



**NREL**

# Обзор политики, влияющей на загрязнение воздуха от электроэнергетического сектора в Центральной Азии

Russian translation of *An Overview of Policies Influencing Air Pollution from the Electricity Sector in Central Asia* (<https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/81861.pdf>)

Дж. Эрик Несс, Гарвин Хит, и Викрам Рави

*Национальная лаборатория возобновляемых источников энергии*

**NREL - национальная лаборатория Министерства энергетики США**

**Управление по энергоэффективности и возобновляемым источникам энергии**

**Оператором является компания Alliance for Sustainable Energy, LLC.**

Данный отчет можно бесплатно получить в Национальной лаборатории возобновляемой энергии (NREL) по адресу [www.nrel.gov/publications](http://www.nrel.gov/publications).

**Технический отчет  
NREL/TP-7A40-85192  
январь 2022 г.**

Контракт № DE-AC36-08GO28308



# Обзор политики, влияющей на загрязнение воздуха от электроэнергетического сектора в Центральной Азии

Russian translation of *An Overview of Policies Influencing Air Pollution from the Electricity Sector in Central Asia* (<https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/81861.pdf>)

Дж. Эрик Несс, Гарвин Хит, и Викрам Рави

*Национальная лаборатория возобновляемых источников энергии*

**NREL - национальная лаборатория Министерства энергетики США**

**Управление по энергоэффективности и возобновляемым источникам энергии**

**Оператором является компания Alliance for Sustainable Energy, LLC.**

Данный отчет можно бесплатно получить в Национальной лаборатории возобновляемой энергии (NREL) по адресу [www.nrel.gov/publications](http://www.nrel.gov/publications).

Контракт № DE-AC36-08GO28308

**Технический отчет**  
NREL/TP-7A40-85192  
январь 2022 г.

National Renewable Energy Laboratory  
15013 Denver West Parkway  
Golden, CO 80401, USA  
303-275-3000 • [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov)

## СПРАВКА

Автором данной работы является Национальная лаборатория возобновляемой энергии, управляемая компанией Alliance for Sustainable Energy, LLC, для Министерства энергетики США (DOE) по контракту № DE-AC36-08GO28308. Финансирование предоставлено Бюро энергетических ресурсов Государственного департамента США в рамках межведомственного соглашения №. IAA-1931BH17Y0001. Мнения, выраженные в настоящем документе, не обязательно отражают точку зрения Министерства энергетики или правительства США.

Этот отчет доступен бесплатно на сайте Национальной лаборатории возобновляемой энергии (NREL)  
[www.nrel.gov/publications](http://www.nrel.gov/publications).

Отчеты Министерства энергетики США (DOE), подготовленные после 1991 года, и возрастающее число документов, составленных ранее, доступны бесплатно через сайт [www.OSTI.gov](http://www.OSTI.gov). [www.OSTI.gov](http://www.OSTI.gov).

*Фото на обложке Dennis Schroeder: (слева направо по часовой стрелке) NREL 51934, NREL 45897, NREL 42160, NREL 45891, NREL 48097, NREL 46526.*

NREL печатает свои документы на бумаге, содержащей переработанные материалы.

## Выражение признательности

Авторы благодарят Марка Питуча из Бюро энергетических ресурсов Государственного департамента США за его ведущую роль в подготовке и сопровождении данного исследовательского проекта.

Авторы также выражают признательность за оказанную поддержку другим сотрудникам Государственного департамента и Агентства США по международному развитию (АМР США), а также своим партнерам в странах, в числе которых:

- Эллен Коннортон, старший научный консультант Бюро по делам Южной и Центральной Азии Государственного департамента США
- Патрик Е. Майер, консультант по энергетике в Отделе экономического развития Региональной миссии АМР США в Центральной Азии, Алматы, Казахстан
- Элизабет Гессон, специалист отдела окружающей среды, науки, технологий и здравоохранения (ESTH) Посольства США, Ташкент, Узбекистан
- Екатерина Бирюкова, сотрудник отдела окружающей среды, науки, технологий и здравоохранения (ESTH) Посольства США, Ташкент, Узбекистан
- Дун-Тху Цаохуу, специалист торгово-экономического отдела Посольства США, Бишкек, Кыргызстан
- Долон Малдыбаев, сотрудник экономического отдела Посольства США, Бишкек, Кыргызстан
- Дарика Сулайманова, эксперт по энергоэффективности Министерства чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики

Следующие сотрудники Национальной лаборатории по изучению возобновляемых источников энергии также сделали важный вклад в подготовку настоящего доклада в форме рекомендаций, отзывов и исследовательской работы: Давид Палчак — сопровождение проекта и консультации; Эдвард Сеттл — сведения о косвенных мерах политики; Илья Черняховский — связь с экспертами по странам; Джейсон Янгстром — помощь в проведении исследования.

