымкенте. Он включает в себя анаэробные реакторы, котельную, газгольдеры, камеру смешения осадков, блок обезвоживания и обеззараживания осадков. При переработке осадка сточных вод производится около 500 кВт\*ч (4,38 ГВт в год) возобновляемой электроэнергии и 840 кВт\*ч (7,35 ГВт в год) возобновляемого тепла. Это позволило сократить выбросы парниковых газов на 3,7 тыс. т CO<sub>2</sub>-экв. в год.<sup>112</sup> Расширение подобных проектов на другие города и поселки Казахстана необходимо для декарбонизации в секторе отходов.

Около 2% выбросов ПГ в секторе отходов приходится на медицинские отходы. Около половины медицинских отходов являются неопасными и размещаются на полигонах как ТБО.<sup>113</sup> Другая половина представляет собой эпидемиологически опасные отходы, которые сжигаются с помощью маломощных мусоросжигательных установок или, при их отсутствии, в больничных котельных, если таковые имеются.<sup>114</sup> Зола от сжигания захоранивается на полигонах. Однако в Казахстане утилизацией медицинских отходов занимаются около 200 предприятий, которые до сих пор не отчитываются ни о собранных отходах, ни о методах их утилизации.

#### 4.6.2 Пути декарбонизации в секторе отходов

Сценарии декарбонизации в секторе отходов учитывают регулирование потоков отходов, затраты, связанные с управлением отходами, и выбросы ПГ от отходов. Целевые показатели для трех сценариев представлены в таблице 28. Сценарии учитывают растущие амбиции в области управления отходами в соответствии с иерархией управления отходами.<sup>115</sup> В частности, к 2050 году захоронение отходов будет в значительной степени заменено более устойчивыми стратегиями управления отходами. Предпосылки для базового сценария были согласованы с экспертными прогнозами относительно будущего развития сектора управления отходами в

<sup>111</sup> Источник: (Целевые показатели по проблемам воды и здоровья, 2017)

<sup>112</sup> Источники: (informБЮРО, 2017), экспертные консультации

<sup>113</sup> Источник: (МЭ РК, 2019)

<sup>114</sup> Радиоактивные отходы составляют менее 0,005% и подлежат специальному сбору и утилизации.

<sup>115</sup> Агентство по охране окружающей среды США (АООС США) классифицирует стратегии управления отходами от наиболее до наименее экологически предпочтительных: сокращение источников и повторное использование (избегание отходов); переработка и компостирование (циркулярная экономика); рекуперация энергии (сжигание отходов для получения возобновляемой энергии взамен ископаемого топлива); обработка и захоронение (на свалке) как наименее предпочтительный вариант.

Казахстане.<sup>116</sup> Хотя в этом сценарии предполагается увеличение доли наиболее экологичных видов обработки отходов – переработки и компостирования, – рекуперация энергии путем сжигания отходов по-прежнему играет важную роль. В отличие от этого, сценарий ГД предполагает гораздо более высокие амбиции в отношении повторного использования и переработки отходов в противовес их захоронению и сжиганию. Этот сценарий также предполагает более быстрое внедрение полного покрытия сбором ТБО.

**Таблица 28. Предпосылки по целевым показателям на 2050 г. в секторе отходов**

| Меры / технологии                                   | Базовый | Зеленая экономика | Глубокая декарбонизация |
|-----------------------------------------------------|---------|-------------------|-------------------------|
| Изменение объема образованных сточных вод           | -       | -20%              | -30%                    |
| Изменение стоимости технологии переработки отходов  | -20%    | -20%              | -40%                    |
| Сбор ТБО: первый год 100% покрытия                  | 2050    | 2045              | 2040                    |
| Переработка ТБО*                                    | 50%     | 65%               | 75%                     |
| Компостирование ТБО**                               | 15%     | 25%               | 50%                     |
| Рекуперация энергии из ТБО                          | 30%     | 35%               | 25%                     |
| Захоронение ТБО                                     | Остаток | Остаток           | Остаток                 |
| Утилизация осадка сточных вод: производство биогаза | -       | 20%               | 60%                     |

\* Органические отходы и другие отходы исключаются из переработки

\*\* Компостирование предполагается только для органических отходов

Улучшения в сфере управления отходами значительно сократят выбросы ПГ от сектора отходов, несмотря на общий рост объема отходов в связи с ростом населения. В базовом сценарии общий объем выбросов ПГ, связанных с отходами, увеличится с нынешних 6,65 Мт CO<sub>2</sub>-экв. до 7,26 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в 2025 году, а затем постепенно снизится до примерно 6,58 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в год к 2050 году (рисунок 28, слева), что соответствует чистому снижению на 1% по сравнению с 2017 годом. Сокращение выбросов с 2025 года полностью обусловлено улучшениями в управлении ТБО (рисунок 28, справа). Однако в сценариях ЗЭ и ГД более высокие амбиции в области управления ТБО и сточными водами способствуют сокращению выбросов гораздо более быстрыми темпами после 2025 года. В результате, общие выбросы достигнут только 5,44 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в год в 2050 году в сценарии ЗЭ и 4,6 Мт CO<sub>2</sub>-экв. в год в сценарии ГД. Это соответствует сокращению на 18% и 31%, соответственно, по сравнению с 2017 годом.

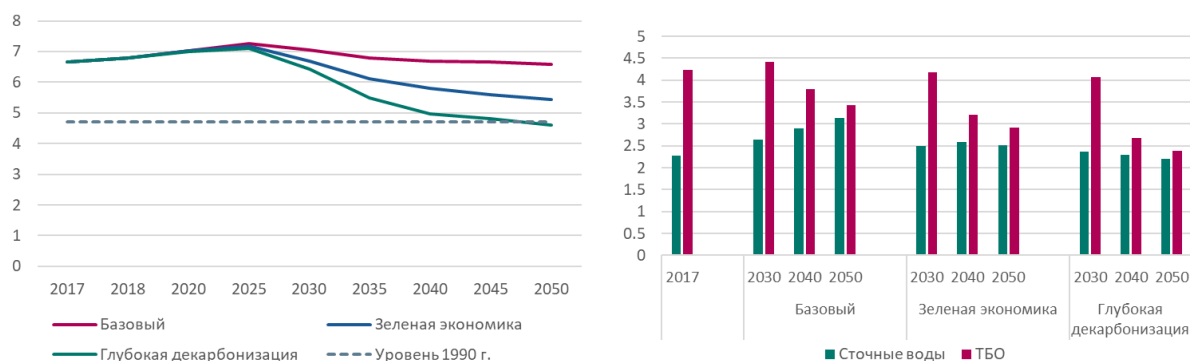
В таблице 29 выбросы ПГ разделены по способу обработки.<sup>117</sup> Снижение общего объема выбросов от ТБО обусловлено постепенной ликвидацией открытого захоронения отходов (наиболее быстрыми темпами в самом амбициозном сценарии ГД) и, в сценариях ЗЭ и ГД, значительным сокращением захоронения отходов на полигонах. Эти сокращения более чем компенсируют небольшой рост выбросов ПГ в результате повышенного использования органических отходов для компостирования и получения энергии. Более быстрый рост доли сбора ТБО в сценариях ЗЭ и ГД также приводит к некоторому увеличению выбросов ПГ от сбора отходов в период между 2030 и 2050 годами, но эти выбросы также компенсируются

<sup>116</sup> В текущих сценарных предпосылках не учитывается запрет на захоронение различных материалов на свалках, который вводится с 2021 года. Соблюдение запрета потребует полной сортировки и переработки материалов, запрещенных к захоронению на полигонах, а также утилизации органических отходов путем компостирования и получения энергии, что эксперты сочли невыполнимым из-за нехватки мощностей для управления дополнительными отходами.

<sup>117</sup> Изменение уровня сбора ТБО и долю утилизации отходов по видам операций см. на рисунке 43 и рисунке 44 в Приложении.

сокращением выбросов от открытого захоронения. К 2050 году выбросы от сбора ТБО становятся равными во всех сценариях, поскольку к этому моменту во всех трех будет реализовано полное покрытие сбором ТБО.

**Рисунок 28. Общие расчетные выбросы ПГ от отходов (слева) и выбросы ПГ по виду отходов для избранных лет (справа), Мт CO<sub>2</sub>-экв.**



**Таблица 29. Выбросы ПГ от ТБО по методу обработки, Мт CO<sub>2</sub>-экв.**

|                        | Базовый     |             |             |             | Зеленая экономика |             |             | Глубокая декарбонизация |             |             |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|
|                        | 2017        | 2030        | 2040        | 2050        | 2030              | 2040        | 2050        | 2030                    | 2040        | 2050        |
| Сбор                   | 0,14        | 0,23        | 0,32        | 0,39        | 0,25              | 0,34        | 0,39        | 0,25                    | 0,36        | 0,39        |
| Компостирование        | 0,00        | 0,01        | 0,02        | 0,02        | 0,01              | 0,04        | 0,05        | 0,02                    | 0,10        | 0,11        |
| Открытое захоронение   | 1,67        | 1,81        | 0,65        | 0,00        | 1,50              | 0,31        | 0,00        | 1,46                    | 0,00        | 0,00        |
| Захоронение на свалках | 1,73        | 1,56        | 1,68        | 1,68        | 1,44              | 1,08        | 0,88        | 1,31                    | 0,53        | 0,53        |
| Переработка            | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00              | 0,00        | 0,00        | 0,00                    | 0,00        | 0,00        |
| Рекуперация энергии    | 0,00        | 0,80        | 1,11        | 1,34        | 0,97              | 1,45        | 1,60        | 1,02                    | 1,69        | 1,36        |
| <b>Всего</b>           | <b>3,55</b> | <b>4,41</b> | <b>3,79</b> | <b>3,43</b> | <b>4,18</b>       | <b>3,22</b> | <b>2,92</b> | <b>4,06</b>             | <b>2,68</b> | <b>2,39</b> |

В отличие от управления ТБО, в базовом сценарии не ожидается улучшений в области образования и очистки сточных вод из-за низких амбиций и недостатка инвестиций. Объем образующихся сточных вод может увеличиться на 34% с 670 млн. м<sup>3</sup> в год в 2017 году до примерно 896 млн. м<sup>3</sup> в год в 2050 году, без изменений в степени и методах очистки. Таким образом, выбросы ПГ от сточных вод существенно возрастают в базовом сценарии (рисунок 27, справа). Однако в амбициозном сценарии ГД переход к использованию более водосберегающих приборов и оборудования приводит к сокращению объема сточных вод на 6% в 2050 году по сравнению с 2017 годом, или на 30% по сравнению с базовым сценарием. Кроме того, ожидается изменение технологии обработки осадка сточных вод, что приведет к увеличению использования осадка для производства биогаза. Это не только снизит выбросы ПГ от сточных вод, но и поможет увеличить выработку возобновляемой энергии, таким образом, снижая использование ископаемого топлива и дополнительно способствуя снижению выбросов ПГ от использования энергии.

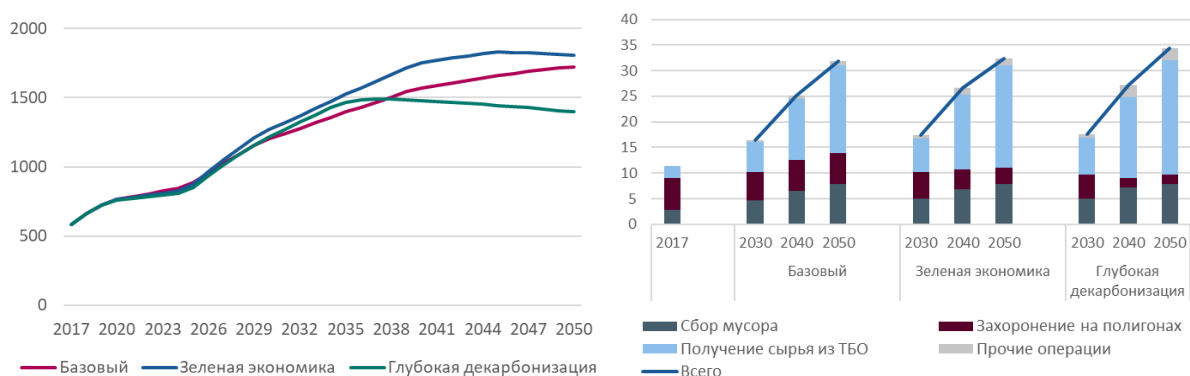
Улучшение сбора отходов и переход от захоронения на полигонах к переработке и рекуперации энергии увеличивает затраты на управление отходами. Однако, в отличие от базового сценария, в сценарии ГД общие затраты на утилизацию отходов не увеличиваются в течение всего прогнозного периода. Напротив, пик достигается в 2037 году, после чего затраты несколько снижаются (рисунок 29, слева). Это объясняется как общим снижением технологических затрат на управление отходами, так и более высокими показателями переработки отходов в данном



сценарии. Более того, превращение отходов в ресурсы обычно также приносит прибыль, что увеличивает выгоды от переработки отходов помимо сокращения выбросов ПГ.<sup>118</sup>

Увеличение затрат на управление отходами необходимо взвешивать с созданием дополнительных рабочих мест, необходимых для трансформации в управлении отходами. Во всех сценариях ожидается значительное увеличение занятости в секторе отходов (рисунок 29, справа). В базовом сценарии прогнозируется почти трехкратное увеличение занятости в секторе отходов с примерно 11 тыс. рабочих мест в 2017 году до 31,9 тыс. рабочих мест в 2050 году. В сценариях ЗЭ и ГД занятость в секторе отходов в 2050 году возрастет еще сильнее и достигнет 32,4 тыс. и 34,5 тыс. рабочих мест соответственно, что на 2% (ЗЭ) и 8% (ГД) выше, чем в базовом сценарии. Основной вклад в создание рабочих мест вносит увеличение объемов переработки материалов, с 17,8 тыс. (ЗЭ) и 19,9 тыс. (ГД) дополнительных рабочих мест, на него приходится более 80% общего роста занятости в период между 2017 и 2050 годами.

**Рисунок 29. Общая стоимость управления ТБО, млн. долл. США (слева) и занятость в секторе отходов, чел. (справа)**



## 4.7 Макроэкономические эффекты декарбонизации

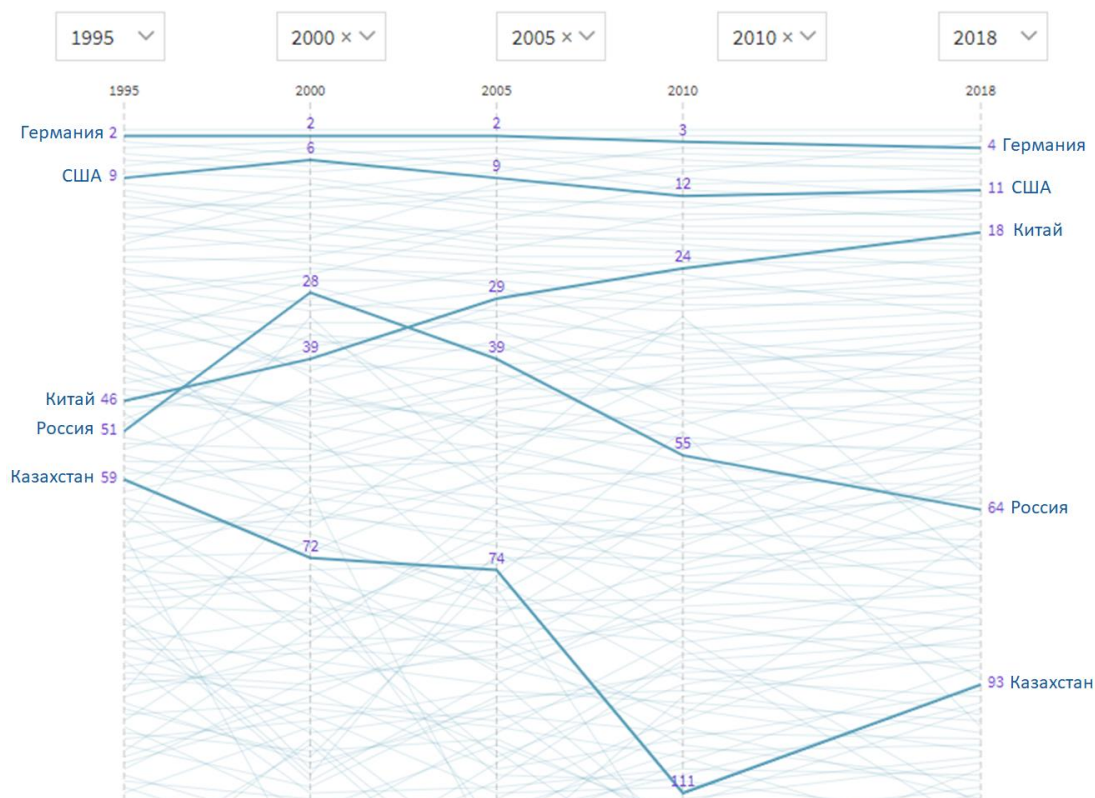
В течение последних десятилетий правительство Казахстана уделяло первостепенное внимание быстрому наращиванию объемов добычи ископаемого топлива и продукции горнодобывающей промышленности, создавая экономическую модель, глубоко основанную на богатых природных ресурсах страны и зависящую от экспорта ископаемого топлива и минералов. Эта стратегия обеспечила впечатляющий экономический рост после финансового кризиса в России, и с 1998 года экономика Казахстана выросла примерно на 300%. Обратная сторона этой стратегии роста заключается в том, что, хотя общий объем экспорта и доходы от экспорта увеличились, сложность экономики и экспорта постоянно снижалась, особенно по сравнению с основными торговыми партнерами Казахстана (см. рисунок 30).<sup>119</sup> Сложность экономики выражает

<sup>118</sup> Переработка отходов в материалы представляет собой сектор, связанный с управлением отходами, но отличный от него, поэтому прямое моделирование потоков затрат и доходов в сфере переработки отходов не входило в рамки модели SD-KAZ.

<sup>119</sup> Рейтинг стран Гарвардской лаборатории роста (Harvard Growth Lab) оценивает текущее состояние производственных знаний и опыта в стране с помощью индекса экономической сложности (англ. Economic Complexity Index – ECI). Индекс экономической сложности – это рейтинг стран, основанный на разнообразии и сложности их экспортной корзины. Страны с высоким уровнем сложности обладают целым рядом сложных, специализированных возможностей и, следовательно, способны производить высоко-диверсифицированный набор сложных продуктов. Экономическая сложность страны зависит не только от ее производственных возможностей и абсолютного количества производимых ею продуктов.

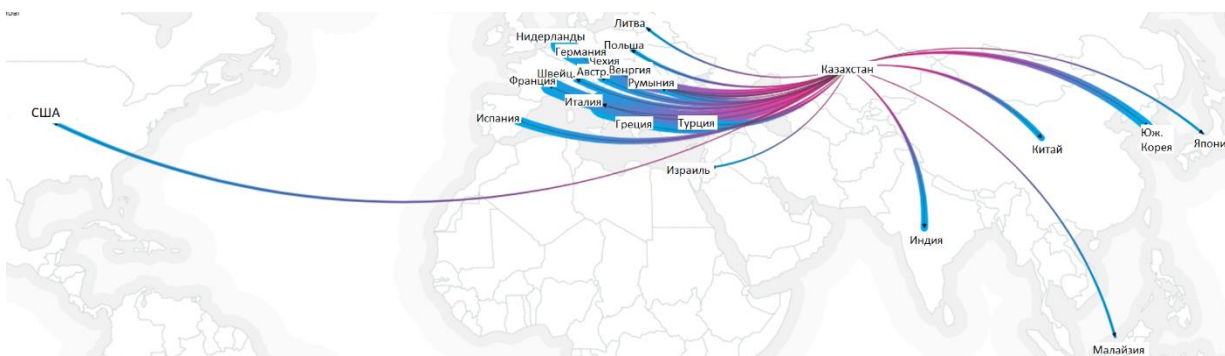
разнообразие и развитость производственных возможностей, заложенных в экспорте каждой страны. Чем выше экономическая сложность, тем больше требуется знаний и опыта и их использования во все более сложных отраслях. Таким образом, экономическая сложность является точным предсказателем будущего экономического роста. Поскольку в настоящее время в экспортной корзине Казахстана доминирует ископаемое топливо, Казахстан имеет менее сложную экономику, чем можно предположить по уровню дохода. Это, скорее всего, замедлит экономический рост в ближайшее десятилетие.

**Рисунок 30. Сложность экспорта из Казахстана и его основных торговых партнеров (1995-2018 гг.)**



Источник: <https://atlas.cid.harvard.edu/> (собственный перевод)

**Рисунок 31. Направления экспорта нефти из Казахстана в 2019 г.**



Источник: <https://resourcetrade.earth/> (собственный перевод)

Она также зависит от повсеместности этих продуктов (количества стран, которые экспортируют продукт) и от сложности и разнообразия продуктов, которые производят другие страны.  
<https://atlas.cid.harvard.edu/what-is-the-atlas>, последний доступ: 11.05.2021 г.

Направления казахстанского экспорта также имеют значение, поскольку ископаемое топливо и особенно нефть из Казахстана в основном экспортируются в страны ОЭСР. Наибольшая доля приходится на Европейский Союз, за которым следуют Южная Корея, Китай и Япония (рисунок 31).

За редким исключением, нынешние импортеры ископаемого топлива из Казахстана уже объявили о проведении комплексной политики по борьбе с изменением климата, а некоторые уже активно реализуют амбициозные стратегии декарбонизации. Европейский Союз стремится к углеродной нейтральности к 2050 году, а Китай взял на себя обязательство свести чистые выбросы ПГ к нулю к 2060 году. США вновь присоединились к Парижскому соглашению в 2021 году и объявили, что достигнут нулевого уровня выбросов в масштабах всей экономики не позднее 2050 года.

На сегодняшний день наиболее решительную политику проводит Европейский Союз. ЕС принял амбициозные цели по переходу к безуглеродной экономике до 2050 года и вводит в действие ряд мер. Во-первых, «Европейский зеленый курс» расширит отраслевой охват СТБ ЕС и введет углеродный налог на большинство других выбросов парниковых газов. Во-вторых, в рамках «Плана действий по финансированию устойчивого роста» Комиссия ЕС создала четкую и подробную «таксономию ЕС», систему классификации экономической деятельности согласно целям устойчивого развития. Цель этой таксономии – направить инвестиции в «устойчивые» проекты и виды деятельности, одновременно снижая инвестиции в углеродоемкие активы. В-третьих, готовится новая «зеленая» торговая стратегия ЕС, призванная интегрировать экономические и климатические приоритеты блока, отраженные в «Зеленом курсе». В-четвертых, с 1 января 2023 года начнет действовать механизм пограничной углеродной корректировки ЕС (англ. carbon border adjustment mechanism – CBAM), который будет облагать налогом на углеродный след импортные товары, превышающие определенные контрольные показатели и происходящие из стран с менее амбициозной климатической политикой и более низкими ценами на углерод. С самого начала CBAM ЕС будет охватывать импорт металлургической и минеральной продукции, других базовых материалов, а также импорт электроэнергии.

В начале 2021 года между США и ЕС также начались первые переговоры о создании «углеродного клуба» и согласовании климатической политики. Хотя исход этих переговоров пока неясен, они могут привести к созданию интегрированных трансатлантических углеродных рынков.

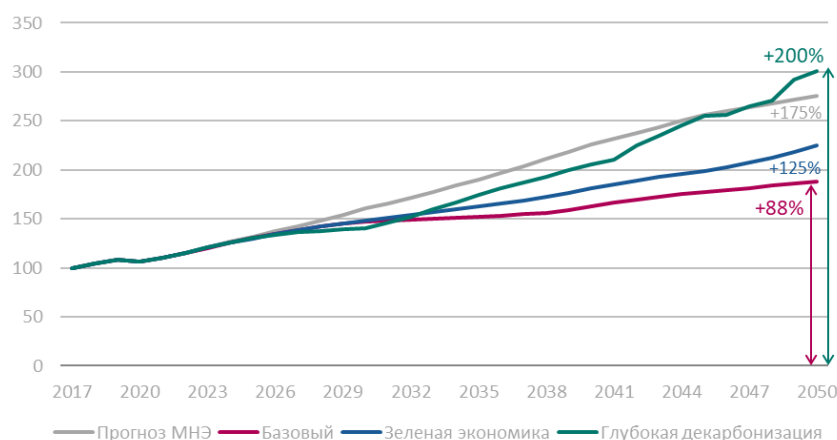
Декарбонизация на основных экспортных рынках резко снизит будущий глобальный спрос на ископаемое топливо, что, в свою очередь, увеличивает риск возникновения безнадёжных активов в сфере добычи и переработки ископаемого топлива в Казахстане. Более того, соображения устойчивости (как экологической, так и социальной) и усилия по смягчению последствий изменения климата все чаще включаются в инвестиционные решения и окажут серьезное влияние на международные финансовые рынки. Инвестиционная таксономия ЕС является лишь одним из примеров явного включения таких соображений в нормативно-правовую базу. Эти изменения в законодательстве и в общем в подходах к принятию решений также усиливают риск возникновения в Казахстане безнадёжных активов, связанных с переработкой и использованием ископаемого топлива, в частности, в энергетике, строительстве и промышленности. В промышленности снижение спроса на углеродоемкую продукцию дополнительно повысит риск возникновения безнадёжных активов. Экономическая модель Казахстана, основанная на ископаемом топливе, будет становиться все более неустойчивой, и давление в сторону перемен будет нарастать.

#### 4.7.1 Пути декарбонизации и экономический рост

В нижеследующем анализе путей декарбонизации сравниваются, как прогнозируемые долгосрочные пути экономического роста Казахстана будут различаться по трем сценариям.<sup>120</sup>

Текущий официальный прогноз экономического роста Министерства национальной экономики пока не учитывает последствия международных климатических действий для Казахстана и прогнозирует увеличение ВВП Казахстана до 2050 года на +175% (см. серую линию на рисунке 32). В базовом сценарии учитывается влияние климатической политики за пределами Казахстана, в том числе СВМ ЕС и снижение рыночных цен, поэтому экономика вырастет всего на 88% до 2050 года.

**Рисунок 32. Рост ВВП (2020 г. = 100) по текущему прогнозу, базовому сценарию и сценариям декарбонизации**



В сценарии ЗЭ, с довольно умеренной политикой сокращения выбросов ПГ, экономика демонстрирует гораздо более высокие показатели, достигая +125% к концу прогнозного периода. Но самое сильное экономическое развитие ожидается в сценарии ГД, поскольку глубокая декарбонизация требует огромных инвестиций, которые, в свою очередь, будут стимулировать сильный экономический рост до 200% к 2050 году. Высокие экономические показатели, обусловленные инвестициями, в значительной степени будут зависеть от привлекательности экономики Казахстана для частных инвестиций домохозяйств, а также отечественных и иностранных компаний. Особенно к концу моделируемого периода улучшение инвестиционного климата и условий международной торговли будет иметь решающее значение.

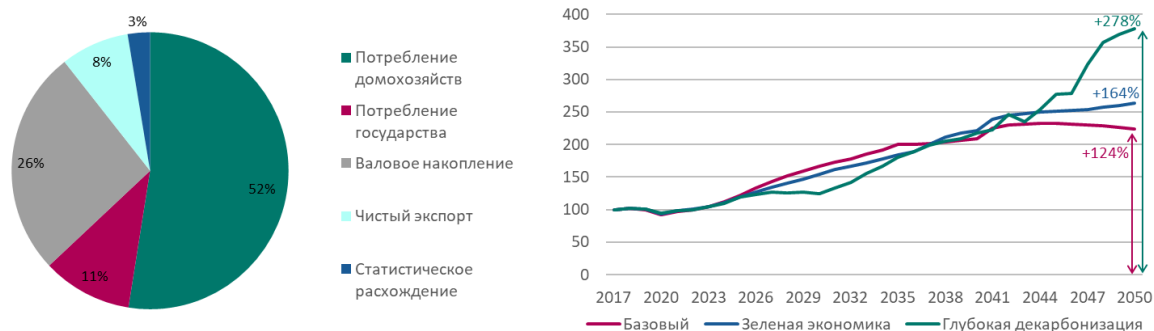
Соответствующий показатель ВВП на душу населения в настоящее время (в 2017 году) составляет 9,3 тыс. долларов США, а к 2050 году он может достигнуть 12,9 тыс. долларов США в базовом сценарии, 15,4 тыс. долларов США в сценарии ЗЭ и 20,6 тыс. долларов США в сценарии ГД.

Крупные инвестиции в сценарии ГД потребуют перераспределения потребительских расходов в пользу инвестиций. На сегодня потребление домохозяйств составляет половину, а инвестиции – четверть ВВП Казахстана (рисунок 33, слева). В долгосрочной перспективе ожидается, что доля потребления домохозяйств будет расти во всех сценариях. Однако в среднесрочной перспективе (с 2026 года по 2036 год) необходимость мобилизации масштабных инвестиций в сценарии ГД

<sup>120</sup> Анализ основан на обновленной модели CGE-KAZ 2021 года, учитывает отраслевые тренды и технологии, представленные в модели TIMES-KAZ от 2021 г., и включает информацию, полученную из отраслевых моделей SD-KAZ.

приведет к снижению частного потребления домохозяйств, в сравнении с трендом базового сценария. Однако после этого и до 2050 года доходы домохозяйств в растущей степени расходуются на потребление, а не инвестиции. Таким образом, ожидается гораздо более значительный рост потребления домохозяйств: +278% в сценарии ГД против +124% в базовом (рисунок 33, справа).

**Рисунок 33. Структура ВВП в 2017 г., % (слева) и изменение в реальном потреблении домохозяйств, 2017 г. = 1 (справа)**



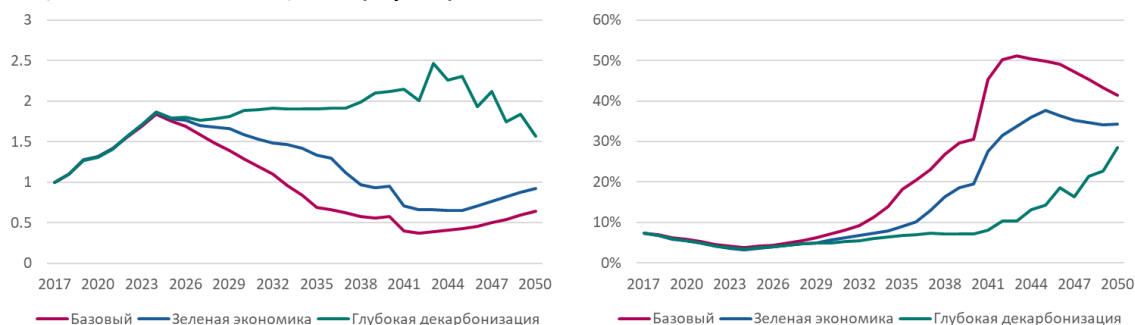
#### 4.7.2 Оценка требуемых инвестиций

Переход к низкоуглеродному развитию требует масштабных инвестиций в новые и самые современные низкоуглеродные и безуглеродные технологии. Кроме того, потребуются большие усилия для постоянного привлечения инвестиций в декарбонизацию. На рисунке 34 (слева) показаны уровни инвестиций в трех сценариях по сравнению с 2017 годом. В базовом сценарии инвестиции снижаются после 2025 года, достигая рекордно низкого уровня в 2042 году, после чего наблюдается небольшой рост. В сценарии ГД, напротив, уровень инвестиций стабильно высок и достигает пика в 2042 году, а затем неустойчиво снижается (рисунок 34, слева).

В базовом сценарии сохранение нынешней высокоуглеродной экономики увеличивает риск возникновения безнадежных активов, связанных с ископаемым топливом. Ухудшение условий торговли и снижение экспортных доходов приведут к снижению рентабельности соответствующих отраслей, в то же время правительству придется тратить больше средств на инвестиции, но за счет других приоритетов (рисунок 34, справа). Примерно к 2040 году до половины всех инвестиций в экономику в условиях базового сценария придется обеспечивать правительству.

В сценарии ЗЭ, в силу его ограниченной амбициозности, нагрузка на правительство в части предоставления инвестиционных средств снизится лишь незначительно.

**Рисунок 34. Уровень инвестиций в экономике, 2017 г. = 1 (слева) и доля государственных инвестиций в общем объеме инвестиций, % (справа)**





В сценарии ГД ситуация совершенно иная, поскольку экономика Казахстана будет гораздо более привлекательной для частных инвесторов. Таким образом, несмотря на значительно более высокие необходимые объемы инвестиций, доля государства в «зеленых» инвестициях, поддерживающих глубокую декарбонизацию, останется гораздо меньшей. Однако прогнозируемая высокая доля общих инвестиций в размере около 40% от ВВП не может сохраняться в течение длительного периода времени. С 2043 года объемы инвестиций начинают сокращаться, а потребители перенаправляют свои доходы на быстрый рост потребления, и доля государства в общем объеме инвестиций растет. Однако необходимость тратить государственные средства на инвестиции в декарбонизацию приведет к вынужденному выбору между различными национальными приоритетами. Таким образом, постоянное привлечение частных инвестиций становится все более важным.

При этом важно подчеркнуть, что значительная часть «низкоуглеродных и безуглеродных» инвестиций будет осуществляться вместо высокоуглеродных проектов. Этот эффект замещения подразумевает, что, когда изношенную углеродоемкую установку (например, угольную электростанцию) в любом случае необходимо заменить, то только дополнительные затраты на строительство и эксплуатацию новой низкоуглеродной установки вместо новой углеродоемкой установки рассматриваются как мера политики глубокой декарбонизации. Учитывая чрезвычайно высокий износ основных фондов в Казахстане, суммарные чистые дополнительные инвестиции, необходимые для декарбонизации, оцениваются за 30 лет с 2021 года по 2050 год в порядка 68 млрд. долларов США по сценарию ЗЭ и 601 млрд. долларов США по сценарию ГД.

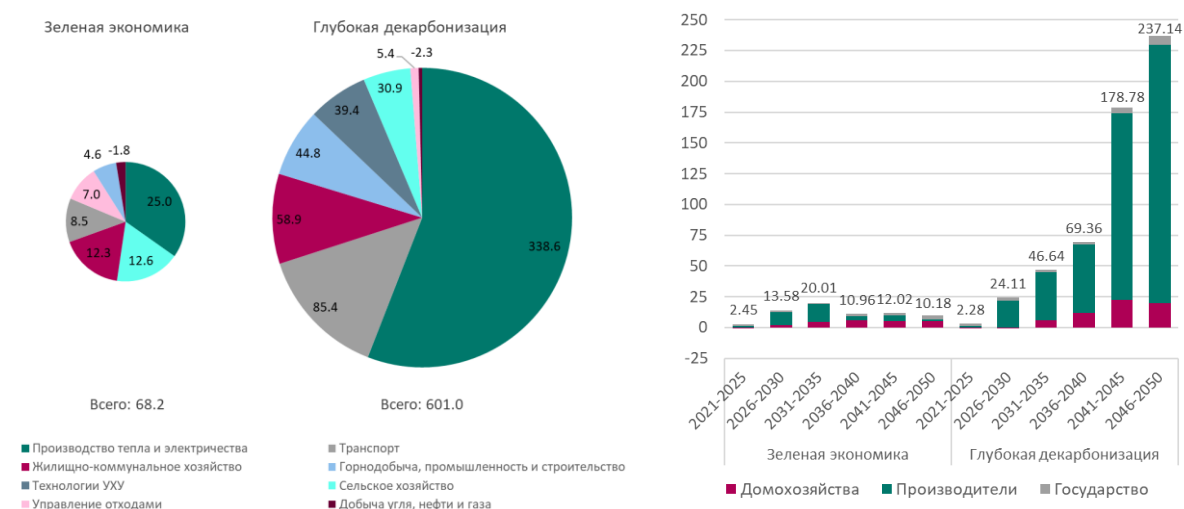
На рисунке 35 (слева) представлены необходимые дополнительные инвестиции по секторам в сценариях ЗЭ (слева) и ГД (справа), по сравнению с базовым сценарием. В обоих сценариях декарбонизации наибольшие инвестиции необходимы в производство электроэнергии и тепла: 25 млрд. долларов США, или 35% от общего объема инвестиций, в сценарии ЗЭ и 338,6 млрд. долларов США, или 56% от общего объема инвестиций, в сценарии ГД. Общая доля инвестиций в транспорт составляет 12% в сценарии ЗЭ и 14% в сценарии ГД, в здания – 18% (ЗЭ) и 10% (ГД). Сельское хозяйство занимает второе место по инвестиционным потребностям в сценарии ЗЭ с долей 18%, в то время как в сценарии ГД оно требует всего 5% от общего объема инвестиций.

Управление отходами появляется как новый сектор экономики в обоих сценариях, со схожим объемом инвестиций, хотя в сценарии ГД его относительная доля остается довольно невысокой из-за большого объема инвестиций в масштабах всей экономики. Значительной областью инвестиций в сценарии ГД также являются технологии улавливания и хранения углерода, на долю которых приходится 7% от общего объема инвестиций (39,4 млрд. долларов США). В то же время инвестиции в добычу ископаемого топлива будут постоянно снижаться по сравнению с базовым сценарием, что отмечено на рисунке 35 как минус 1,8 млрд. долларов США в сценарии ЗЭ и минус 2,3 млрд. долларов США в сценарии ГД, по сравнению с базовым. Это снижение инвестиций связано с падением спроса на ископаемое топливо как на международном, так и на внутреннем рынках и с прогнозируемым пиком добычи нефти в 2035 году.

Если дифференцировать инвестиции по сценариям и по пятилетним периодам (рисунок 35, справа), то инвестиции в сценарии ЗЭ распределены во времени достаточно равномерно, с наибольшим уровнем инвестиций в 2031-2035 годах. Это обусловлено различиями в том, когда проводятся инвестиции в новое оборудование и мощности: в базовом сценарии большинство мер по модернизации и обновлению оборудования откладывается на более поздние периоды. В среднем ежегодные инвестиции в сценарии ЗЭ прогнозируются на 2,3 млрд. долларов США выше, чем в базовом сценарии, что составляет около 1% ВВП.



**Рисунок 35. Общие необходимые дополнительные инвестиции за 2021-2050 гг. по секторам (размер круга соответствует объему дополнительных инвестиций), млрд. долл. США (слева) и сумма необходимых дополнительных инвестиций по пятилетним периодам, млрд. долл. США (справа)**



В сценарии ГД дополнительные инвестиции резко возрастают с течением времени и достигают пика в последний период 2045-2050 годов. Это объясняется тем, что наименее затратные инвестиции в сокращение выбросов осуществляются на ранних этапах, а более дорогостоящие меры реализуются позже, и для достижения дальнейшего сокращения выбросов необходимы гораздо более значительные усилия.<sup>121</sup> В течение следующих 30 лет среднегодовые требуемые инвестиции по сценарию ГД прогнозируются на 18,6 млрд. долларов США выше, чем по базовому сценарию, что соответствует 6% ВВП.

Рисунок 34 (справа) также показывает, что большинство инвестиций осуществляется (частными и государственными) предприятиями и домохозяйствами. Это иллюстрирует роль домохозяйств и стимулирования частных инвестиций в глубокую декарбонизацию. Таким образом, основная роль государства в этом процессе заключается в создании благоприятной законодательной и институциональной среды и поддержке развития необходимой финансовой и физической инфраструктуры. Прямые государственные инвестиции в декарбонизацию будут составлять лишь небольшую долю от общего объема инвестиций. Напротив, привлечение достаточных частных инвестиций для декарбонизации в производство электроэнергии и тепла, в производство стали, цемента и алюминия – особенно на относительно ранних стадиях – потребует последовательного набора стратегий и политики.

#### Вставка 4-2

##### Декарбонизация личного пассажирского транспорта и изменения в расходах домохозяйств

Расходы домохозяйств также будут затронуты декарбонизацией, особенно в сфере личного пассажирского транспорта, а также жилья и бытовой техники. Однако значительная доля расходов на декарбонизацию будет приходиться на домохозяйства при замене старых на новые и более энергоэффективные транспортные средства и приборы, а также при переходе на оборудование с низким и нулевым содержанием углерода, что в свою очередь обеспечит экономию на энергии.

<sup>121</sup> Расчеты основаны на текущих оценках будущей стоимости технологий. Безусловно, в течение следующих десятилетий ситуация изменится, и можно предположить, что стоимость некоторых технологий снизится или будут разработаны и выведены на рынок новые технологии.

В качестве примера можно привести переход от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) к электромобилям. В настоящее время цены на электромобили выше, чем на аналогичные автомобили с ДВС, хотя их обслуживание и обходится дешевле. В пересчете на ежемесячные расходы в течение предполагаемого срока службы автомобиля в 20 лет, более высокая цена электромобиля увеличивает стоимость владения автомобилем в среднем на 59 долларов США в месяц, по сравнению со средним (новым или поддержанным) бензиновым автомобилем. Но если вычесть экономию на бензине, общая текущая стоимость владения электромобилем лишь примерно на 25 долларов США в месяц выше, чем у автомобиля с ДВС.

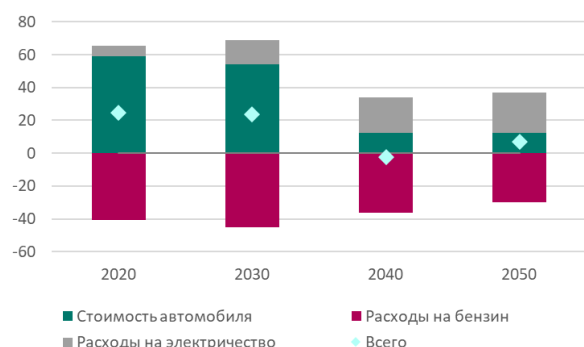
Кроме того, расходы на техническое обслуживание и ремонт электромобилей также ниже, чем у автомобилей с ДВС.

В ближайшие 5 лет ожидаемое широкомасштабное внедрение электромобилей приведет к сближению цен электромобилей и автомобилей с ДВС, как новых, так поддержанных, на мировом рынке, а затем и в Казахстане. В то же время, будущая экономия на эксплуатационных и топливных расходах продолжит работать в пользу электромобилей. В результате к 2040 году общая стоимость владения электромобилями будет сопоставима со стоимостью владения автомобилями с ДВС (рисунок 36) или даже ниже.

В связи с тем, что в модели рассматриваются пути декарбонизации с наименьшими затратами, а не конкретные политические меры, цены на бензин вновь снижаются к 2050 году в сценарии ГД, поскольку падает спрос на бензин в экономике. На данный момент цены на нефть не отражают стоимость выбросов ПГ от сжигания ископаемого топлива. Если последние будут интернализованы с помощью налогов на выбросы углерода, преимущество перехода на электромобили проявится раньше, а разница в стоимости будет больше.

Таким образом, переход на электромобили будет не только полезен для окружающей среды, но и позволит домохозяйствам экономить на транспортных расходах.

**Рисунок 36. Разница в стоимости владения автомобилем между электромобилем и бензиновым автомобилем (значение выше нуля = более высокая стоимость электромобиля), долл. США в месяц**



## 4.8 Заключение и перспективы развития

Глубокая декарбонизация в Казахстане возможна и экономически целесообразна. Она требует глубоких структурных изменений во всей экономике и мобилизации крупных инвестиций. Однако продолжение ведения бизнеса «как обычно» будет связано с гораздо более высокими издержками как для экономики, так и для общества. Предлагаемые пути декарбонизации основаны на трех классических столпах: сокращение потребления, энергоэффективность и использование возобновляемых источников энергии.

В настоящее время одной из многочисленных проблем декарбонизации в Казахстане являются регулируемые и низкие цены и тарифы в ряде секторов, важных для проблемы изменения климата, таких как энергетика и отходы. Существующие низкие тарифы не отражают реальных экономических, экологических и социальных затрат на использование и потребление. Таким образом, искажаются сигналы рыночных цен о дефицитах и отсутствуют стимулы для повышения эффективности, что приводит к неоптимальному распределению и зачастую расточительному обращению с ценными ресурсами (энергия, сырье и первичные материалы, чистый воздух и т.д.), как сознательному, так и бессознательному. Низкие тарифы и цены препятствуют амортизации инвестиций при эксплуатации энергосберегающего и безуглеродного оборудования или даже инвестициям в поддержание существующих основных фондов.

Экономически оптимальная политика позволяет рынкам определять цены, которые учитывают соответствующие затраты, поощряют рациональное и бережное использование ресурсов и стимулируют частные инвестиции в энергоэффективность и переход на альтернативное топливо. Инвестиции также необходимо дополнительно поддерживать, постоянно улучшая общую бизнес-среду и инвестиционный климат в Казахстане.

При отсутствии рыночных условий, вторым лучшим вариантом по стимулированию инвестиций в декарбонизацию для правительства было бы предоставление определенным инвесторам конкретных соглашений о покупке по заранее установленным ценам и на определенный срок, чтобы обеспечить прибыльность конкретных инвестиций. Однако такой подход фаворизирует крупных инвесторов с развитыми сетями рынков и контактов и снижает общий потенциал инвестиций по сравнению с рыночными условиями, поскольку такие специальные соглашения ограничивают конкуренцию и инновации и создают невыгодные условия для других инвесторов, особенно для малых и средних предприятий (МСП) и домохозяйств в Казахстане.

Чем меньше действуют рыночные силы, тем больше требуется вмешательства государства. Учитывая большие потребности в инвестициях, это потребует огромных изменений в бюджетных расходах за счет других областей политики, создавая необходимость выбора между декарбонизацией и другими социально-экономическими приоритетами.

Глубокая декарбонизация требует больших затрат, но бездействие наносит ущерб национальному благосостоянию. Это создает необходимость выбора, особенно между текущим потреблением, обусловленным привычками, и инвестициями для обеспечения будущего благосостояния. Однако декарбонизацию не следует понимать как инвестиции за счет, но с малой выгодой для нынешнего поколения. Детальный анализ тем выхода из угля и преобразований в транспорте и ЖКХ показал, что каждая предотвращенная тонна выбросов ПГ и загрязняющих веществ увеличивает благосостояние, а энергосбережение и переход на альтернативное топливо создают ощутимые выгоды для домохозяйств.

Существующая система низких тарифов и цен оправдывается социальными соображениями предотвращения энергетической бедности и других неблагоприятных последствий среди нуждающихся. Однако зачастую бедные домохозяйства потребляют непропорционально меньше услуг и товаров по низким тарифам, по сравнению с более обеспеченными домохозяйствами. Таким образом, схемы универсально низких тарифов не стимулируют рациональное использование ограниченных ресурсов и часто приводят к излишнему потреблению и даже растрате энергии и других субсидируемых товаров и услуг.

Напротив, озабоченность финансовым бременем более высоких рыночных цен для уязвимых социальных групп должна решаться лицами, принимающими политические решения, с помощью целевых социальных трансфертов определенным группам.

В то же время, поскольку низкие тарифы не отражают затраты производителей и негативно влияют на окружающую среду, они обходятся дорого всему обществу. Поэтому рыночные цены с адресными социальными выплатами уязвимым группам населения повышают эффективность использования ресурсов и снимают нагрузку с общества, не оказывая давления на домохозяйства с низкими доходами.

В целом, переход к низкоуглеродному развитию – это не только сокращение выбросов ПГ. Это также переход к более устойчивым и качественным образу жизни и экономике. Стратегия «Казахстан-2050» и План нации «100 конкретных шагов» устанавливают амбициозные трансформационные цели для общества, государства и экономики. Многие из них отражают Цели устойчивого развития ООН, в которых сбалансированы экономические, социальные и экологические аспекты устойчивого развития. Пути декарбонизации, предложенные в данной главе, способствуют достижению обеих целей и должны восприниматься не как альтернатива, а как дополнение к стратегии «Казахстан-2050». Действительно, концепция низкоуглеродного развития и ее реализация являются важным элементом на пути к реализации национального видения и целей устойчивого развития в Казахстане.

В заключение, представленный здесь анализ не является прогнозом будущего развития или точной дорожной картой. Напротив, его следует понимать как видение потенциальных путей к будущему с декарбонизированной экономикой. Хотя представленный выше анализ отражает основные изменения, необходимые для перехода к низкому или, в конечном счете, нулевому уровню выбросов ПГ, реализация концепции низкоуглеродного развития в течение следующих десятилетий потребует регулярного мониторинга и обновления, поскольку будущие изменения должны учитывать как новые технологические достижения, так и меняющиеся глобальные условия. Поэтому данную концепцию низкоуглеродного развития следует рассматривать как первую из целого ряда концепций, которые будут реализованы на пути к будущему с нулевыми выбросами парниковых газов.

## 5 Устойчивость к воздействию изменения климата

Наряду с усилиями Казахстана по смягчению последствий глобального потепления, неотъемлемой частью климатических действий должна стать адаптация экономики и общества к воздействию изменения климата.

Казахстан уже испытывает на себе последствия изменения климата, в том числе таяние ледников, увеличение дефицита воды и усиление экстремальных погодных явлений. Стихийные бедствия, такие как штормы, наводнения или засухи и связанные с ними лесные пожары, становятся все более интенсивными, а их география меняется<sup>122</sup>. Ожидается, что изменение климата также будет способствовать появлению и распространению трансмиссивных заболеваний даже в ранее незатронутых регионах.<sup>123</sup>

По прогнозам, к 2050 году снижение урожайности яровой пшеницы из-за изменения климата в Казахстане может составить 20-49%, что приведет к потере валового продукта в секторе до 608,19 млрд. тенге. Кормоемкость пастбищ снизится на 15,2% к 2050 году, и потери составят

---

<sup>122</sup> Источник: (IPCC, 2012)

<sup>123</sup> Источник: (IPCC, 2014)

169,6 млрд. тенге.<sup>124</sup> Климатические риски в сельскохозяйственном секторе могут быть очень чувствительными для национального развития, поскольку доля занятости в этом секторе высока (28,3% в 2010 году и 13,4% в 2020 году).<sup>125</sup> При этом наибольшему воздействию подвержены более бедные домохозяйства, занятые в сельском хозяйстве, имея при этом ограниченные возможности противостоять этим рискам.

Климатические риски в других отраслях включают: в лесном секторе увеличение количества лесных пожаров и повреждений вредителями, в энергетическом секторе потери из-за нарушений в работе гидроэлектростанций и нехватки охлаждающей воды для теплоэлектростанций. В транспортном секторе ожидается увеличение затрат на содержание дорог и убытки из-за повреждения инфраструктуры и снижения скорости движения, вызванного экстремальными погодными явлениями.<sup>126</sup> Такие отраслевые риски будут оказывать непосредственное влияние на усилия, предпринимаемые для реструктуризации национальной экономики в целях низкоуглеродного развития.

В 2021 году в Экологический кодекс Республики Казахстан была добавлена новая глава об адаптации к изменению климата, формирующая правовые рамки для планирования и реализации мер по адаптации на национальном и областном уровнях.

Несмотря на то, что в прошлом действия по адаптации к изменению климата и смягчению его последствий предпринимались в основном по отдельности, появляется все больше доказательств тесной связи между мерами адаптации и смягчения последствий и их усиливающим или негативным воздействием друг на друга. Это подтверждает необходимость рассматривать устойчивое развитие в качестве основного контекста для климатической политики (ОЭСР 2020)<sup>127</sup>.

Учет этих связей при планировании мер по снижению выбросов ПГ позволит повысить устойчивость этих мер к воздействию изменения климата, а также избежать неэффективной адаптации и появления безнадёжных активов. Это также может повысить экономическую эффективность действий по декарбонизации и сделать их более привлекательными для заинтересованных сторон, включая инвесторов.

Понимание таких усиливающих или негативных эффектов также поможет оценить различные аспекты влияния амбициозной международной климатической политики на Казахстан, с одной стороны, через снижение спроса на ископаемые источники энергии и углеродоемкую продукцию и, с другой стороны, через снижение рисков, связанных с изменением климата. Эти знания могут помочь в достижении консенсуса о трансформации экономики страны в сторону низкоуглеродного развития и в понимании потребностей в новых бизнес-моделях.

По данным МГЭИК, возможностей для синергии больше в секторах сельского хозяйства, лесного хозяйства, строительства и городской инфраструктуры. Примерами мер, одновременно эффективных и для адаптации, и для снижения выбросов ПГ, являются (i) повышение энергоэффективности и использование более чистых источников энергии, что ведет к сокращению выбросов загрязняющих веществ, оказывающих негативное влияние как на климат,

---

<sup>124</sup> В ценах 2019 года, источник: (ПРООН Казахстан, 2020)

<sup>125</sup> По данным Бюро национальной статистики. Следует отметить, что в 2014 году методология сбора статистических данных о занятости изменилась и больше не учитывает некоторые категории самозанятых в сельском хозяйстве, см. (CRC, 2020).

<sup>126</sup> Источник: (CAN, 2014)

<sup>127</sup> Источник: (OECD, 2021)

так и на здоровье человека; (ii) снижение потребления энергии и воды в городах за счет озеленения городов и повторного использования воды; (iii) устойчивое сельское и лесное хозяйство; и (iv) защита экосистем для связывания углерода и предоставления других экосистемных услуг.<sup>128</sup>

Противодействующие эффекты могут наблюдаться не только между целями декарбонизации и адаптации, но и в достижении других экологических целей, например, сохранения биоразнообразия. Для того, чтобы выявлять и минимизировать такие эффекты, необходимо совершенствовать институциональные и управленческие структуры, позволяющие вовлекать в процесс все заинтересованные стороны и координировать взаимодействие между различными уровнями и секторами.<sup>129</sup>

Понимание связей между такими сферами, как водопользование, продовольствие, энергия и биологическое связывание углерода, необходимо для эффективности принимаемых решений и устойчивости к воздействию изменения климата.<sup>130</sup> Таблица 30 описывает некоторые примеры синергии и рисков для отдельных мер по декарбонизации и дает несколько рекомендаций по снижению этих рисков.

**Таблица 30. Потенциальные связи между мерами адаптации и декарбонизации в Казахстане (неполный список в целях ориентации)**

| Действия по декарбонизации                             | Потенциальные сопутствующие выгоды для адаптации                                                                           | Потенциальные компромиссы с целями адаптации и экологическими целями                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Энергетика</b>                                      |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Новые гидроэлектростанции                              | Регулирование наводнений                                                                                                   | Уязвимы к воздействию изменения климата<br>Могут усугублять воздействие экстремальных погодных явлений ниже по течению и способствовать деградации экосистем и потере биоразнообразия                                                                                                                                                         |
| Возобновляемые источники энергии                       | Децентрализованные ВИЭ могут снизить уязвимость жителей отдаленных сельских регионов к воздействию изменения климата       | Солнечные и ветряные электростанции могут оказывать воздействие на биоразнообразие через нарушение и потерю среды обитания, шумовое загрязнение, столкновения с установками и другие косвенные воздействия <sup>131</sup><br>Связанные с этим риски для биоразнообразия необходимо учитывать на протяжении всего жизненного цикла проекта ВИЭ |
| <b>Транспорт</b>                                       |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Улучшение транспортной инфраструктуры                  | Климатоустойчивая инфраструктура и транспортные средства / оборудование снижают уязвимость к воздействию изменения климата | Новая инфраструктура должна быть как энергоэффективной, так и климатически устойчивой, чтобы избежать/снизить уязвимость к воздействию изменения климата                                                                                                                                                                                      |
| <b>Промышленные процессы и использование продукции</b> |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Увеличение повторного использования воды               | Снижение зависимости от дефицита воды                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

<sup>128</sup> Источник: (IPCC, 2014), Topic 3

<sup>129</sup> Источник: (Berry, et al., 2015)

<sup>130</sup> Источник: (IPCC, 2014), Topic 4

<sup>131</sup> Источник: (IUCN)



| Землепользование                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Крупномасштабные плантации деревьев                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Могут оказывать негативное воздействие на биоразнообразие и экосистемы<br>Могут уменьшать сток с водосборов в ущерб другим видам водопользования<br>Монокультурные плантации подвержены большому риску пожаров при повышении температуры |
| Производство электроэнергии на основе биоэнергетических культур                                            | Децентрализованные установки могут снизить уязвимость сельских жителей к воздействию изменения климата                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Может противоречить целям производства продуктов питания или функционирования экосистем<br>Интенсивно используемые плантации, производящие сырье для биомассы, уязвимы к вредителям, засухе и пожарам                                    |
| Создание систем орошения                                                                                   | Повышает устойчивость к изменению климата при производстве продуктов питания и текстильного сырья                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Может снизить доступность воды для других видов водопользования                                                                                                                                                                          |
| Сохранение и восстановление лесов                                                                          | Повышает устойчивость к рискам, связанным с водой (наводнения, оползни, сели, смерчи)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                          |
| Устойчивое сельское хозяйство (повышение уровня углерода в почве)                                          | Повышает устойчивость к засухам и наводнениям<br>Сохраняет экосистемные услуги, важные для сельскохозяйственного производства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                          |
| Устойчивое животноводство                                                                                  | Диверсификация пород скота и культур может повысить устойчивость к засухе и тепловым волнам, а также увеличить производительность скота и устойчивость к вспышкам болезней и вредителей, связанным с изменением климата <sup>132</sup><br>Применение смешанных систем растениеводства и животноводства может быть более эффективным за счет производства большего количества продовольствия на меньшей площади с использованием меньшего количества ресурсов, таких как вода <sup>133</sup> | Повышение продуктивности скота должно регулироваться таким образом, чтобы не вызвать неконтролируемого увеличения поголовья скота и не противоречить целям декарбонизации                                                                |
| Восстановление водно-болотных угодий                                                                       | Снижает риск наводнений или штормовых нагонов<br>Защищает экосистемы и производственные системы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                          |
| Минеральные удобрения для роста производства биомассы и удержания углерода в почве<br>Использование навоза | Повышение плодородия сельскохозяйственных земель уменьшает потребность в переустройстве земель<br>Повышает устойчивость к рискам для окружающей среды и здоровья, обычно усугубляемым воздействием изменения климата                                                                                                                                                                                                                                                                        | Минеральные удобрения увеличивают выбросы парниковых газов (в первую очередь, N <sub>2</sub> O – закиси азота)                                                                                                                           |

<sup>132</sup> Источник: (Rojas-Downing, Nejadhashemi, Harrigan, & Woznicki, 2017)

<sup>133</sup> Источник: (Herrero, et al., 2012)

| Отходы                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Управление отходами                                                                                                                                                                         | Улучшенное управление отходами повышает устойчивость к воздействию изменения климата                                                                                                                                                                                      | Системы управления городскими отходами уязвимы к воздействию изменения климата (наводнениям, обильным осадкам и другим экстремальным явлениям) и могут вызвать риски для окружающей среды и здоровья <sup>134</sup> . Проектирование полигонов, свалок и систем сбора отходов должно быть экологически устойчивым. |
| Городское планирование и инфраструктура                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Пространственное планирование (многофункциональное зонирование, транспортно-ориентированное развитие, совместное размещение рабочих мест и домов) и эффективное обеспечение инфраструктурой | Помогает удерживать углерод в почве и сохранять земли для других видов землепользования (например, для сельского и лесного хозяйства)                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Озеленение городов и повторное использование воды (снижение потребления энергии и воды)                                                                                                     | Повышает устойчивость к экстремальной жаре и городским наводнениям (за счет уменьшения эффекта городского теплового острова и повышения способности поглощать воду) <sup>135</sup><br>Помогает снизить экономические и экологические затраты и затраты на здравоохранение |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Обновление инфраструктуры                                                                                                                                                                   | Устойчивые системы инфраструктуры снижают уязвимость поселений и городов к наводнениям и другим воздействиям, вызванным изменением климата                                                                                                                                | Новая инфраструктура должна быть энергоэффективной и климатически устойчивой, чтобы избежать/снижить уязвимость к воздействию изменения климата                                                                                                                                                                    |

## 6 Справедливый переход и создание рабочих мест

24-я Конференция сторон РКК ООН, состоявшаяся в Катовице в декабре 2018 года, утвердила подробные правила, процедуры и руководящие принципы для реализации Парижского соглашения, которые охватывают все ключевые области, включая прозрачность принятия решений и действий, финансирование, снижение выбросов и адаптацию.<sup>136</sup> Согласно правилам, странам должны быть предоставлены относительно гибкие условия в соответствии с их возможностями, позволяющие им выполнять свои обязательства и докладывать об их реализации последовательно и прозрачно. Это также позволяет странам постепенно увеличивать свои национальные цели по снижению выбросов парниковых газов.

<sup>134</sup> Источник: (Mavropoulos, 2011)

<sup>135</sup> Источник: (OECD, 2021)

<sup>136</sup> Для полного пакета соответствующих документов, см. (UNFCCC, 2018).

Принятие сторонами Силезской декларации о солидарности и справедливом переходе<sup>137</sup> также подтвердило, что для успешного перехода к низкоуглеродной экономике важно получить одобрение и активную поддержку различных социальных групп и заинтересованных сторон в каждом государстве. Чтобы заручиться поддержкой общества, необходимо разделить бремя и выгоды от действий по снижению выбросов ПГ на социально справедливой основе и поддержать группы населения, на которых негативно сказывается низкоуглеродное будущее, посредством целенаправленной государственной политики. Рабочие в секторах экономики, связанных с ископаемым топливом, которые могут потерять работу в процессе трансформации, должны быть защищены сетями социальной защиты, одновременно с этим также следует прилагать усилия для создания качественных рабочих мест в отраслях с низким уровнем выбросов. В настоящее время, однако, Казахстан не подписал декларацию о справедливом переходе, и ее внедрение будет важным шагом на пути к низкоуглеродной экономике.

Международная политика и глобальные действия по борьбе с изменением климата приводят к появлению (среди прочих) следующих вызовов для Казахстана: трансформация экономической структуры страны, в частности, моногородов, и последующая внутренняя миграция людей. Это новые вызовы создадут необходимость обеспечения справедливого перехода (например, адресной помощи домохозяйствам, социальной политики, сопровождающей рост тарифов). Дальнейшие риски включают неблагоприятное социальное и экономическое воздействие на население, занятое в отраслях, которые потенциально понесут убытки от внедрения механизмов трансграничного углеродного регулирования (например, угледобывающие и горнодобывающие отрасли, черная металлургия), а также население, занятое в отраслях, которые сами понесут убытки от изменения климата, особенно в сельском хозяйстве (проблемы адаптации к изменению климата).

Принцип социальной справедливости перехода – один из руководящих принципов КНУР Казахстана до 2050 года. Для обеспечения справедливого перехода к низкоуглеродному развитию необходимы дополнительные политические меры, которые позволят распределить бремя и выгоды от климатических действий социально справедливым и социально приемлемым образом между различными социальными группами и создать новые возможности в регионах, затронутых политикой декарбонизации и адаптации или собственно изменением климата. Для этого Правительство должно обеспечить механизмы смягчения социальных рисков (особенно для бедных домохозяйств и малого бизнеса), а сам переход должен быть запланированным и предсказуемым. Правительство Казахстана берет на себя ответственность за обеспечение справедливого и эффективного перехода к низкоуглеродному будущему. Планирование этапов трансформации должно основываться на согласовании интересов, приемлемых для общества.

В настоящее время социальная озабоченность предотвращением энергетической бедности и других неблагоприятных условий среди нуждающихся приводит к установлению низких тарифов и цен на ряд товаров и услуг. Однако зачастую бедные домохозяйства потребляют непропорционально меньше услуг и товаров с низкими тарифами, чем более обеспеченные домохозяйства. Таким образом, эти универсальные схемы низких тарифов не стимулируют рациональное использование ограниченных ресурсов и часто приводят к чрезмерному потреблению и даже растрате энергии и других субсидируемых товаров и услуг. В то же время, поскольку низкие тарифы не отражают издержки производителей и негативно влияют на

---

<sup>137</sup> См. (UNFCCC, 2018)

окружающую среду, они обходятся дорого всему обществу. Поэтому рыночные цены с целевыми социальными трансфертами уязвимым группам населения повысят эффективность использования ресурсов и снимут нагрузку с общества, не оказывая давления на малообеспеченные домохозяйства.

Кроме того, чтобы гарантировать справедливый переход, необходимы стратегии регионального и отраслевого развития, которые будут проактивно направлять структурные изменения и помогать предприятиям и домохозяйствам реагировать на эти изменения. Такие стратегии будут стимулировать развитие новых, «зеленых» отраслей в затронутых регионах, а также включать политику поддержки таких регионов и предоставления рабочих мест и услуг социальной поддержки затронутым работникам и домохозяйствам. Также необходимо разработать программу, предлагающую компенсационную или альтернативную занятость и переподготовку тем, кто рискует потерять работу в результате реализации КНУР.

Исходя из нынешней экономической структуры, особое внимание следует уделить энергетическому сектору, где основным вызовом является сокращение добычи угля и угольной электрогенерации. В совокупности в этих двух секторах в настоящее время занято более 35 тыс. человек. В сценарии «бизнес как обычно» (базовом) ожидается, что к 2050 году это число сократится до 16,9 тыс. рабочих мест в добыче угля и 1,9 тыс. рабочих мест в производстве электроэнергии в результате изменений в международной политике и развитии коммерчески доступных технологий (см. также раздел 4.3.3). Сценарии декарбонизации, однако, предполагают гораздо более серьезные последствия для занятости. В сценарии ГД к 2050 году будет сохранено чуть более 200 рабочих мест в угледобыче и 590 рабочих мест в угольной электрогенерации. Сокращение числа рабочих мест, связанных с добычей и использованием угля, также повлияет на общий трудовой доход, создаваемый сектором. В среднем, сокращение добычи и использования угля приведет к снижению доходов примерно на 7,9 млн. долл. США в год в течение следующих 30 лет. Хотя значительная часть работников достигнет пенсионного возраста в течение этого периода и естественным образом покинет сектор, крайне важно обеспечить, чтобы оставшиеся работники сектора и следующее поколение работников имели достаточные возможности для альтернативной занятости.

В сценариях декарбонизации ожидается увеличение занятости в ряде секторов (включая сельское хозяйство, производство биоэнергии и управление отходами) при условии реализации предусмотренных мер. Например, ожидается, что занятость в сельском хозяйстве увеличится с нынешних 1,32 млн. рабочих мест (в 2017 году) до примерно 1,73 млн. рабочих мест в 2050 году в базовом сценарии (см. также раздел 4.5.2). В сценарии ГД к 2050 году прогнозируется дополнительно 66,3 тыс. рабочих мест, что эквивалентно увеличению занятости на 3,8% по сравнению с базовым сценарием.

Производство биоэнергии из отходов также приведет к увеличению занятости. После пика в 2029 году, когда количество рабочих мест может превысить 630, к 2050 году около 190 рабочих мест в сценарии ГД будут связаны с биоэнергетикой (см. также раздел 4.5.2). Они включают в себя занятость в строительстве, обслуживании и эксплуатации установок, а также в подготовке сырья.

Управление отходами станет новым сектором в экономике Казахстана (см. также раздел 4.6.2). В базовом сценарии прогнозируется почти трехкратное увеличение занятости в секторе отходов с примерно 11 тыс. рабочих мест в 2017 году до 31,9 тыс. рабочих мест в 2050 году. В сценариях ЗЭ и ГД занятость в секторе отходов в 2050 году возрастет еще больше и достигнет 32,4 тыс. и 34,5 тыс. рабочих мест соответственно, что на 2% (ЗЭ) и 8% (ГД) выше по сравнению с базовым сценарием. Основной вклад в создание рабочих мест вносит увеличение объемов переработки

отходов. С 17,8 тыс. (ЗЭ) и 19,9 тыс. (ГД) дополнительных рабочих мест, на него приходится более 80% общего роста занятости в период между 2017 и 2050 годами.

Помимо этих трех секторов, ожидается создание дополнительных рабочих мест за счет внедрения возобновляемых источников энергии, модернизации зданий и развития инфраструктуры, включая как низкоквалифицированные, так и высококвалифицированные рабочие места. Таким образом, общий прогнозируемый объем новых рабочих мест намного превышает ожидаемые потери рабочих мест в сокращающихся отраслях, однако созданием занятости необходимо управлять, чтобы обеспечить возможности трудоустройства для затронутых работников.

По мере реализации мер по декарбонизации в Казахстане и других странах необходимы дальнейшие исследования в отношении рынков труда и создания рабочих мест в новых секторах, которые послужат основой для развертывания программ и механизмов поддержки, включая программы переобучения и переподготовки работников сокращающихся отраслей. Кроме того, международное сотрудничество и обмен знаниями, опытом и практикой имеют решающее значение для обеспечения справедливого перехода к низкоуглеродной экономике. Страны могут многому научиться друг у друга, одновременно развивая многосторонние и двусторонние программы сотрудничества.

## 7 «Зеленые» инвестиции и финансирование

Глубокая декарбонизация в Казахстане создаст огромные инвестиционные возможности как для отечественных, так и для международных инвесторов. Начало перехода к низкоуглеродной экономике с четкой правовой и экономической основой позволит извлечь выгоду из растущей международной тенденции к «зеленому» финансированию, которое уже сегодня обеспечивает более высокую доходность по сравнению с обычными инвестициями. Все чаще в финансовой сфере «устойчивое развитие становится мейнстримом».<sup>138</sup> Для Казахстана такие «зеленые» инвестиции будут способствовать повышению производительности, экономии ресурсов и реструктуризации национальной экономики, как это запланировано в стратегии «Казахстан 2050», делая экономику более конкурентоспособной и менее зависимой от добычи природных ресурсов. Можно ожидать, что возможности и потребности в «зеленых» инвестициях появятся во всех секторах, но в особенности в сфере преобразования энергии, транспорта, сельского хозяйства и строительства. Финансовые потребности для глубокой декарбонизации оцениваются в общей сложности в 601 млрд. долл. США в 2021-2050 годах, включая 338,6 млрд. долл. США в производстве электроэнергии и тепла, 85,4 млрд. долл. США в транспортном секторе, 58,9 млрд. долл. США в строительстве и 30,9 млрд. долл. США в сельском хозяйстве.

Начиная с 1991 года, объем чистых прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в Казахстане достиг 160 млрд. долл. США, из них 100 млрд. долл. США поступило в последнее десятилетие<sup>139</sup>. Привлечение беспрецедентных для страны дополнительных ресурсов, необходимых для глубокой декарбонизации экономики, потребует создания развитой нормативно-правовой базы, эффективных институтов, а также инновационных инструментов «зеленого» финансирования.

---

<sup>138</sup> Источник: (BlackRock Investment Institute, 2019)

<sup>139</sup> Источник: (World Bank)

Источники климатического и «зеленого» финансирования в мире весьма разнообразны. Суммарный объем средств, направляемых в климатические проекты, увеличился в 360 млрд. долл. США в 2012 году до 608-622 млрд. долл. США к 2019 году<sup>140</sup>. МГЭИК оценивает размер ежегодных инвестиций, необходимых для предотвращения роста температуры свыше 1,5 °C, в 1,6-3,8 трлн. долл. США в период между 2016 и 2050 годами,<sup>141</sup> в том числе инвестиции в энергетику – 830 млрд. долл. США, в транспорт – более 467 млрд. долл. США<sup>142</sup>, в адаптацию к климатическим изменениям – 180 млрд. долл. США<sup>143</sup>. Для достижения этих показателей современные инвестиционные тренды должны претерпеть радикальные изменения в направлении низкоуглеродного развития, как в частном, так и в государственном секторе.

На долю государственных и международных источников приходится 44% глобального «зеленого» финансирования (на 2018 год)<sup>144</sup>, в основном ориентированного на транспорт, возобновляемые источники энергии, землепользование, а также на межотраслевые проекты. Внутренние, двусторонние и многосторонние финансовые институты развития предоставляют наибольший вклад в расходы государственных и международных организаций (52%).<sup>145</sup> Многие межгосударственные институты усилили свои обязательства по увеличению «зеленого» финансирования в краткосрочной перспективе и предпринимают активные действия по приведению стратегий всех банков развития в соответствие с целями устойчивого развития ООН и климатическими целями Парижского соглашения в долгосрочной перспективе. Затраты правительств и государственных агентств на «зеленые» проекты в развивающихся странах к 2017 году превысили 56 млрд. долл. США и продолжают расти.<sup>146</sup>

Частный сектор обеспечивает 56% общих расходов на климатические действия (на 2018 год), при этом 85% затрат направляется на проекты в области возобновляемых источников энергии, 14% на низкоуглеродный транспорт, менее 1% на другие секторы.<sup>147</sup> Это отражает текущие приоритеты коммерческих проектов. Расходы крупных компаний составляют наибольшую часть «зеленых» инвестиций в частном секторе, но роль финансовых институтов в последнее время возрастает. Институциональные инвесторы и небольшие инвестиционные фонды также увеличивают вложения в «зеленые» активы, поскольку рынки и проекты в области возобновляемой энергетики становятся все более привлекательными. Домашние хозяйства переориентируют свое потребление на климатически безопасные товары и услуги, что свидетельствует о повышении осведомленности и более широком распространении устойчивых альтернатив в области энергетики и транспорта.

Существует множество финансовых инструментов, применяемых для климатических действий и поддержки зеленого роста.<sup>148</sup> Наиболее широко в мире применяются кредитные инструменты (66% от общего объема «зеленого» финансирования), прежде всего, в виде проектного кредитования, балансовой задолженности и субсидирования займов для проектов. Вторым по масштабу использования инструментом является выпуск собственного капитала (29%). Гранты для климатических проектов покрывают небольшую долю (около 5%). Почти все они исходят из

<sup>140</sup> Источник: (CPI, 2020)

<sup>141</sup> Источник: (IPCC, 2018)

<sup>142</sup> Источник: (Global Commission on the Economy and Climate, 2014)

<sup>143</sup> Источник: (Global Commission on Adaptation, 2019)

<sup>144</sup> Источник: (CPI, 2020)

<sup>145</sup> Источник: (CPI, 2020)

<sup>146</sup> Источник: (OECD, 2018)

<sup>147</sup> Источник: (CPI, 2020)

<sup>148</sup> Источник: (CPI, 2020)



государственных или международных источников и направляются в регионы и отрасли экономики, недостаточно финансируемые коммерческими структурами: например, в развитие низкоуглеродной транспортной инфраструктуры, сельское и лесное хозяйство, землепользование и управление природными ресурсами. Наконец, инструменты управления рисками, такие как государственные гарантии, составляют незначительную долю в общем объеме «зеленого» финансирования.

Казахстан имеет длительную историю сотрудничества с рядом международных финансовых институтов, которые предоставляют значительные объемы финансовой поддержки в сфере адаптации и смягчения воздействия на климатическую систему, устойчивого развития и «зеленого» роста, диверсификации экономики, гармонизации роли государства и рынка, перехода к устойчивой энергетике. К институтам, действующим в Казахстане, относятся Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР), Международный банк реконструкции и развития (МБРР), Азиатский банк развития (АБР), Исламский банк развития (ИБР) и ряд других. Международные финансовые институты реализуют около 500 крупных и средних проектов в Казахстане с суммарным объемом инвестиций около 21,6 млрд. долл. США.

Привлечение дополнительных частных инвестиций из внутренних и международных источников для перехода к «зеленой» и углеродно-нейтральной экономике должно стать приоритетной стратегической задачей для страны. Несколько важных шагов уже сделано в этом направлении. Недавние экономические реформы привели инвестиционный климат в Казахстане намного ближе к международным стандартам по ряду показателей. Страна стала крупнейшим получателем ПИИ в Центральной Азии, преимущественно из Китая, Европейского Союза и США (на 2018 год)<sup>149</sup>. Подавляющая часть этих инвестиций направляется на реализацию новых проектов, а не замену устаревшего оборудования. В то же время, наибольший объем инвестиций поступает в горнодобывающую отрасль, металлургию, а также оптовую и розничную торговлю. Поэтому перенаправление частных инвестиций в низкоуглеродные проекты, секторы и технологии остается большим вызовом для Казахстана.

Правительство Казахстана определило улучшение инвестиционного климата и создание благоприятных условий для бизнеса в качестве национального приоритета.<sup>150</sup> Но для достижения глубокой декарбонизации экономики и, в конечном счете, углеродной нейтральности политические решения и меры должны опираться на критерии климатической эффективности и экологической устойчивости, что позволит обеспечить приток инвестиций именно в сокращение выбросов ПГ и увеличение поглощения углерода, а также избежать рисков возникновения безнадежных углеродоемких активов (например, связанных в ранее осуществленными вложениями в производство ископаемого топлива) или «застывания» в углеродоемком производстве.

Для достижения этой приоритетной задачи, в 2018 году был создан Международный финансовый центр Астана (МФЦА), который должен способствовать созданию условий для развития бизнеса, привлечению инвестиций и поддержки устойчивого развития в Казахстане. МФЦА активно участвует в разработке таксономии «зеленых» проектов, создании экосистемы для «зеленого» развития (финансовая поддержка, раскрытие экологической информации, гармонизация с международными стандартами), разработке и принятии нового Экологического кодекса, развитии рынков капитала, внедрении ESG отчетности, разработке «зеленых»

---

<sup>149</sup> Источник: (UNCTAD, 2020)

<sup>150</sup> Источник: (Пресс-служба Премьер-Министра Республики Казахстан, 2021)

индексов, выпуске «зеленых» облигаций и создании других инструментов «зеленого» финансирования. МФЦА было создано несколько институтов для расширения деятельности в области «зеленых» финансов и проектов, в том числе Центр «зеленого» финансирования для продвижения «зеленых» схем финансирования и поддержки в выпуске «зеленых» облигаций на Международной бирже Астаны<sup>151</sup> и Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов для содействия развитию «зеленых» технологий и бизнес-проектов<sup>152</sup>.

Финансовое обеспечение долгосрочных планов по глубокой декарбонизации экономики потребует гармонизации нормативно-правовой и институциональной базы для поддержки масштабных (даже порой радикальных) преобразований, с принятием принципов и стандартов «зеленого» финансирования, включая требования к раскрытию экологической информации и углеродной отчетности. Развитие институциональной среды должно разрешить проблему низких тарифов в ряде секторов, особенно влияющих на изменение климата. Эти низкие тарифы и цены препятствуют амортизации инвестиций и переходу на энергосберегающее и безуглеродное оборудование или даже инвестициям в поддержание существующих основных фондов. Таким образом, экономически оптимальная политика позволит рынкам определять цены, которые будут учитывать соответствующие затраты, поощрять рациональное и бережное использование ресурсов и стимулировать частные инвестиции в энергоэффективность и переход на другое топливо. Такая политика должна быть дополнена мерами по улучшению общей деловой среды и инвестиционного климата в Казахстане, включая прозрачные критерии для «зеленых» инвестиций. Таксономия «зеленых» проектов должна четко определить соответствующие показатели «экологичности» деятельности предприятий, такие как повышение энергоэффективности и энергосбережение, сокращение выбросов ПГ, адаптация к изменению климата. Эти показатели и критерии таксономии необходимо разработать и утвердить на национальном уровне с учетом международных подходов, что не только упростит их разработку, но и будет способствовать более широкому вовлечению зарубежных инвесторов в климатические и «зеленые» проекты в Казахстане.

## 8 Поддержка образования, инноваций и НИОКР

Исследования и разработки, инновации и образование имеют решающее значение для перехода к низкоуглеродному развитию, сокращению выбросов и адаптации к климатическим рискам. Содействие НИОКР и инновациям также способствует укреплению и повышению конкурентоспособности национальной экономики в постоянно меняющихся условиях глобальных усилий по декарбонизации, одновременно формируя устойчивость существующих секторов экономики и позволяя появляться и развиваться новым секторам. Таким образом, важно связать исследовательские программы с отраслями промышленности, стимулируя запуск пилотных проектов и поддерживая сотрудничество между исследователями и заинтересованными сторонами из бизнеса.

В дополнение к этому, содействие общей осведомленности о вопросах изменения климата, декарбонизации и зеленой экономики также имеет ключевое значение для поддержки исследований и инноваций, одновременно поощряя развитие экологически чистых технологий,

---

<sup>151</sup> См. (Центр зеленых финансов МФЦА)

<sup>152</sup> См. (Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов)

продуктов и услуг с низким уровнем выбросов углерода. Программы образования в области устойчивого развития и повышения осведомленности об изменении климата, рассчитанные на широкую общественность, специализированную аудиторию и отраслевых экспертов, также способствуют активному участию всех граждан, включая группы гражданского общества, и стимулируют межотраслевые действия в области климата.

Казахстан поддерживает научные исследования в области низкоуглеродного и климатически надежного развития, зеленой экономики и устойчивого развития, проводимые исследовательскими институтами и центрами, университетами и неправительственными организациями. Научные программы финансируются за счет государственных грантов и целевых программ. Темы исследований с 2015 года (при поддержке Программы грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки РК) включали проблемы теоретико-методологических основ низкоуглеродного развития, использования возобновляемых и альтернативных видов энергетики, реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике, разработки климатических сценариев для Казахстана и Центральной Азии, адаптации отдельных отраслей национальной экономики к изменению климата.

Для стимулирования инноваций в частном секторе Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов (МЦЗТ), созданный на базе инфраструктуры и наследия выставки «АСТАНА – ЭКСПО 2017», реализует проекты в области снижения выбросов ПГ.<sup>153</sup> Миссия МЦЗТ – это продвижение зеленых технологий и поддержка бизнеса для повышения конкурентоспособности экономики и качества жизни населения и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Приоритетные сферы соответствуют национальным целям перехода к зеленой экономике и охватывают следующие сектора: система управления отходами, развитие устойчивого и высокопроизводительного сельского хозяйства, устойчивое использование водных ресурсов, развитие возобновляемых и альтернативных источников энергии, сокращение негативного воздействия на окружающую среду, энергосбережение и повышение энергоэффективности, бережное и эффективное управление экосистемами. Среди конкретных технологий (как отечественных, так и зарубежных), получающих поддержку, находятся технологии в секторах управления отходами, управления качеством воздуха и воды, развития возобновляемых источников энергии, стимулирования энергосбережения и популяризации электромобилей.

Для успешной декарбонизации необходимо активно поддерживать исследования в тех областях, которые являются ключевыми для перехода к низкоуглеродному развитию, а также где Казахстан может даже достичь сравнительного преимущества на международных рынках. Такие области могут включать, но не ограничиваться выведением новых сельскохозяйственных культур и пород животных, низкотемпературной выплавкой металлов, передовыми строительными материалами, сохранением энергии и производством "зеленого" водорода. Важным элементом поддержки исследований в области декарбонизации является также обеспечение тесного сотрудничества между наукой и бизнесом с целью повышения коммерческой жизнеспособности фундаментальных исследований и вывода на рынок новых изобретений.

Для развития и поддержания исследований и разработок в области низкоуглеродного развития необходимо устранить имеющиеся существенные пробелы в охвате тем устойчивого развития в

---

<sup>153</sup> См. список текущих проектов на сайте МЦЗТ: <https://igtipc.org/ru/projects> (получено 05.07.2021 г.)

системе образования. В системе высшего образования уже хорошо представлены программы в естественных науках, связанные с экологией и изменением климата: 27 университетов страны реализуют образовательные программы по специальности «Окружающая среда» и 11 университетов – по специальности «Наука о Земле». Также доступны программы по экологии, геоэкологии, управлению природными ресурсами, метеорологии, а также безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды. В технических университетах Казахстана также существуют инженерные программы, и многие курсы по промышленной безопасности включают конкретные примеры использования «зеленых» технологий. Однако в основном в таких курсах изучается международный опыт, а возможности трансфера и адаптации международных практик к национальным условиям практически не обсуждаются. Аналогичным образом, в отдельных университетах существуют курсы по устойчивому развитию и интеграции экологических и социальных вопросов в управленческую практику, но полноценных программ обучения в этих областях, включая «зеленое» планирование или устойчивое землепользование, нет.

В целом, подготовка специалистов в темах устойчивого развития в общественных и инженерных науках (климатическая политика, экономика окружающей среды, устойчивое проектирование, адаптация к изменению климата) в значительной степени отсутствует как в системе высшего и послевузовского образования, так и в системе профессионального образования. Эти пробелы должны быть устранены, чтобы система образования в Казахстане эффективно сопровождала экономические и регуляторные изменения и готовила новое поколение профессионалов и исследователей. План реализации «Концепции зеленой экономики» на 2021-2025 годы предусматривает широкое внедрение курсов по экологическим и социальным вопросам, включая низкоуглеродное развитие, в учебные планы как вузов, так и средних школ. Продолжение и расширение этих усилий и разработка полноценных образовательных и учебных программ по зеленой экономике и технологиям, декарбонизации, проектированию климатически безопасной продукции, управлению изменением климата и устойчивому управлению для поддержки перехода страны к низкоуглеродному развитию является важной задачей для Казахстана.

В области повышения осведомленности и распространения информации ряд кампаний о зеленой экономике и низкоуглеродном развитии также осуществляется органами государственной власти, общественными организациями и международными донорами. Эти кампании представляют собой программы формального и неформального образования, а также программы дополнительного образования для предприятий, местных властей, студентов и молодежи, включая школьников. Для бизнеса несколько образовательных программ в области декарбонизации, низкоуглеродного развития и наилучших доступных техник были инициированы научно-образовательным центром «Зеленая Академия» совместно с Алматинским университетом энергетики и коммуникаций им. Г. Даукеева, МЦЗТ и ПРООН. Для государственных органов тренинги проводят НОЦ «Зеленая Академия», Академия государственного управления при Президенте РК, Региональный экологический центр Центральной Азии (РЭЦЦА), ПРООН и UN PAGE.

Платформа Национального движения «Казахстан 2050» также выступает в качестве просветительского инструмента среди населения для целей повышения осведомленности и формирования нового, экологического мышления казахстанцев. Она также побуждает граждан к активному участию в реализации стратегических планов и программ в области экологии, «зеленой» энергетики, новых технологий для улучшения качества жизни. Растет число акций

населения и НПО, поддерживаемых акиматами областей и городов, по уборке мусора, посадке деревьев, очищению акваторий местных экосистем.

Продолжение и усиление этих положительных тенденций жизненно важно как для формирования консенсуса и приемлемости декарбонизации среди населения и бизнеса, так и для стимулирования изменений в поведении в сторону ответственного потребления и производства.

Международное сотрудничество в области исследований, инноваций и образования также является важным шагом на пути к декарбонизации. Ряд проектов уже реализуется при поддержке и в сотрудничестве с международными донорскими организациями, например Всемирным Банком, ЕБРР, АБР, GIZ, ПРООН и АМР США. Среди примеров можно упомянуть проекты по расширению доступа ключевых заинтересованных сторон к улучшенным знаниям и данным об изменении климата, наращиванию технического потенциала, а также разработке решений «от исследований к рынку» для ученых, предпринимателей и инновационных стартапов. Повышение квалификации лиц, ответственных за принятие политических решений, также стало важным элементом международного сотрудничества. Такие программы включают техническую помощь, например, в области энергетической безопасности и чистых технологий, разработки технологических стандартов (в строительстве, энергоэффективности и т.д.), интеграции проблем изменения климата в национальную политику развития, обновления ОНУВ и включения мер по адаптации. Казахстан должен продолжать активно развивать международное сотрудничество в этих направлениях, поскольку оно не только способствует обмену передовым опытом и передаче низкоуглеродных технологий, но и позволяет объединить научные достижения и экспертизу разных стран и потенциально повысить качество, скорость и эффективность исследований и разработок.

## 9 Мониторинг, оценка и обновление КНУР

Пути декарбонизации и регуляторные меры должны основываться на общем консенсусе о стратегических целях низкоуглеродного развития. Правительство Казахстана, представители бизнеса, гражданского общества, малых и средних предприятий и другие заинтересованные стороны, включая группы молодежи, должны понимать, к чему приведут будущие преобразования, и в целом разделять общее видение будущей модели экономики Казахстана.

Прогресс в реализации КНУР и сопутствующего плана действий по выполнению обязательств Казахстана в области изменения климата (существующих и новых), а также других социально-экономических целей будет постоянно отслеживаться и доводиться до сведения общественности. Представители всех секторов экономики будут делиться своими отзывами об осуществимости различных стратегий трансформации экономики и связанных с ними мер. Кроме того, аналитические и исследовательские центры страны будут вовлечены в оценку и обновление КНУР. Пересмотр и обновление КНУР должны быть прозрачным процессом, обеспечивающим регулярную обратную связь и учитывающим новые технологические разработки, а также социальные, политические и экономические изменения на национальном и международном уровне. Постоянный диалог с заинтересованными сторонами даст возможность регулярно интегрировать обратную связь, результаты новых исследований, а также экспертный анализ в КНУР.

Регулярный мониторинг реализации КНУР позволит:

- Выявлять непредвиденные препятствия и сложности и своевременно корректировать меры политики по реализации КНУР;
- Отслеживать достижение контрольных показателей и индикаторов прогресса, которые будут лежать в основе последующих оценок и обновления КНУР;
- Предоставлять общественности доступ к результатам мониторинга КНУР для повышения прозрачности климатической политики. Отчеты о мониторинге КНУР также продемонстрируют приверженность правительства Казахстана низкоуглеродному будущему и мотивируют домохозяйства и предприятия инвестировать в низкоуглеродные технологии и переходить на низкоуглеродные модели поведения.

Парижское соглашение предусматривает пятилетний цикл обновления определяемых на национальном уровне вкладов (ОНУВ), с тем чтобы можно было учесть глобальный прогресс по сокращению выбросов ПГ, а также технологические достижения и социально-экономические изменения. Таким образом, целесообразно применять такой же пятилетний цикл для оценки и обновления КНУР, чтобы гарантировать, что пути трансформации всегда соответствуют целям и средствам их достижения. В частности, сценарии декарбонизации, контрольные показатели и меры регулирования будут регулярно корректироваться в ответ на потенциальные изменения в:

- Характере и траектории выбросов ПГ;
- Социально-экономических показателях;
- Стоимости технологий и объеме новых необходимых инвестиций;
- Результатах новых исследований и технологических инноваций, еще неизвестных или недоступных для Казахстана на данный момент;
- Политических тенденциях, а также новых целях в ответ на непредвиденные вызовы или возможности.

Оценка и обновление КНУР будут также учтены в других документах стратегического планирования Республики Казахстан, интегрированы в документы Стратегической экологической оценки в соответствии с Экологическим кодексом и Национальным планом распределения квот в рамках Национальной системы торговли выбросами Казахстана.

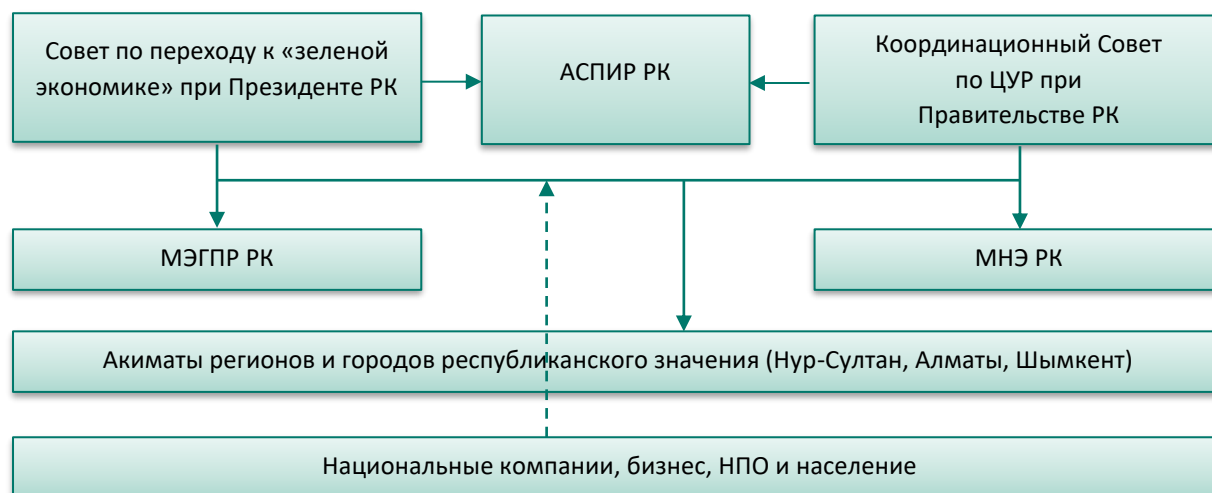
## 10 Механизмы реализации КНУР

### 10.1 Механизмы реализации и анализ рисков

В целях эффективной и своевременной реализации Концепции координация осуществляется по нижеприведенной схеме (рисунок 37). Координирующим органом является Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан (АСПИР РК), непосредственно подчиненное и подотчетное Президенту РК. Консультативно-совещательными органами по координации работы по реализации Концепции являются Совет по переходу к «зеленой экономике» при Президенте Республики Казахстан и Координационный совет по Целям устойчивого развития при Правительстве Республики Казахстан.



**Рисунок 37. Схема координационных структур реализации КНУР в Республике Казахстан**



Реализация задач Концепции и ЦУР на национальном, отраслевом и региональном уровнях обеспечивается соответствующими рабочими органами на принципах межотраслевого сотрудничества, взаимодействия и прозрачности: 1) *на национальном уровне* – Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (МЭГПР РК) и Министерством национальной экономики Республики Казахстан (МНЭ РК); 2) *на региональном уровне* – акиматами регионов (областей) и городов республиканского значения; 3) *на отраслевом уровне* – Национальной палатой предпринимателей «Атамекен» (НПП) и ее отраслевыми ассоциациями, НПО, домашними хозяйствами и отдельными предприятиями различных форм собственности. Реализация КНУР будет обеспечиваться следующими механизмами:

**Регуляторные и финансовые механизмы:** В целях стимулирования перехода к низкоуглеродному развитию на всех уровнях национальной экономики будут внедрен обязательный учет низкоуглеродной деятельности на основе внедрения международных стандартов, включая стандарты ISO, «зеленого» строительства, «зеленого» транспорта, энергоэффективности зданий и жилых помещений. Для субъектов, внедряющих низкоуглеродные технологии, будут разработаны фискальные стимулы, включая налоговые каникулы и льготы, ускоренные амортизационные схемы и другие. Меры стимулирования будут также направлены на развитие возобновляемых источников энергии. Для этих целей требуется внесение изменений в Предпринимательский кодекс РК (налоговые каникулы и льготы, мягкие кредиты, ускоренная амортизация и другие преференции). Для стимулирования частных инвестиций в низкоуглеродные технологии будут также пересмотрены схемы ценообразования в ряде секторов, в частности, на электроэнергию, теплоэнергию, сбор и сортировку мусора (см. также главу 4).

**Информационные технологии и цифровизация:** Внедрение информационных технологий и переход к цифровым платформам мониторинга являются необходимым инструментом низкоуглеродного регулирования на принципах объективности и прозрачности в соответствии с требованиями РКИИК ООН. В этих целях будет осуществлена координация работ:

- Казахстанского национального агентства РК «Казкосмос» (МИИР РК) и РГП «Казгидромет» (МЭГПР РК) в области мониторинга состава и объема загрязняющих веществ;
- АО «Жасыл даму» (МЭГПР РК и МЦЗТ) в области мониторинга состава и объема парниковых газов.

Данными организациями будет осуществлена разработка целевой программы мониторинга спутниковых данных по контролю за выбросами (МОН РК, МИИР РК) на национальном, отраслевом и региональном уровнях. Космический мониторинг выбросов позволит обеспечить прозрачность, объективность и сопоставимость данных для участия в международных экономических механизмах в соответствии с Парижским соглашением.

Значительную роль также играет цифровизация бизнес-процессов базовых отраслей. Цифровизация бизнес-процессов в горно-металлургическом, нефтегазовом, топливно-энергетическом и агропромышленном комплексах позволит масштабировать разработку и внедрение низкоуглеродных технологий с учетом международных стандартов. В рамках реализации программы «Цифровой Казахстан» поэтапно будут охвачены все процессы производства, транспортировки и потребления энергии, включая ЖКХ и домашние хозяйства.

Цифровизация выбросов на региональном уровне будет осуществляться в рамках Программы «Нурлы-жол», Стратегий устойчивого развития Нур-Султана, Алматы и других городов, подписавших Хартию городов ЕС.

**Вовлечение заинтересованных сторон:** Переход к низкоуглеродной экономике будет сопровождаться широким вовлечением заинтересованных сторон на всех уровнях мониторинга и принятия решений, включая представителей центральных и местных органов власти, квазигосударственного сектора, науки, бизнеса (ассоциаций и предприятий), НПО и местные общины (см. также главу 6). Такое участие заинтересованных сторон (стейкхолдеров) призвано способствовать большему пониманию и поддержке процессов в достижении позитивных результатов в среднесрочной и долгосрочной перспективе и реализации совместных мер по переходу к низкоуглеродному развитию.

Бизнес-структуры могут добровольно инициировать разработку корпоративных стратегий низкоуглеродного развития. Инициативы со стороны бизнеса придадут дополнительный импульс мерам Правительства импulsу переходу к низкоуглеродному развитию страны в целом. В то же время, Правительство примет меры по поддержке разработки и реализации корпоративных стратегий в виде подключения к зеленой таксономии (МФЦА), базе наилучших доступных технологий (МЦЗТ) и механизмам специальных экономических зон.

**Социальная защита уязвимых слоев населения:** В целях защиты уязвимых слоев населения от возможных негативных социальных последствий перехода к низкоуглеродному развитию в виде роста цен на электроэнергию, воду, теплоэнергию и другие услуги необходимо разработать и предусмотреть адресные пособия в пакете с действующими программами социальной поддержки населения страны (см. также главу 6).

Государственные меры в области развития трудовых ресурсов будут включать поддержку работников, не имеющих навыков работы на новых производствах (в т.ч. с использованием низкоуглеродных технологий), а также подготовку и переподготовку трудовых ресурсов, особенно базовых отраслей. Меры поддержки включают временные пособия по безработице, оказание помощи в поиске другой работы, развитию мобильности трудовых ресурсов, включая финансовую помощь при переезде в другие регионы страны (внутренняя миграция) и др.

**Переход регионов и городов к низкоуглеродному развитию:** С учетом нарастающей урбанизации, ключевая роль акиматов регионов и городов страны в продвижении низкоуглеродного развития будет возрастать. Акиматы различных уровней должны оказывать содействие снижению углеродоемкости производств региона (города) на этапе планирования с учетом стратегической экологической оценки, формирования транспортной мобильности,

лицензирования строительства, развития электрических видов транспорта и других мероприятий Концепции. Использование механизмов энергосервисных контрактов, обязательного аудита энергоэффективности объектов инфраструктуры, внедрение зеленых стандартов в строительстве и транспорте должны стать составной частью стратегий развития регионов (городов) на ближайшую перспективу.

Переход к низкоуглеродному развитию сопряжен с рядом рисков, которые необходимо учитывать при реализации КНУР. В таблице 31 основные возможные риски соотнесены с предложенными в КНУР механизмами реализации, которые могут способствовать снижению этих рисков.

**Таблица 31. Обзор потенциальных рисков реализации КНУР и предложения по их снижению**

| Потенциальные риски реализации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Предложения по снижению рисков<br>(ответственные органы)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Низкий технологический уровень производства:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ высокая энергоемкость и углеродоемкость производства, обусловленная исторически сложившейся сырьевой направленностью национальной экономики;</li> <li>■ низкий уровень инвестиций в НИОКР (менее 1% ВВП в 2019 г.) и отсутствие знаний о низкоуглеродных технологиях и опыта (квалификации и навыков) работы с ними.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ разработка и внедрение низкоуглеродных стандартов на продукцию и технологии (МТИ РК);</li> <li>■ увеличение инвестирования в сфере науки и НИОКР (МОН РК, МИИР РК);</li> <li>■ расширение зеленой таксономии и реализация политики внедрения наилучших доступных технологий (МФЦА, МЦЗТ);</li> <li>■ разработка механизмов стимулирования энергосбережения и внедрение низкоуглеродных технологий путем включения специальных норм в налоговый и предпринимательский кодексы (МФ РК, НПП «Атамекен»).</li> </ul> |
| <p><i>Недостаток инвестиций:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ масштабность внедрения низкоуглеродных технологий, требующая больших финансовых и инвестиционных ресурсов;</li> <li>■ низкие тарифы в ряде секторов, не окупающие инвестиции в низкоуглеродные технологии;</li> <li>■ снижение доходов от сырьевых отраслей.</li> </ul>                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ пересмотр и/или дерегулирование тарифов;</li> <li>■ субсидирование процессов разработки и внедрения отечественных низкоуглеродных технологий;</li> <li>■ введение норм льготного кредитования и налогообложения предприятий, внедряющих низкоуглеродные технологии;</li> <li>■ дальнейшее расширение списка предприятий, включенных в СТВ;</li> <li>■ целевое использование платежей за выбросы и их аккумулирование в специальных фондах при Акиматах регионов и городов республиканского значения.</li> </ul>  |
| <p><i>Снижение благосостояния уязвимых слоев населения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ рост затрат на производство и, соответственно, цен на производимую продукцию и услуги;</li> <li>■ высвобождение работников, не имеющих навыков работы в новых условиях, вследствие внедрения новых низкоуглеродных технологий на всех уровнях производства и закрытия угольных шахт.</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ предоставление адресной помощи уязвимым слоям населения;</li> <li>■ подготовка и переподготовка кадров на основе Карты занятости (МТСЗН РК);</li> <li>■ реализация мер по оказанию поддержки в поиске работы и трудоустройству в другие регионы страны (МТСЗН РК, НПП «Атамекен»);</li> <li>■ государственная поддержка развития малого и среднего бизнеса, в первую очередь для создания «зеленых» рабочих мест.</li> </ul>                                                                                     |

*Отсутствие осведомленности населения об использовании низкоуглеродной продукции:*

- привычки и склонность населения к потреблению более углеродоемкой и дешевой продукции, обусловленные низкой стоимостью традиционно используемых энергоемких продуктов.

- стимулирование производства и потребления низкоуглеродной продукции населением путем предоставления государственных субсидий;
- разработка программ повышения потенциала и осведомленности о низкоуглеродной продукции и услугах;
- разработка учебных программ, специальностей, дисциплин в области «экономики климата» и низкоуглеродного развития.

*Интеграция с энергетическим рынком ЕАЭС: снижение конкурентоспособности отечественных товаров и услуг на рынке ЕАЭС в краткосрочном периоде в связи с*

- неразвитостью наилучших доступных технологий в Казахстане;
- неразвитостью СТБ в странах ЕАЭС.

- гармонизация тарифов на ВИЭ и цены на углерод в странах ЕАЭС;
- разработка и введение единого углеродного налога в странах ЕАЭС.

## 10.2 Нормативные правовые акты для реализации КНУР

Реализация концепции низкоуглеродного развития потребует изменения ряда существующих и принятия новых нормативных правовых актов. КНУР будет реализована, среди прочего, посредством следующих нормативных правовых актов:

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года.
2. Кодекс Республики Казахстан от 25 декабря 2017 года «О налогах и других обязательных платежах в бюджет» (Налоговый кодекс) с обновлениями от 2 января 2021 года.
3. Предпринимательский кодекс Республики Казахстан от 29 октября 2015 года.
4. Кодекс Республики Казахстан от 27 декабря 2017 года «О недрах и недропользовании».
5. Закон Республики Казахстан от 4 июля 2009 года «О поддержке использования возобновляемых источников энергии».
6. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».
7. Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года, утвержденный Указом Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 года № 636.
8. Концепция по переходу Республики Казахстан к «зелёной экономике» до 2050 года.
9. Концепция индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020 – 2025 годы, утвержденная Постановлением Правительства Республики Казахстан от 20 декабря 2018 года.
10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года.
11. Прогнозная схема территориально-пространственного развития страны до 2030 года, утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 9 октября 2019 года.
12. Государственная Программа развития образования и науки на 2020 – 2025 годы, утвержденная Постановлением Правительства РК от 31 мая 2019 года.
13. Государственная Программа развития продуктивной занятости и массового предпринимательства на 2017 – 2021 годы, утвержденная Постановлением Правительства Республики Казахстан от 13 января 2018 года.

## Список литературы

- ADB. (2009). *Energy Outlook for Asia and the Pacific*. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank.
- Assembayeva, M., Egerer, J., Mendelevitch, R., & Zhakiyev, N. (2019). Spatial electricity market data for the power. *Data in brief*, 23, 103781.
- Berry, P. M., Brown, S., Chen, M., Kontogianni, A., Rowlands, O., Simpson, G., & Skourtos, M. (2015). Cross-sectoral interactions of adaptation and mitigation measures. *Climatic Change*, 128, 381-393. doi:<https://doi.org/10.1007/s10584-014-1214-0>
- BHP. (2020). *Pathways to Decarbonisation Episode Two: Steelmaking Technology*. Получено 04. 05. 2021 г., из <https://www.bhp.com/media-and-insights/prospects/2020/11/pathways-to-decarbonisation-episode-two-steelmaking-technology/>
- BlackRock Investment Institute. (01. 02. 2019 г.). *Sustainability: The future of investing*. Получено 05. 07. 2021 г., из <https://www.blackrock.com/us/individual/insights/blackrock-investment-institute/sustainability-the-future-of-investing>
- CAN. (2014). *Казахстан: Обзор деятельности в области изменения климата*. Климатическая сеть стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://infoclimate.org/?books=kazakhstan-obzor-deyatelnosti-v-oblasti-izmeneniya-klimata>
- CPI. (2020). *Updated View of the Global Landscape of Climate Finance 2019 [Macquarie, R.; Naran, B.; Rosane, P.; Solomon, M.; Wetherbee, C.]*. London: Climate Policy Initiative. Получено 04. 07. 2021 г., из <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2020/12/Updated-View-on-the-2019-Global-Landscape-of-Climate-Finance.pdf>
- CRC. (20. 07. 2020 г.). *Аналитика: Сельское хозяйство в Казахстане. Часть 2*. Получено 01. 07. 2021 г., из [https://crcons.com/rus/agriculture\\_in\\_Kazakhstan\\_2](https://crcons.com/rus/agriculture_in_Kazakhstan_2)
- Czigler, T., Reiter, S., Schulze, P., & Somers, K. (2020). *Laying the foundation for zero-carbon cement*. McKinsey & Company. Получено 04. 05. 2021 г., из <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/laying-the-foundation-for-zero-carbon-cement>
- EEX. (2020). *Emission Spot Primary Market Auction Report 2020*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/eua-primary-auction-spot-download>
- FAO. (2014). *Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Получено 19. 07. 2021 г., из <http://www.fao.org/3/i3940e/i3940e.pdf>
- Financial Times. (14. 11. 2019 г.). *EIB to phase out lending to fossil fuel projects by 2021*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.ft.com/content/cc78d838-0720-11ea-a984-fbbacad9e7dd>
- Global Commission on Adaptation. (2019). *Adapt now: A global call for leadership on climate resilience*. Global Commission on Adaptation. Получено 05. 07. 2021 г., из <https://gca.org/reports/adapt-now-a-global-call-for-leadership-on-climate-resilience/>

- Global Commission on the Economy and Climate. (2014). *Infrastructure Investment Needs of a Low-Carbon Scenario. New Climate Economy Working Paper*. Получено 04. 07. 2021 г., из <https://newclimateeconomy.report/workingpapers/workingpaper/infrastructure-investment-needs-of-a-low-carbonscenario-2/>
- Herrero, M., T. P., Notenbaert, A., Msangi, S., Wood, S., Kruska, R., . . . Li, X. (2012). *Drivers of change in crop–livestock systems and their potential impacts on agro-ecosystems services and human wellbeing to 2030*. Nairobi, Kenya: ILRI. Получено из <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/3020/SLPdriversstudyfinaldraft.pdf?sequence=4>
- IAI. (2021). *Aluminium Sector Greenhouse Gas Pathways to 2050*. Получено 04. 05. 2021 г., из [https://www.world-aluminium.org/media/filer\\_public/2021/03/16/iai\\_ghg\\_pathways\\_position\\_paper.pdf](https://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2021/03/16/iai_ghg_pathways_position_paper.pdf)
- ICAP. (б.д.). *Kazakhstan Emissions Trading Scheme*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://icapcarbonaction.com/en/ets-map?etsid=46>
- IEA & CSI. (2018). *Technology Roadmap: Low-Carbon Transition in the Cement Industry*. Получено 04. 05. 2021 г., из <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/4586/61682/1>
- IEA. (21. 06. 2021 г.). *Value of fossil-fuel subsidies by fuel in the top 25 countries, 2019*. Получено 05. 07. 2021 г., из <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/value-of-fossil-fuel-subsidies-by-fuel-in-the-top-25-countries-2019>
- IFC & World Bank. (2017). *Creating Markets in Kazakhstan: Country Private Sector Diagnostic*. Получено 03. 06. 2021 г., из <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30209>
- informБЮРО. (18. 11. 2017 г.). *Первую в Средней Азии биогазовую установку запустили в Шымкенте*. Получено 30. 06. 2021 г., из <https://informburo.kz/novosti/pervuyu-v-sredney-azii-biogazovuyu-ustanovku-zapustili-v-shymkente-.html>
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge: Cambridge University Press. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of WG III to the Fifth Assessment Report of IPCC*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- IPCC. (2018). *Special Report Global Warming of 1.5 °C*. Получено 05. 07. 2021 г., из <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IUCN. (б.д.). *Mitigating impacts in renewable energy projects*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.iucn.org/theme/business-and-biodiversity/our-work/business-engagement-project/mitigating-impacts-renewable-energy-projects>
- KAZENERGY. (2017). *Национальный энергетический доклад*. Астана.



- KAZENERGY. (2019). *Национальный энергетический доклад*. Астана.
- Mavropoulos, A. (05. 10. 2011 г.). *Urban waste management and Climate Change adaptation*. (Wasteless Future Antonis Mavropoulos) Получено 01. 07. 2021 г., из <https://wastelessfuture.com/urban-waste-management-and-climate-change-adaptation/>
- ME RK, UNDP Kazakhstan & GEF. (2017). *Seventh National Communication and third Biennial report of the Republic of Kazakhstan to UNFCCC*. Astana: Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, United Nations Development Programme in Kazakhstan and Global Environment Facility. Получено 01. 07. 2021 г., из [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/20963851\\_Kazakhstan-NC7-BR3-1-ENG\\_Saulet\\_Report\\_12-2017\\_ENG.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/20963851_Kazakhstan-NC7-BR3-1-ENG_Saulet_Report_12-2017_ENG.pdf)
- Neuhoff, K., Ciappinelli, O., Bataille, C., Haußner, M., Ismer, R., Joltreau, E., . . . Stede, J. (2018). *Filling gaps in the policy package to decarbonise production and use of materials*. Получено 04. 05. 2021 г., из [https://climatestrategies.org/wp-content/uploads/2018/06/CS-DIW\\_report-designed-2.pdf](https://climatestrategies.org/wp-content/uploads/2018/06/CS-DIW_report-designed-2.pdf)
- OECD. (2014). *Energy subsidies and climate change in Kazakhstan: Final draft report*. Получено 23. 06. 2021 г., из <https://www.oecd.org/env/outreach/Energy%20subsidies%20and%20climate%20change%20in%20Kazakhstan.pdf>
- OECD. (29. 11. 2018 г.). *Public climate finance to developing countries is rising*. Получено 05. 07. 2021 г., из <https://www.oecd.org/newsroom/public-climate-finance-to-developing-countries-is-rising.htm>
- OECD. (2021). *Strengthening adaptation-mitigation linkages for a low-carbon, climate-resilient future*. Получено 01. 07. 2021 г., из [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/strengthening-adaptation-mitigation-linkages-for-a-low-carbon-climate-resilient-future\\_6d79ff6a-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/strengthening-adaptation-mitigation-linkages-for-a-low-carbon-climate-resilient-future_6d79ff6a-en)
- Rockefeller Brothers Fund. (б.д.). *Fossil Fuel Divestment*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.rbf.org/mission-aligned-investing/fossil-fuel-divestment>
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>
- Ruane, A. C., Antle, J., Elliott, J., Folberth, C., Hoogenboom, G., Mason-D'Croz, D., . . . Wiebe, K. (2018). Biophysical and economic implications for agriculture of +1.5° and +2.0°C global warming using AgMIP Coordinated Global and Regional Assessments. *Climate Research*, 76(1), 17-39. doi:<https://doi.org/10.3354/cr01520>
- S&P Global. (14. 06. 2019 г.). *Norway's oil and gas sector divestment plans span global supply chain*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/norway-s-oil-and-gas-sector-divestment-plans-span-global-supply-chain-52348071>
- SC MNE RK. (2019). *Introduction of green growth indicators in the Republic of Kazakhstan*. Nur-Sultan: Statistics Committee of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan. Получено 05. 07. 2021 г., из <https://www.oecd.org/countries/kazakhstan/Green-Growth-Indicators-Kazakhstan-English.pdf>

- Swiss Re Group. (22. 04. 2021 г.). *World economy set to lose up to 18% GDP from climate change if no action taken, reveals Swiss Re Institute's stress-test analysis*. Получено 06. 06. 2021 г., из <https://www.swissre.com/media/news-releases/nr-20210422-economics-of-climate-change-risks.html>
- UN. (02. 12. 2020 г.). *The race to zero emissions, and why the world depends on it*. Получено 06. 06. 2021 г., из <https://news.un.org/en/story/2020/12/1078612>
- UNCTAD. (2020). *World Investment Report 2020*. Geneva: United Nations. Получено 05. 07. 2021 г., из [https://unctad.org/system/files/official-document/wir2020\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/wir2020_en.pdf)
- UNEP. (2020). *Emissions Gap Report 2020*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.unep.org/interactive/emissions-gap-report/2020/>
- UNEP, OECD and IISD. (2019). *Measuring Fossil Fuel Subsidies in the Context of the Sustainable Development Goals*. Nairobi, Kenya: UN Environment. Получено 10. 05. 2021 г., из <https://www.unep.org/resources/report/measuring-fossil-fuel-subsidies-context-sustainable-development-goals>
- UNFCCC. (15. 12. 2018 г.). *Katowice climate package*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-katowice-climate-package/katowice-climate-package>
- UNFCCC. (2018). *Solidarity and Just Transition Silesia Declaration*. Получено 05. 07. 2021 г., из [https://cop24.gov.pl/fileadmin/user\\_upload/Solidarity\\_and\\_Just\\_Transition\\_Silesia\\_Declaration\\_2\\_.pdf](https://cop24.gov.pl/fileadmin/user_upload/Solidarity_and_Just_Transition_Silesia_Declaration_2_.pdf)
- UNFCCC. (2021). *Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat*. Получено 06. 06. 2021 г., из [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021\\_02E.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_02E.pdf)
- UNFCCC. (б.д.). *GHG Profiles - Annex I*. Получено 04. 05. 2021 г., из [https://di.unfccc.int/ghg\\_profile\\_annex1](https://di.unfccc.int/ghg_profile_annex1)
- World Bank. (2018). *Green Economy: Realities & Prospects in Kazakhstan*. Получено 04. 05. 2021 г., из <https://www.sk.kz/upload/iblock/8d9/8d97878e7ec2466e04ab62e5d8f4c3a3.pdf>
- World Bank. (23. 03. 2021 г.). *Climate Change Overview*. Получено 06. 06. 2021 г., из <https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/overview>
- World Bank. (б.д.). *Carbon Pricing Dashboard*. Получено 01. 07. 2021 г., из <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>
- World Bank. (б.д.). *Foreign direct investment, net inflows (BoP, current US\$) - Kazakhstan*. Получено 05. 07. 2021 г., из <https://data.worldbank.org/indicator/BX.KLT.DINV.CD.WD?locations=KZ>
- World Economic Forum. (2021). *The Global Risk Report 2021*. Получено 06. 06. 2021 г., из <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2021>
- АМФОК. (2021). Информация о состоянии микрофинансового сектора в Республике Казахстан по итогам 2020 года [Презентация]. Ассоциация микрофинансовых организаций Казахстана. Получено 04. 05. 2021 г., из [https://www.amfok.kz/uploaded/\\_\\_\\_report\\_\\_\\_2020.pdf](https://www.amfok.kz/uploaded/___report___2020.pdf)
- ЕБРР. (Январь 2017 г.). Биоэнергетический потенциал в агропромышленном секторе Казахстана [Презентация]. Получено 04. 05. 2021 г., из

- <https://www.ebrd.com/cs/Satellite?c=Content&cid=1395284715449&pagename=EBRD%2FContent%2FDownloadDocument>
- Зерновые&Масличные.Казахстан. (11. 03. 2020 г.). *Почему огромное количество льняной соломы в СКО сжигается?* Получено 04. 05. 2021 г., из <https://margin.kz/news/6003/pochemy-ogromnoe-kolichestvo-lnyanoi-solomy-v-sko-szhigaetsya-akim/>
- Казинформ. (17. 01. 2019 г.). *В Казахстане увеличилась переработка твердых бытовых отходов.* Получено 30. 06. 2021 г., из [https://www.inform.kz/ru/v-kazahstane-uvelichilas-pererabotka-tverdyh-bytovyh-othodov\\_a3488996](https://www.inform.kz/ru/v-kazahstane-uvelichilas-pererabotka-tverdyh-bytovyh-othodov_a3488996)
- Калмыков, Д., & Маликова, А. (2017). *Загнанные в уголь. Обзор: Угледобыча и угольная электрогенерация в Казахстане. Состояние и перспективы.* Караганда: Центр по внедрению новых экологически безопасных технологий.
- Концепция по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике". (30. 05. 2013 г.). Получено 04. 05. 2021 г., из [https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/kazakhstan\\_concept\\_for\\_transition\\_of\\_the\\_republic\\_of\\_kazakhstan\\_to\\_green\\_economy.pdf](https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/kazakhstan_concept_for_transition_of_the_republic_of_kazakhstan_to_green_economy.pdf)
- Мастер План развития лесного сектора Казахстана до 2030 года. (2020). Получено 04. 05. 2021 г., из [https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/2020/20200304/1\\_Overview\\_of\\_the\\_master\\_plan\\_for\\_the\\_development\\_of\\_the\\_forest\\_sector\\_in\\_Kazakhstan\\_by\\_2030\\_I\\_Koval.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/2020/20200304/1_Overview_of_the_master_plan_for_the_development_of_the_forest_sector_in_Kazakhstan_by_2030_I_Koval.pdf)
- МВФ. (23. 06. 2021 г.). *Предложение повысить охват глобальных тарифов за выбросы углерода.* Получено 16. 07. 2021 г., из <https://www.imf.org/ru/News/Articles/2021/06/21/blog-a-proposal-to-scale-up-global-carbon-pricing>
- Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов. (б.д.). *НАО «Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов».* Получено 05. 07. 2021 г., из <https://igtipc.org/ru/about>
- Министерство Энергетики РК. (03. 03. 2021 г.). Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2021 года № 108 о внесении изменения в приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 14 декабря 2018 года № 514 «Об утверждении предельных тарифов на электрическую энергию». Получено 26. 04. 2021 г., из <https://law.gov.kz/api/documents/153956/rus/download/pdf>
- МЭ РК. (2019). *Сводный информационно-аналитический отчет по промышленным отходам за 2010-2018 годы.* Департамент управления отходами Министерства энергетики Республики Казахстан.
- МЭГПР РК. (10. 12. 2020 г.). *В течение 5 лет лесной фонд Казахстана будет пополнен на 2 млрд. деревьев.* Получено 04. 05. 2021 г., из <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/press/news/details/134126?lang=ru>
- МЭГПР РК. (2020). *Национальный доклад Республики Казахстан о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2018 гг.* Нур-Султан: Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан.

МЭГПР РК. (2021). *Национальный доклад Республики Казахстан о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2019 гг.* Нур-Султан: Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан.

Правительство РК. (2018). Национальный план развития Республики Казахстан до 2025 года. Получено 04. 05. 2021 г., из <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1800000636>

Правительство РК. (2019). Государственная программа жилищно-коммунального развития "Нурлы Жер" на 2020-2025 годы. Получено 04. 05. 2021 г., из <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900001054>

Пресс-служба Премьер-Министра Республики Казахстан. (31. 05. 2021 г.). *Приоритетные отрасли, прямые иностранные инвестиции и новые подходы — какие меры по привлечению инвестиций принимаются в Казахстане.* Получено 05. 07. 2021 г., из <https://www.primeminister.kz/ru/news/reviews/prioritetnye-otrasli-pryamye-inostrannye-investicii-i-novye-podhody-kakie-mery-po-privlecheniyu-investiciy-prinimayutsya-v-kazahstane-3143955>

ПРООН Казахстан. (16. 12. 2020 г.). *Казахстан может понести экономические убытки в производстве пшеницы из-за изменения климата.* Получено 01. 07. 2021 г., из <https://www.kz.undp.org/content/kazakhstan/ru/home/stories/2020/kazakhstan-may-suffer-economic-losses-in-wheat-production-due-to.html>

ПРООН Казахстан. (17. 06. 2020 г.). *Развитие органического сельского хозяйства в Казахстане путем внедрения сертификации.* Получено 04. 05. 2021 г., из <https://www.kz.undp.org/content/kazakhstan/en/home/presscenter/news/2020/june/certification-as-a-tool-to-boost-organic-food-development-in-kaz.html>

Целевые показатели к Протоколу по проблемам воды и здоровья Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Республика Казахстан). (2017). Астана. Получено 04. 05. 2021 г., из [https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water\\_Convention/2016/Projects\\_in\\_Central\\_Asia/Baseline\\_study\\_and\\_target\\_indicators\\_to\\_the\\_Protocol\\_on\\_Water\\_and\\_Health\\_May\\_2017\\_RUS.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Baseline_study_and_target_indicators_to_the_Protocol_on_Water_and_Health_May_2017_RUS.pdf)

Центр зеленых финансов МФЦА. (б.д.). *О Центре Зеленых Финансов.* Получено 05. 07. 2021 г., из <https://gfc.aifc.kz/ru/o-tsentre-zelenyh-finansov/>

## Приложение

Рисунок 38. Доля угля в общих поставках первичной энергии (слева) и в электрогенерации (справа), %

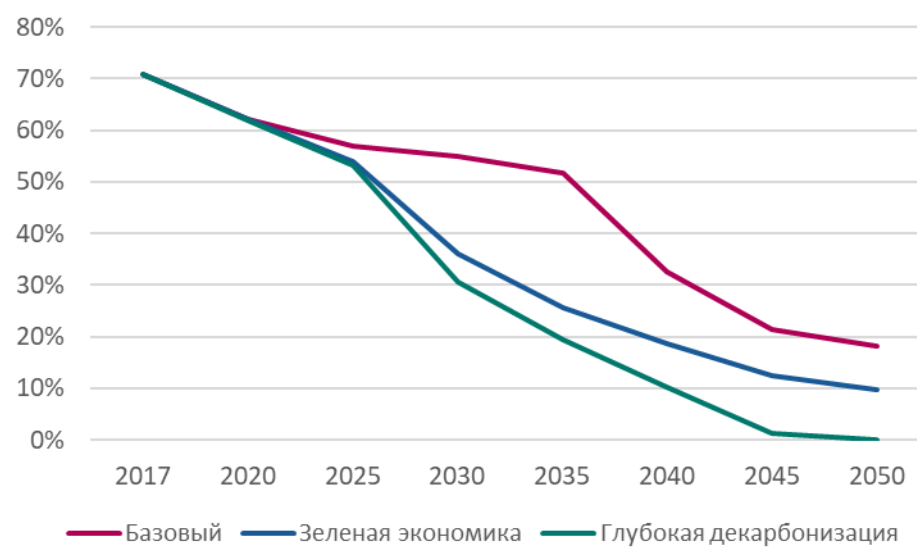
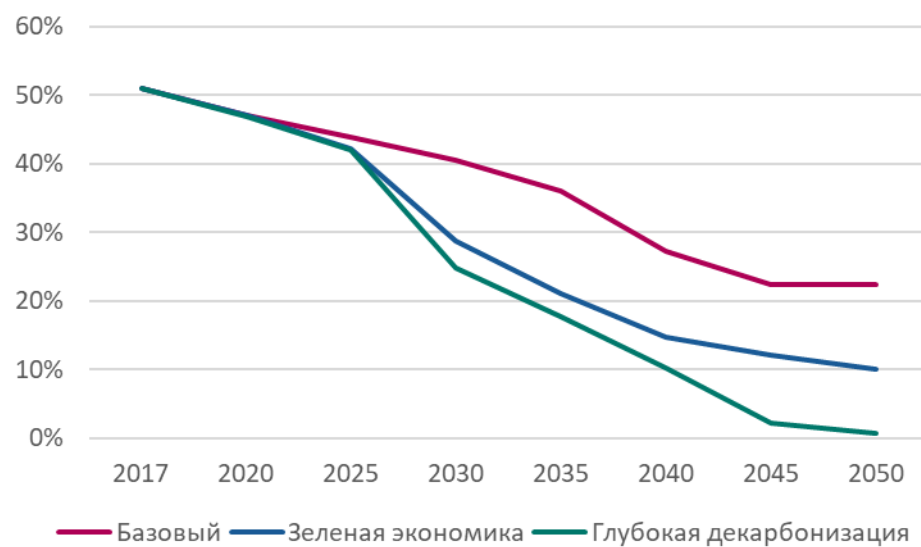


Таблица 32. Ежегодные выгоды и издержки угольного сектора, млн. долл. США

|                                                                                       | Базовый |        |        | Зеленая экономика |        |        | Глубокая<br>декарбонизация |        |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|--------|-------------------|--------|--------|----------------------------|--------|------|
|                                                                                       | 2030    | 2040   | 2050   | 2030              | 2040   | 2050   | 2030                       | 2040   | 2050 |
| <b>Расходы и доходы</b>                                                               |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| Прибыль от угледобычи (ВВП угледобычи)                                                | 848,0   | 746,6  | 691,4  | 484,4             | 275,2  | 108,8  | 444,9                      | 235,9  | 5,6  |
| Общая стоимость добычи угля                                                           | 287,6   | 237,0  | 210,8  | 320,2             | 192,7  | 107,1  | 410,6                      | 224,6  | 8,0  |
| Годовая стоимость железнодорожных перевозок угля                                      | 58,6    | 48,3   | 42,9   | 35,2              | 21,2   | 11,8   | 30,9                       | 16,9   | 0,6  |
| Реальные субсидии на добычу угля                                                      | 490,6   | 404,2  | 359,6  | 147,4             | 88,7   | 49,3   | 0,0                        | 0,0    | 0,0  |
| Экологические расходы                                                                 | 0,6     | 0,4    | 0,3    | 0,3               | 0,2    | 0,1    | 0,3                        | 0,1    | 0,0  |
| <b>Внешние эффекты</b>                                                                |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| <b>Положительные внешние эффекты</b>                                                  |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| Трудовые доходы от добычи угля                                                        | 16,5    | 13,6   | 12,1   | 9,9               | 6,0    | 3,3    | 8,7                        | 4,8    | 0,2  |
| Трудовые доходы от угольной электрогенерации                                          | 2,5     | 2,0    | 1,4    | 4,6               | 1,6    | 0,9    | 3,3                        | 1,4    | 0,4  |
| <b>Негативные внешние эффекты</b>                                                     |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| Общественные издержки углерода от добычи угля                                         | 1773,9  | 1351,3 | 879,2  | 930,4             | 535,0  | 351,0  | 747,7                      | 296,6  | 4,7  |
| Расходы на здравоохранение (государственные)                                          | 799,6   | 658,7  | 586,1  | 480,3             | 289,0  | 160,7  | 421,9                      | 230,8  | 8,3  |
| Расходы на здравоохранение (частные)                                                  | 3008,1  | 2478,4 | 2205,0 | 1807,1            | 1087,4 | 604,6  | 1587,1                     | 868,2  | 31,1 |
| <b>Подходы к оценке расходов на здравоохранение</b>                                   |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| <b>На основе выбросов</b>                                                             |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| Расходы от сжигания угля (электрогенерация)                                           | 970,2   | 730,2  | 446,9  | 524,2             | 315,6  | 212,8  | 425,8                      | 181,1  | 1,9  |
| <b>Прямые расходы государства и косвенные эффекты</b>                                 |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| Общественные издержки респираторных заболеваний, связанных с добычей и сжиганием угля | 5996,7  | 4940,6 | 4395,6 | 3602,5            | 2167,8 | 1205,2 | 3163,9                     | 1730,7 | 61,9 |
| Прямые расходы из-за респираторных заболеваний от угля                                | 799,6   | 658,7  | 586,1  | 480,3             | 289,0  | 160,7  | 421,9                      | 230,8  | 8,3  |
| Косвенные расходы из-за респираторных заболеваний от угля                             | 5197,1  | 4281,9 | 3809,5 | 3122,2            | 1878,8 | 1044,5 | 2742,1                     | 1500,0 | 53,7 |
| <b>На основе данных по населению</b>                                                  |         |        |        |                   |        |        |                            |        |      |
| Расходы из-за респираторных заболеваний от потребления угля                           | 1094,5  | 901,8  | 802,3  | 657,6             | 395,7  | 220,0  | 577,5                      | 315,9  | 11,3 |



Таблица 33. Кумулятивные выгоды и издержки угольного сектора, млн. долл. США

|                                                                                       | Базовый |       |       | Зеленая экономика |       |       | Глубокая<br>декарбонизация |       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|-------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|
|                                                                                       | 2030    | 2040  | 2050  | 2030              | 2040  | 2050  | 2030                       | 2040  | 2050  |
| <b>Расходы и доходы</b>                                                               |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| Прибыль от угледобычи (ВВП угледобычи)                                                | 9260    | 17396 | 24405 | 8050              | 11739 | 13537 | 7096                       | 10570 | 11488 |
| Общая стоимость добычи угля                                                           | 3110    | 5818  | 7960  | 3768              | 6268  | 7700  | 4369                       | 7600  | 8402  |
| Годовая стоимость железнодорожных перевозок угля                                      | 633     | 1185  | 1621  | 553               | 827   | 985   | 507                        | 750   | 810   |
| Реальные субсидии на добычу угля                                                      | 5305    | 9923  | 13578 | 3572              | 4723  | 5381  | 2362                       | 2362  | 2362  |
| Экологические расходы                                                                 | 5,8     | 11,3  | 14,5  | 4,8               | 7,3   | 8,8   | 4,5                        | 6,3   | 6,6   |
| <b>Внешние эффекты</b>                                                                |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| <b>Положительные внешние эффекты</b>                                                  |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| Трудовые доходы от добычи угля                                                        | 48,7    | 64,8  | 80,9  | 48,3              | 64,1  | 79,8  | 47,1                       | 61,8  | 75,9  |
| Трудовые доходы от угольной электрогенерации                                          | 9,9     | 13,1  | 16,4  | 9,1               | 12,0  | 14,8  | 9,1                        | 12,0  | 14,8  |
| <b>Негативные внешние эффекты</b>                                                     |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| Общественные издержки углерода от добычи угля                                         | 4764    | 6337  | 7903  | 4677              | 6164  | 7616  | 4576                       | 5996  | 7365  |
| Расходы на здравоохранение (государственные)                                          | 2356    | 3137  | 3916  | 2339              | 3103  | 3859  | 2278                       | 2988  | 3672  |
| Расходы на здравоохранение (частные)                                                  | 8865    | 11804 | 14734 | 8800              | 11673 | 14517 | 8571                       | 11240 | 13815 |
| <b>Подходы к оценке расходов на здравоохранение</b>                                   |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| <b>На основе выбросов</b>                                                             |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| Расходы от сжигания угля (электрогенерация)                                           | 2568    | 3416  | 4259  | 2529              | 3338  | 4130  | 2483                       | 3265  | 4024  |
| <b>Прямые расходы государства и косвенные эффекты</b>                                 |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| Общественные издержки респираторных заболеваний, связанных с добычей и сжиганием угля | 17673   | 23531 | 29372 | 17543             | 23271 | 28939 | 17086                      | 22407 | 27541 |
| Прямые расходы из-за респираторных заболеваний от угля                                | 2356    | 3137  | 3916  | 2339              | 3103  | 3859  | 2278                       | 2988  | 3672  |
| Косвенные расходы из-за респираторных заболеваний от угля                             | 15316   | 20393 | 25455 | 15204             | 20168 | 25081 | 14808                      | 19420 | 23869 |
| <b>На основе данных по населению</b>                                                  |         |       |       |                   |       |       |                            |       |       |
| Расходы из-за респираторных заболеваний от потребления угля                           | 3226    | 4295  | 5361  | 3202              | 4247  | 5282  | 3119                       | 4090  | 5027  |

Рисунок 39. Элементы концепции «Избегание-Сдвиг-Улучшение» (ASI)

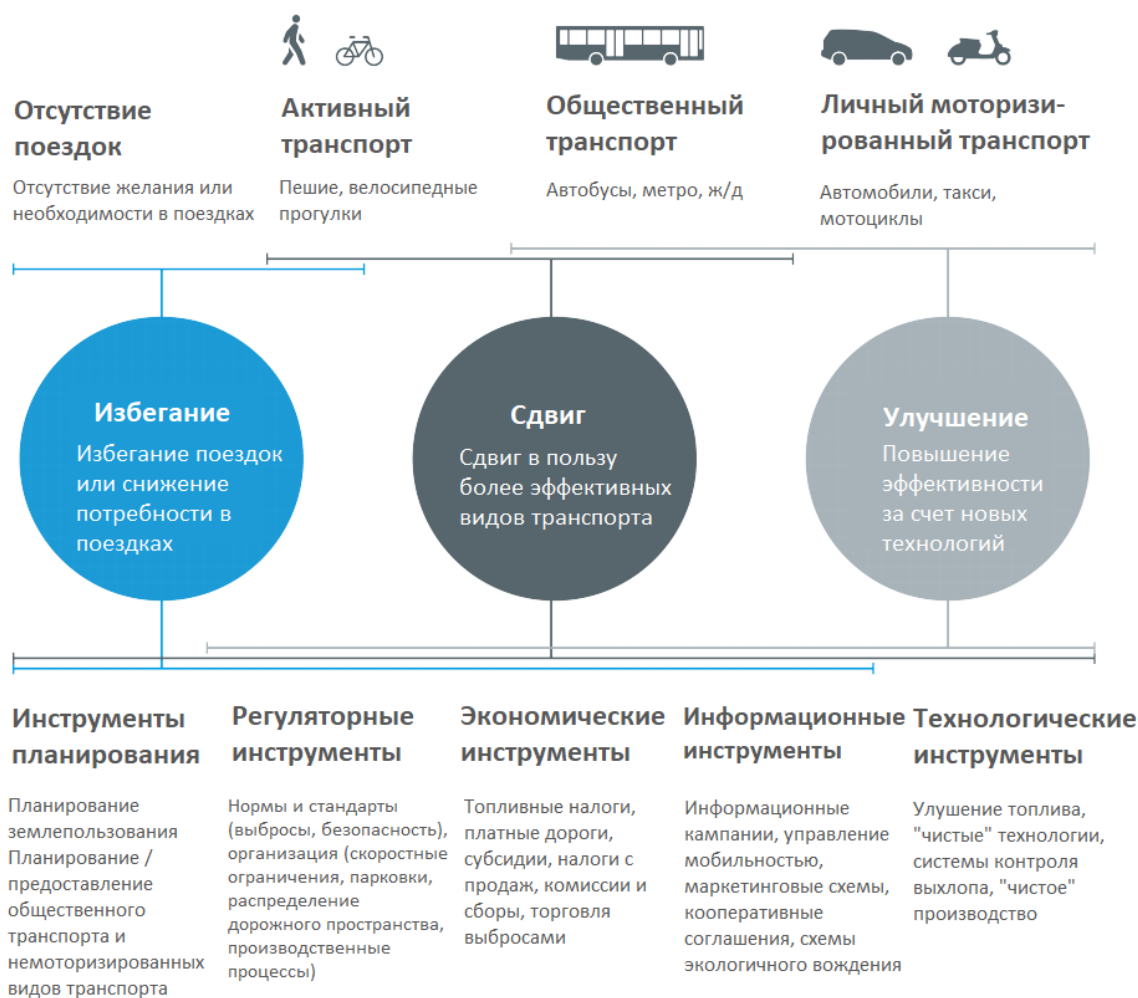


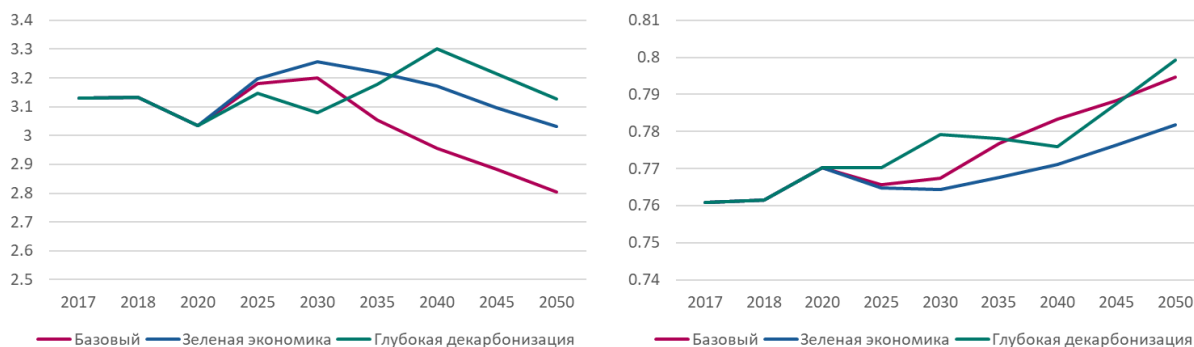
Illustration based on: Daxmann and Brannigan (2007, p.7). Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities, Module 5c, Transport and Climate Change, GIZ. <http://ib.icimad.org/record/13155/files/S302.pdf> (accessed: 20.09.2018)



@TUMInitiative  
transformative-mobility.org

Источник: <https://www.transformative-mobility.org/publications/avoid-shift-improve-instruments> (собственный перевод)

Рисунок 40. Годовой километраж личного автотранспорта, тыс. км на душу населения (слева) и доля общественного транспорта в общем километраже, % (справа)



**Таблица 34. Ежегодные выгоды и издержки в транспорте, млн. долл. США**

|                                                       | Базовый |      |      | Зеленая экономика |      |       | Глубокая декарбонизация |       |       |
|-------------------------------------------------------|---------|------|------|-------------------|------|-------|-------------------------|-------|-------|
|                                                       | 2030    | 2040 | 2050 | 2030              | 2040 | 2050  | 2030                    | 2040  | 2050  |
| <b>Положительные внешние эффекты</b>                  |         |      |      |                   |      |       |                         |       |       |
| Доходы от автобусного транспорта                      | 4070    | 4448 | 4862 | 4070              | 4448 | 4862  | 4070                    | 4448  | 4862  |
| Трудовые доходы от обслуживания автобусов             | 3,5     | 3,5  | 3,7  | 3,5               | 3,5  | 3,7   | 3,5                     | 3,8   | 4,3   |
| <b>Негативные внешние эффекты</b>                     |         |      |      |                   |      |       |                         |       |       |
| Стоимость времени, потерянного в заторах              | 2580    | 2666 | 2877 | 2650              | 2979 | 3246  | 2435                    | 3178  | 3423  |
| Стоимость ДТП                                         | 8694    | 8970 | 9352 | 8847              | 9628 | 10103 | 8367                    | 10036 | 10529 |
| Стоимость шума от автомобилей                         | 1131    | 1039 | 1065 | 1090              | 1198 | 1304  | 1161                    | 1072  | 835   |
| Стоимость внешних эффектов в городах (автомобили)     | 79      | 76   | 77   | 80                | 82   | 84    | 76                      | 85    | 85    |
| Стоимость загрязнения воздуха автомобилями            | 1428    | 1224 | 1267 | 1304              | 1232 | 1308  | 1415                    | 1025  | 704   |
| Общественные издержки углерода от частных автомобилей | 382     | 374  | 382  | 373               | 355  | 351   | 353                     | 364   | 337   |
| Издержки респираторных заболеваний (автомобили)       | 1029    | 1001 | 1023 | 1001              | 952  | 944   | 956                     | 966   | 737   |
| Стоимость шума от автобусов                           | 5,9     | 6,2  | 5,7  | 5,9               | 6,2  | 5,7   | 6,1                     | 6,6   | 6,5   |
| Стоимость внешних эффектов в городах (автобусы)       | 1,5     | 1,6  | 1,8  | 1,5               | 1,6  | 1,8   | 1,5                     | 1,8   | 2,1   |
| Стоимость загрязнения воздуха автобусами              | 274     | 261  | 164  | 274               | 261  | 164   | 283                     | 277   | 180   |
| Общественные издержки углерода от автобусов           | 60      | 73   | 96   | 60                | 73   | 96    | 62                      | 79    | 110   |
| Издержки респираторных заболеваний (автобусы)         | 160     | 164  | 135  | 160               | 164  | 135   | 165                     | 175   | 149   |

**Таблица 35. Кумулятивные выгоды и издержки в транспорте, млн. долл. США**

|                                                       | Базовый |        |        | Зеленая экономика |        |        | Глубокая декарбонизация |        |        |
|-------------------------------------------------------|---------|--------|--------|-------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|
|                                                       | 2030    | 2040   | 2050   | 2030              | 2040   | 2050   | 2030                    | 2040   | 2050   |
| <b>Положительные внешние эффекты</b>                  |         |        |        |                   |        |        |                         |        |        |
| Доходы от автобусного транспорта                      | 42930   | 85623  | 132409 | 42930             | 85623  | 132409 | 42930                   | 85623  | 132409 |
| Трудовые доходы от обслуживания автобусов             | 37      | 72     | 109    | 37                | 72     | 109    | 38                      | 75     | 115    |
| <b>Негативные внешние эффекты</b>                     |         |        |        |                   |        |        |                         |        |        |
| Стоимость времени, потерянного в заторах              | 25502   | 51667  | 79551  | 25802             | 54157  | 85416  | 24882                   | 53116  | 86303  |
| Стоимость ДТП                                         | 89670   | 177756 | 269863 | 90343             | 183094 | 282168 | 88239                   | 180634 | 284026 |
| Стоимость шума от автомобилей                         | 12786   | 23763  | 34531  | 12405             | 23779  | 36758  | 12817                   | 23913  | 33537  |
| Стоимость внешних эффектов в городах (автомобили)     | 824     | 1594   | 2365   | 830               | 1640   | 2469   | 811                     | 1617   | 2466   |
| Стоимость загрязнения воздуха автомобилями            | 17399   | 30851  | 43394  | 16477             | 28949  | 41913  | 17098                   | 29131  | 37397  |
| Общественные издержки углерода от частных автомобилей | 4118    | 7867   | 11653  | 4066              | 7696   | 11210  | 3980                    | 7571   | 11104  |
| Издержки респираторных заболеваний (автомобили)       | 11194   | 21277  | 31407  | 11023             | 20756  | 30196  | 10829                   | 20444  | 28945  |
| Стоимость шума от автобусов                           | 62      | 123    | 182    | 62                | 123    | 182    | 63                      | 127    | 193    |
| Стоимость внешних эффектов в городах (автобусы)       | 15      | 31     | 49     | 15                | 31     | 49     | 16                      | 32     | 52     |
| Стоимость загрязнения воздуха автобусами              | 2883    | 5673   | 7733   | 2883              | 5673   | 7733   | 2930                    | 5856   | 8088   |
| Общественные издержки углерода от автобусов           | 613     | 1272   | 2136   | 613               | 1272   | 2136   | 624                     | 1318   | 2283   |
| Издержки респираторных заболеваний (автобусы)         | 1648    | 3312   | 4789   | 1648              | 3312   | 4789   | 1675                    | 3424   | 5040   |

Таблица 36. Ежегодные выгоды и издержки в зданиях, млн. долл. США

|                                                                                                                             | Базовый |      |      | Зеленая экономика |      |      | Глубокая<br>декарбонизация |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|-------------------|------|------|----------------------------|------|------|
|                                                                                                                             | 2030    | 2040 | 2050 | 2030              | 2040 | 2050 | 2030                       | 2040 | 2050 |
| <b>Инвестиции и затраты</b>                                                                                                 |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| Инвестиции в здания                                                                                                         | 1238    | 1524 | 1345 | 1238              | 1524 | 1345 | 1238                       | 1524 | 1345 |
| Эксплуатационные расходы в зданиях                                                                                          | 3727    | 4013 | 4310 | 3727              | 4013 | 4310 | 3727                       | 4013 | 4310 |
| Стоимости энергии в зданиях (кроме отопления)                                                                               | 2584    | 3348 | 3505 | 3719              | 4393 | 3216 | 4980                       | 5289 | 5197 |
| Капитальные затраты на отопление                                                                                            | 82      | 69   | 110  | 77                | 76   | 113  | 253                        | 88   | 52   |
| Эксплуатационные расходы на отопление                                                                                       | 268     | 290  | 302  | 269               | 288  | 299  | 321                        | 281  | 207  |
| Стоимость отопления                                                                                                         | 1159    | 1310 | 1519 | 1942              | 2058 | 2312 | 3426                       | 3418 | 3663 |
| <b>Внешние эффекты</b>                                                                                                      |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| <b>Положительные</b>                                                                                                        |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| Трудовые доходы от строительства и обслуживания                                                                             | 1554    | 1848 | 1718 | 1554              | 1848 | 1718 | 1554                       | 1848 | 1718 |
| Трудовые доходы от отопительных систем                                                                                      | 38      | 37   | 39   | 37                | 36   | 41   | 63                         | 37   | 32   |
| Трудовые доходы от добычи угля                                                                                              | 0.4     | 0.1  | 0.3  | 0.3               | 0    | 0    | 0                          | 0    | 0    |
| <b>Отрицательные</b>                                                                                                        |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| Общие годовые издержки загрязнения воздуха                                                                                  | 142     | 59   | 101  | 119               | 8    | 3    | 5                          | 4    | 0    |
| Годовые общественные издержки углерода от зданий                                                                            | 1224    | 1081 | 1115 | 1151              | 1000 | 1005 | 1014                       | 974  | 962  |
| Общие прямые затраты на здравоохранение, связанные с респираторными заболеваниями, вызванными использованием угля в зданиях | 17      | 7    | 13   | 15                | 0    | 0    | 0                          | 0    | 0    |

Таблица 37. Кумулятивные выгоды и издержки в зданиях, млн. долл. США

|                                                                                                                             | Базовый |       |        | Зеленая экономика |       |        | Глубокая<br>декарбонизация |       |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|--------|-------------------|-------|--------|----------------------------|-------|--------|
|                                                                                                                             | 2030    | 2040  | 2050   | 2030              | 2040  | 2050   | 2030                       | 2040  | 2050   |
| <b>Инвестиции и затраты</b>                                                                                                 |         |       |        |                   |       |        |                            |       |        |
| Инвестиции в здания                                                                                                         | 14821   | 29114 | 43928  | 14821             | 29114 | 43928  | 14821                      | 29114 | 43928  |
| Эксплуатационные расходы в зданиях                                                                                          | 39592   | 78392 | 120211 | 39592             | 78392 | 120211 | 39592                      | 78392 | 120211 |
| Стоимости энергии в зданиях (кроме отопления)                                                                               | 24153   | 51456 | 84084  | 29301             | 65216 | 101977 | 39854                      | 91091 | 147404 |
| Капитальные затраты на отопление                                                                                            | 1010    | 1708  | 2463   | 893               | 1956  | 3008   | 1799                       | 2390  | 4431   |
| Эксплуатационные расходы на отопление                                                                                       | 2801    | 5582  | 8553   | 2819              | 5600  | 8557   | 2995                       | 5911  | 8497   |
| Стоимость отопления                                                                                                         | 11608   | 22870 | 35069  | 15065             | 34949 | 57406  | 19528                      | 53580 | 96717  |
| <b>Внешние эффекты</b>                                                                                                      |         |       |        |                   |       |        |                            |       |        |
| <b>Положительные</b>                                                                                                        |         |       |        |                   |       |        |                            |       |        |
| Трудовые доходы от строительства и обслуживания                                                                             | 18032   | 35493 | 53773  | 18032             | 35493 | 53773  | 18032                      | 35493 | 53773  |
| Трудовые доходы от отопительных систем                                                                                      | 417     | 776   | 1135   | 407               | 783   | 1175   | 534                        | 886   | 1360   |
| Трудовые доходы от добычи угля                                                                                              | 6       | 8     | 10     | 5                 | 6     | 6      | 4                          | 4     | 4      |
| <b>Отрицательные</b>                                                                                                        |         |       |        |                   |       |        |                            |       |        |
| Общие годовые издержки загрязнения воздуха                                                                                  | 2254    | 3195  | 3908   | 2085              | 2595  | 2643   | 1811                       | 1855  | 1863   |
| Годовые общественные издержки углерода от зданий                                                                            | 13620   | 24863 | 35820  | 13332             | 23963 | 33998  | 12855                      | 22765 | 32539  |
| Общие прямые затраты на здравоохранение, связанные с респираторными заболеваниями, вызванными использованием угля в зданиях | 269     | 384   | 471    | 248               | 308   | 309    | 213                        | 213   | 213    |

Таблица 38. Ранжирование по выпуску и углеродоемкости в промышленности, 2017

| Ранг по<br>объему<br>выпуска | Сектор                                | Объем<br>производства,<br>млрд. долл.<br>США | Доля в общем<br>объеме<br>производства,<br>% | Совокупная<br>доля<br>выпуска, % | Общие выбросы<br>на доллар США<br>продукции,<br>кг<br>CO <sub>2</sub> -экв | Ранг по<br>объему<br>выбросов | Доля<br>выбросов<br>промыш-<br>ленности, % | в<br>от<br>Кумулятивная<br>доля<br>выбросов, % |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>1</b>                     | Добыча нефти                          | 30,25                                        | 11,8%                                        | 11,8%                            | 0,00                                                                       | <b>5</b>                      | 36,6%                                      | 36,6%                                          |
| <b>2</b>                     | Цветная металлургия                   | 9,27                                         | 3,6%                                         | 15,4%                            | 2,33                                                                       | <b>2</b>                      | 22,2%                                      | 58,8%                                          |
| <b>3</b>                     | Пищевая промышленность                | 7,87                                         | 3,1%                                         | 18,5%                            | 0,09                                                                       | 17                            | 0,7%                                       | 59,5%                                          |
| <b>4</b>                     | Добыча руд цветных металлов           | 7,57                                         | 3,0%                                         | 21,5%                            | 0,25                                                                       | <b>10</b>                     | 1,9%                                       | 61,5%                                          |
| <b>5</b>                     | Черная металлургия                    | 7,22                                         | 2,8%                                         | 24,3%                            | 2,33                                                                       | <b>3</b>                      | 17,3%                                      | 78,8%                                          |
| <b>6</b>                     | Переработка нефти                     | 3,44                                         | 1,3%                                         | 25,6%                            | 1,01                                                                       | <b>8</b>                      | 3,6%                                       | 82,4%                                          |
| <b>7</b>                     | Машиностроение                        | 3,14                                         | 1,2%                                         | 26,8%                            | 0,09                                                                       | 14                            | 0,3%                                       | 82,7%                                          |
| <b>8</b>                     | Прочая добыча полезных<br>ископаемых  | 2,78                                         | 1,1%                                         | 27,9%                            | 0,25                                                                       | 11                            | 0,7%                                       | 83,4%                                          |
| <b>9</b>                     | Химическая промышленность             | 1,84                                         | 0,7%                                         | 28,7%                            | 0,63                                                                       | <b>9</b>                      | 1,2%                                       | 84,6%                                          |
| <b>10</b>                    | Минеральные продукты                  | 1,82                                         | 0,7%                                         | 29,4%                            | 5,36                                                                       | <b>1</b>                      | 10,1%                                      | 94,6%                                          |
| 11                           | Добыча угля                           | 1,49                                         | 0,6%                                         | 29,9%                            | 1,17                                                                       | 6                             | 1,8%                                       | 96,4%                                          |
| 12                           | Добыча железной руды                  | 1,36                                         | 0,5%                                         | 30,5%                            | 0,25                                                                       | 12                            | 0,3%                                       | 96,8%                                          |
| 13                           | Прочая легкая<br>промышленность       | 1,32                                         | 0,5%                                         | 31,0%                            | 0,09                                                                       | 15                            | 0,1%                                       | 96,9%                                          |
| 14                           | Добыча природного газа                | 0,88                                         | 0,3%                                         | 31,3%                            | 1,17                                                                       | 7                             | 1,1%                                       | 98,0%                                          |
| 15                           | Прочая металлургия                    | 0,82                                         | 0,3%                                         | 31,7%                            | 2,33                                                                       | 4                             | 2,0%                                       | 99,9%                                          |
| 16                           | Целлюлозно-бумажная<br>промышленность | 0,38                                         | 0,1%                                         | 31,8%                            | 0,14                                                                       | 13                            | 0,1%                                       | 100,0%                                         |
| 17                           | Прочее производство                   | 0,05                                         | 0,02%                                        | 31,8%                            | 0,09                                                                       | 16                            | 0,005%                                     | 100,0%                                         |



Рисунок 41. Конечный спрос на энергию в отдельных отраслях промышленности по видам топлива, тыс. т н.э.

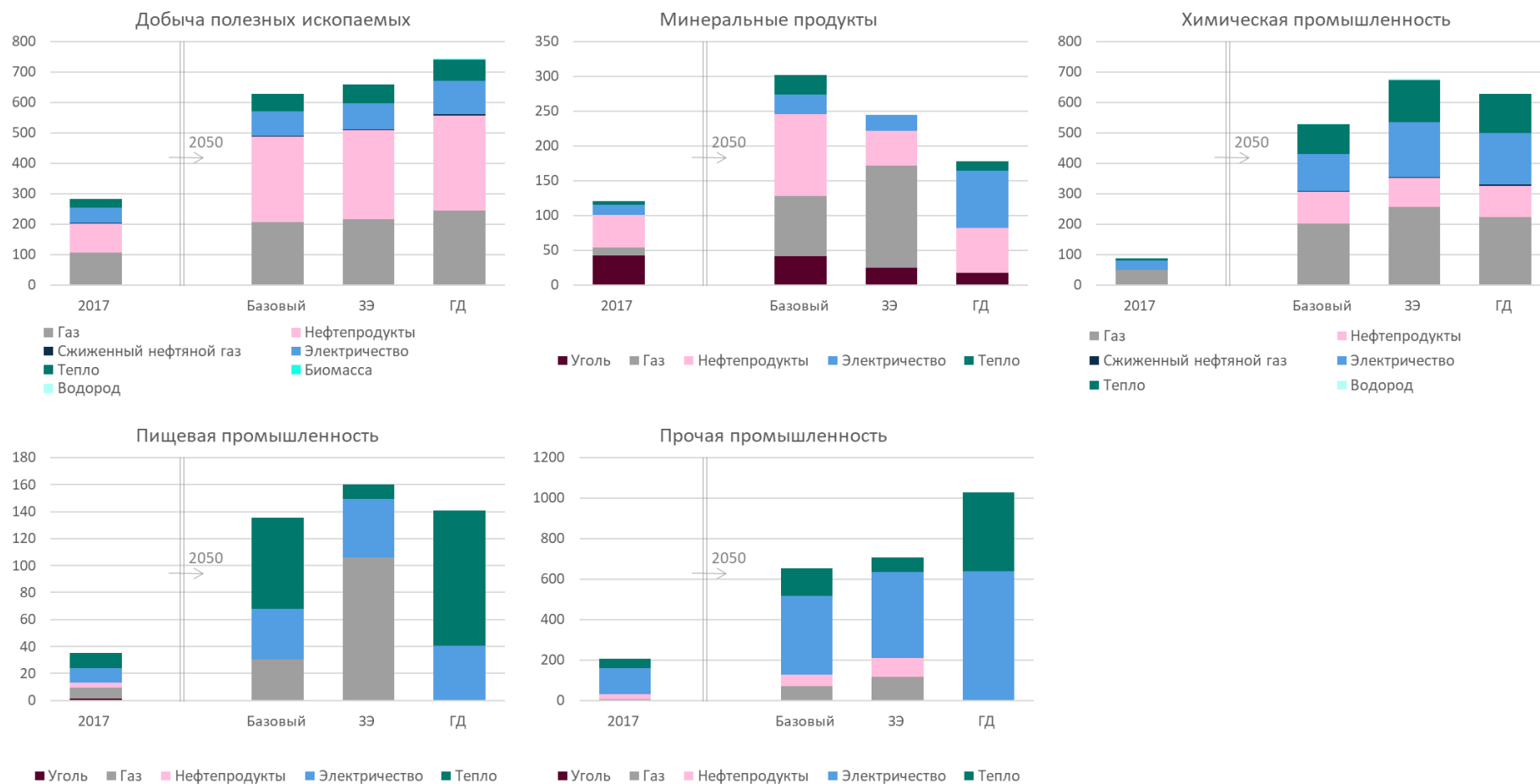


Рисунок 42. Выбросы ПГ от землепользования по категориям земель, Мт CO<sub>2</sub>-экв.

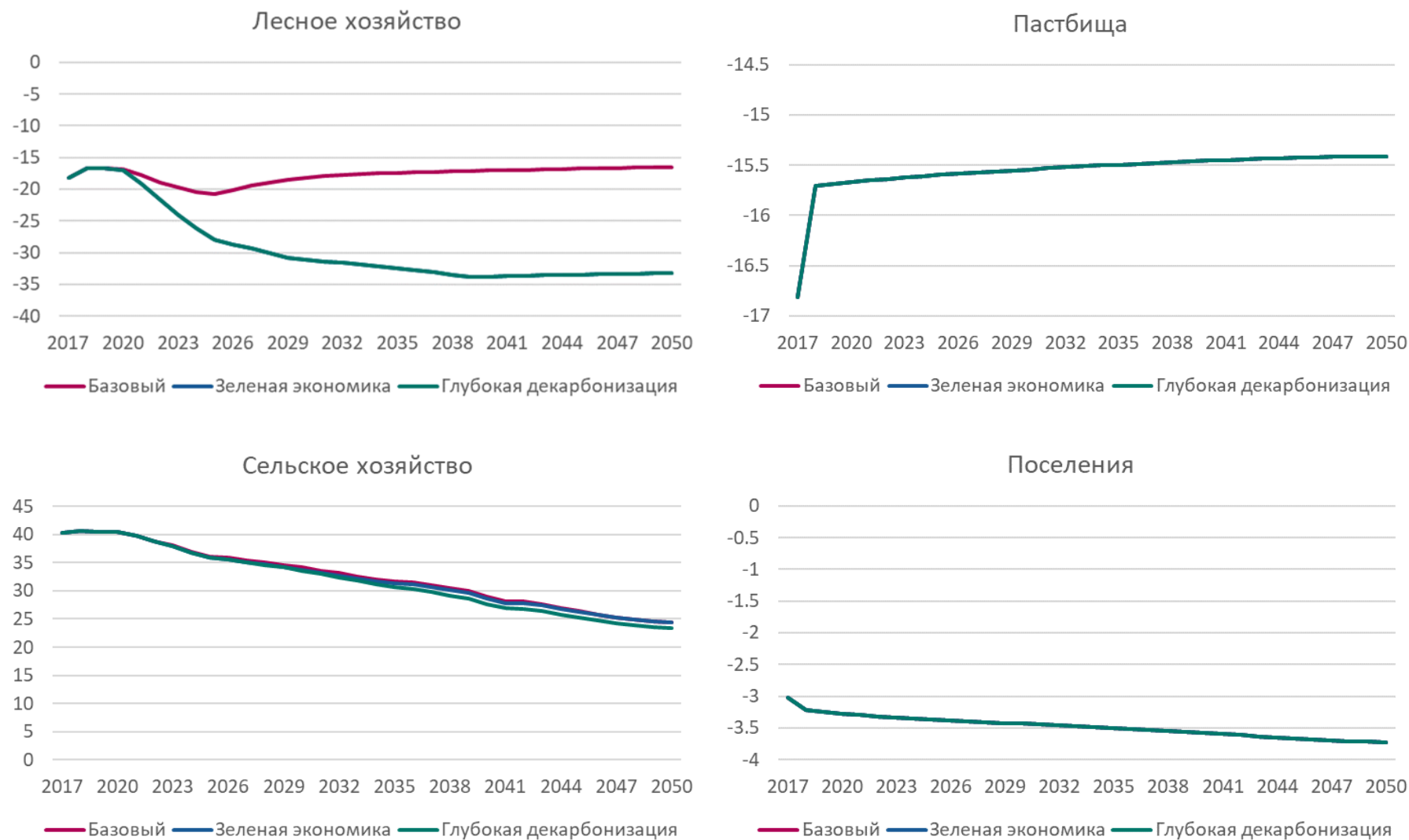


Таблица 39. Ежегодные выгоды и издержки в сельском хозяйстве, млн. долл. США

|                                                       | Базовый |      |       | Зеленая экономика |      |       | Глубокая<br>декарбонизация |       |       |
|-------------------------------------------------------|---------|------|-------|-------------------|------|-------|----------------------------|-------|-------|
|                                                       | 2030    | 2040 | 2050  | 2030              | 2040 | 2050  | 2030                       | 2040  | 2050  |
| <b>Доходы и расходы</b>                               |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| ВВП в растениеводстве                                 | 7595    | 8912 | 10409 | 7958              | 9756 | 11537 | 8178                       | 10894 | 14320 |
| Прибыль, упущенная из-за изменения климата            | 2980    | 3384 | 4099  | 2916              | 3213 | 3866  | 2822                       | 3066  | 3505  |
| ВВП в животноводстве                                  | 4641    | 5066 | 5544  | 4641              | 5066 | 5544  | 4641                       | 5066  | 5544  |
| Прибыль, упущенная из-за изменения климата            | 8       | 9    | 9     | 8                 | 9    | 9     | 8                          | 9     | 9     |
| <b>Устойчивое сельское хозяйство</b>                  |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| Капитальные затраты                                   | 1       | 37   | 37    | 27                | 46   | 38    | 37                         | 110   | 75    |
| Эксплуатационные расходы                              | 0       | 59   | 127   | 43                | 122  | 194   | 58                         | 242   | 387   |
| <b>Орошение</b>                                       |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| Капитальные затраты                                   | 16      | 16   | 16    | 26                | 36   | 33    | 26                         | 40    | 51    |
| Эксплуатационные расходы                              | 45      | 46   | 47    | 58                | 81   | 91    | 59                         | 86    | 119   |
| <b>Удобрения</b>                                      |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| Стоимость минеральных удобрений                       | 68      | 0    | 0     | 31                | 0    | 0     | 16                         | 0     | 0     |
| <b>Вода</b>                                           |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| Стоимость воды                                        | 43      | 47   | 52    | 43                | 47   | 52    | 43                         | 47    | 52    |
| Стоимость лесовосстановления                          | 0       | 0    | 0     | 0                 | 0    | 0     | 0                          | 0     | 0     |
| Стоимость сокращения выбросов от животноводства       | 0       | 126  | 273   | 115               | 250  | 408   | 229                        | 494   | 672   |
| Стоимость мероприятий по снижению выбросов ПГ         | 0       | 0    | 0     | 2                 | 0    | 0     | 2                          | 0     | 0     |
| <b>Внешние эффекты</b>                                |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| <b>Положительные</b>                                  |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| Трудовые доходы от сельского хозяйства                | 1921    | 1981 | 2046  | 1934              | 2000 | 2066  | 1938                       | 2036  | 2124  |
| <b>Отрицательные</b>                                  |         |      |       |                   |      |       |                            |       |       |
| Общественные издержки углерода от сельского хозяйства | 1672    | 1946 | 1687  | 1627              | 1890 | 1652  | 1590                       | 1769  | 1585  |

Таблица 40. Кумулятивные выгоды и издержки в сельском хозяйстве, млн. долл. США

|                                                       | Базовый |        |        | Зеленая экономика |        |        | Глубокая<br>декарбонизация |        |        |
|-------------------------------------------------------|---------|--------|--------|-------------------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|
|                                                       | 2030    | 2040   | 2050   | 2030              | 2040   | 2050   | 2030                       | 2040   | 2050   |
| <b>Доходы и расходы</b>                               |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| ВВП в растениеводстве                                 | 73385   | 156174 | 253122 | 74999             | 164136 | 271147 | 76032                      | 171390 | 298646 |
| Прибыль, упущенная из-за изменения климата            | 29160   | 61500  | 99707  | 28788             | 60055  | 96178  | 28351                      | 58193  | 91977  |
| ВВП в животноводстве                                  | 47410   | 96064  | 149374 | 47410             | 96064  | 149374 | 47410                      | 96064  | 149374 |
| Прибыль, упущенная из-за изменения климата            | 80      | 162    | 252    | 80                | 162    | 252    | 80                         | 162    | 252    |
| <b>Устойчивое сельское хозяйство</b>                  |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| Капитальные затраты                                   | 1       | 339    | 711    | 249               | 691    | 1076   | 332                        | 1372   | 2151   |
| Эксплуатационные расходы                              | 0       | 296    | 1258   | 217               | 1069   | 2691   | 290                        | 1820   | 5062   |
| <b>Орошение</b>                                       |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| Капитальные затраты                                   | 172     | 329    | 489    | 241               | 557    | 884    | 245                        | 589    | 1052   |
| Эксплуатационные расходы                              | 483     | 935    | 1398   | 545               | 1245   | 2118   | 550                        | 1281   | 2320   |
| <b>Удобрения</b>                                      |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| Стоимость минеральных удобрений                       | 1586    | 1821   | 1821   | 1401              | 1444   | 1444   | 1323                       | 1332   | 1332   |
| <b>Вода</b>                                           |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| Стоимость воды                                        | 430     | 885    | 1383   | 430               | 885    | 1383   | 430                        | 885    | 1383   |
| Стоимость лесовосстановления                          | 1949    | 1949   | 1949   | 1949              | 1949   | 1949   | 1949                       | 1949   | 1949   |
| Стоимость сокращения выбросов от животноводства       | 0       | 675    | 2728   | 604               | 2477   | 5829   | 1203                       | 4916   | 10824  |
| Стоимость мероприятий по снижению выбросов ПГ         | 0       | 0      | 0      | 224               | 237    | 237    | 224                        | 237    | 237    |
| <b>Внешние эффекты</b>                                |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| <b>Положительные</b>                                  |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| Трудовые доходы от сельского хозяйства                | 5588    | 7471   | 9362   | 5590              | 7476   | 9371   | 5591                       | 7478   | 9374   |
| <b>Отрицательные</b>                                  |         |        |        |                   |        |        |                            |        |        |
| Общественные издержки углерода от сельского хозяйства | 4498    | 6012   | 7353   | 4488              | 5991   | 7319   | 4479                       | 5973   | 7289   |

Рисунок 43. Общий объем сбора мусора, млн. т

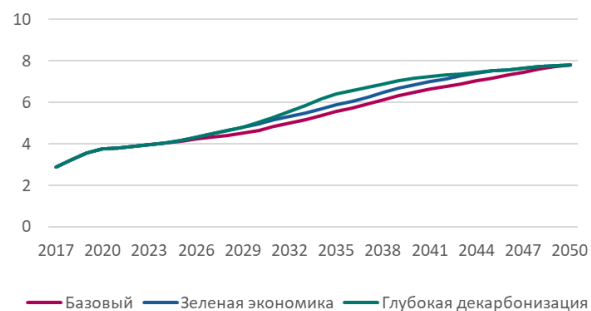


Рисунок 44. Доля операций по управлению отходами по видам операций, %

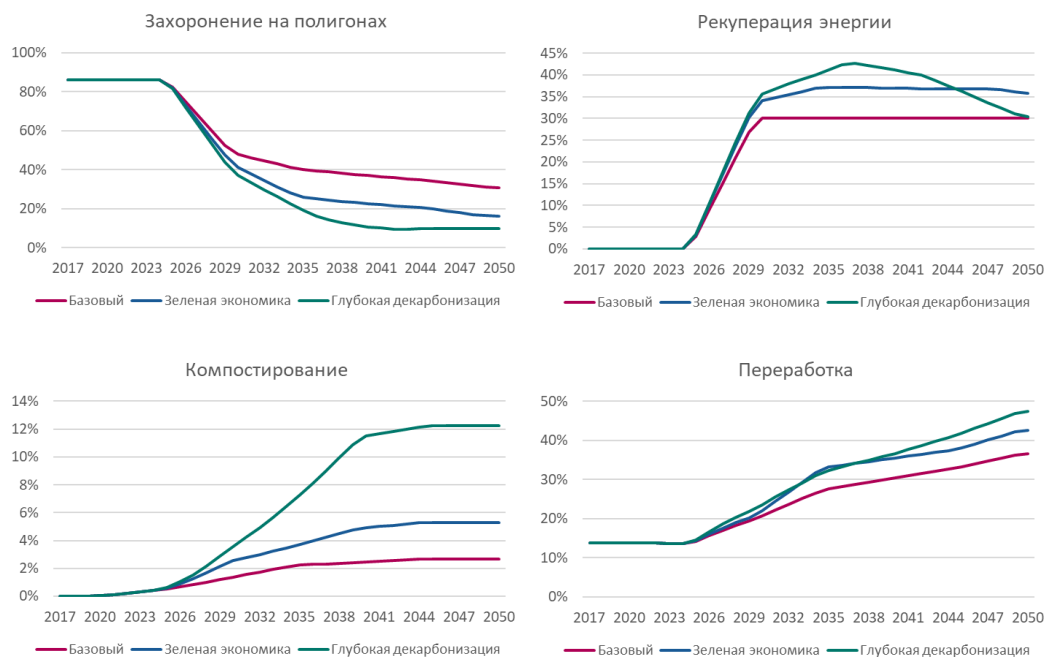


Таблица 41. Ежегодные выгоды и издержки в секторе управления отходами, млн. долл. США

|                                                  | Базовый |      |      | Зеленая экономика |      |      | Глубокая<br>декарбонизация |      |      |
|--------------------------------------------------|---------|------|------|-------------------|------|------|----------------------------|------|------|
|                                                  | 2030    | 2040 | 2050 | 2030              | 2040 | 2050 | 2030                       | 2040 | 2050 |
| <b>Инвестиции и затраты</b>                      |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| Общие затраты                                    | 1185    | 1561 | 1721 | 1250              | 1740 | 1805 | 1191                       | 1484 | 1401 |
| Капитальные затраты                              | 772     | 1021 | 1129 | 819               | 1161 | 1203 | 784                        | 1005 | 935  |
| Эксплуатационные расходы                         | 413     | 540  | 593  | 431               | 579  | 602  | 406                        | 478  | 466  |
| <b>Компост</b>                                   |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| Себестоимость производства компоста              | 0       | 0    | 0    | 2                 | 6    | 16   | 5                          | 17   | 39   |
| Доходы от внутренних продаж компоста             | 0       | 0    | 0    | 0                 | 1    | 4    | 1                          | 4    | 9    |
| Доходы от экспорта компоста                      | 0       | 0    | 0    | 3                 | 18   | 48   | 8                          | 51   | 119  |
| Предотвращенные затраты на минеральные удобрения | 0       | 0    | 0    | 1                 | 0    | 0    | 2                          | 0    | 0    |
| <b>Пеллеты</b>                                   |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| Себестоимость производства пеллет                | 0       | 0    | 0    | 3                 | 7    | 19   | 7                          | 21   | 48   |
| Доходы от продажи пеллет                         | 0       | 0    | 0    | 7                 | 19   | 51   | 18                         | 54   | 125  |
| <b>Внешние эффекты</b>                           |         |      |      |                   |      |      |                            |      |      |
| Общественные издержки углерода от отходов        | 219     | 207  | 204  | 209               | 180  | 169  | 202                        | 155  | 142  |
| Трудовые доходы от управления отходами           | 127     | 196  | 252  | 133               | 207  | 256  | 135                        | 212  | 272  |
| Трудовые доходы от биоэнергетики                 | 0       | 0    | 0    | 0                 | 0    | 0    | 0,5                        | 0,4  | 0,1  |



Таблица 42. Кумулятивные выгоды и издержки в секторе управления отходами, млн. долл. США

|                                                  | Базовый |       |       | Зеленая экономика |       |       | Базовый |       |       |
|--------------------------------------------------|---------|-------|-------|-------------------|-------|-------|---------|-------|-------|
|                                                  | 2030    | 2040  | 2050  | 2030              | 2040  | 2050  | 2030    | 2040  | 2050  |
| <b>Инвестиции и затраты</b>                      |         |       |       |                   |       |       |         |       |       |
| Общие затраты                                    | 10119   | 24065 | 40629 | 10229             | 25439 | 43509 | 9954    | 24134 | 38546 |
| Капитальные затраты                              | 6131    | 15250 | 26086 | 6228              | 16343 | 28384 | 6068    | 15621 | 25300 |
| Эксплуатационные расходы                         | 3989    | 8815  | 14542 | 4002              | 9096  | 15125 | 3886    | 8514  | 13246 |
| <b>Компост</b>                                   |         |       |       |                   |       |       |         |       |       |
| Себестоимость производства компоста              | 0       | 0     | 0     | 11                | 52    | 161   | 25      | 136   | 415   |
| Доходы от внутренних продаж компоста             | 0       | 0     | 0     | 1                 | 10    | 36    | 3       | 28    | 93    |
| Доходы от экспорта компоста                      | 0       | 0     | 0     | 16                | 134   | 471   | 39      | 370   | 1229  |
| Предотвращенные затраты на минеральные удобрения | 0       | 0     | 0     | 5                 | 7     | 7     | 11      | 14    | 14    |
| <b>Пеллеты</b>                                   |         |       |       |                   |       |       |         |       |       |
| Себестоимость производства пеллет                | 0       | 0     | 0     | 13                | 64    | 198   | 31      | 168   | 512   |
| Доходы от продажи пеллет                         | 0       | 0     | 0     | 34                | 167   | 522   | 82      | 441   | 1346  |
| <b>Внешние эффекты</b>                           |         |       |       |                   |       |       |         |       |       |
| Общественные издержки углерода от отходов        | 2438    | 4554  | 6616  | 2397              | 4309  | 6048  | 2367    | 4099  | 5584  |
| Трудовые доходы от управления отходами           | 1372    | 3021  | 5278  | 1393              | 3141  | 5488  | 1398    | 3207  | 5638  |
| Трудовые доходы от биоэнергетики                 | 0       | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     | 4       | 6     | 8     |