## Список сокращений

AAQS	национальные стандарты качества атмосферного воздуха
АБР	Азиатский банк развития
CASA-1000	Проект передачи и торговли электроэнергией Центральная Азия — Южная Азия
МТЭ	международная торговля электроэнергией
CEMS	система непрерывного мониторинга выбросов
CHP	комбинированная выработка тепла и электроэнергии
CO	окись углерода
ХОБЛ	хроническая обструктивная болезнь легких
РГЭ	распределенная генерация электроэнергии
DHC	централизованное тепло- и холодоснабжение
ESP	электростатический фильтр
EPA	Управление по охране окружающей среды США
ЭСК	энергосервисная компания
ДДГ	десульфуризация дымовых газов
ЗТ	«зеленый» тариф
ВВП	валовой внутренний продукт
ПГ	парниковый газ
ГВт	гигаватт — 1 гигаватт равен 1000 мегаватт или 1 миллиону киловатт
ПОНУВ	предполагаемый определяемый на национальном уровне вклад
кВт	киловатт — 1 киловатт равен 1000 ватт
кВт·ч	киловатт-час
СНГ	сжиженный нефтяной газ
МВт	мегаватт — 1 мегаватт равен 1000 киловатт
ОНУВ	определяемый на национальном уровне вклад
NAAQS	национальные стандарты качества атмосферного воздуха
NO <sub>x</sub>	оксиды азота
PM	твердые частицы, например, PM <sub>2.5</sub> — твердые частицы с аэродинамическим диаметром 2,5 мкм
PPA	договор о покупке электроэнергии
мд	миллионная доля
ФЭ	фотоэлектрический
REC	зачитываемая единица энергии из возобновляемых источников
СВЭ	стандарт возобновляемой электроэнергии
СВИ	стандарт возобновляемых источников энергии
СКВ	селективное каталитическое восстановление
СНКВ	селективное некаталитическое восстановление
SO <sub>x</sub>	оксиды серы
T&D	передача и распределение
ТАП	Туркменистан-Афганистан-Пакистан
ТУТАП	Туркменистан, Узбекистан, Таджикистан, Афганистан, Пакистан
ТВт	тераватт — 1 тераватт равен 1000 гигаватт или 1 миллиарду киловатт
США	Соединенные Штаты Америки
АМР США	Агентство США по международному развитию
ЛОС	летучее органическое соединение
Вт	ватт(ы)

## Аннотация

Электроэнергетический сектор является значительным источником загрязнения воздуха и связанных с ним нарушений состояния здоровья в Центральной Азии и других регионах. Выбросы электростанций, работающих на ископаемом топливе, содержат широкий спектр вредных загрязняющих веществ и их прекурсоров. Из этих веществ наибольшее воздействие на здоровье оказывают твердые частицы и озон. Поскольку после попадания загрязнителей в атмосферу их практически невозможно удалить, меры по реализации политики улучшения качества воздуха должны ограничивать такие выбросы до их осуществления. Однако борьба с таким типом загрязнения воздуха сопряжена с трудностями, особенно в развивающихся странах, где электроснабжение является базовой потребностью населения и стимулом экономического роста.

В настоящем докладе представлены примеры подходов, регулирующих загрязнение воздуха предприятиями электроэнергетического сектора в странах Центральной Азии — Казахстане, Кыргызстане, Таджикистане, Туркменистане и Узбекистане. Эта публикация дополняет ранее выпущенный доклад по мерам политики в Южной Азии<sup>1</sup>. Как и при составлении доклада по Южной Азии, информация о политике в некоторых странах оказалась труднодоступной, поэтому данное исследование не является всесторонним, а скорее представляет собой обзор текущего состояния сектора. В обзоре представлены: 1) меры по реализации политики, направленной на прямое регулирование качества воздуха путем сокращения выбросов от конкретных источников энергии (например, за счет сокращения часов работы) и 2) примеры косвенных мер, которые создают положительные и отрицательные стимулы для деятельности, связанной с загрязнением окружающей среды, в том числе меры, поощряющие переход на более экологически чистое топливо или отказ от него. Следует обратить внимание на то, что настоящий доклад был подготовлен до начала российско-украинского конфликта, поэтому последствия данной войны для Центральной Азии в нем не учитываются.

Основные выводы доклада:

1. В странах Центральной Азии, как правило, имеется относительно небольшое число инструментов политики для регулирования выбросов в атмосферу.
2. Многие страны, особенно те, в которых наблюдается несоответствие между сезонным спросом и доступностью ресурсов, могли бы повысить энергетическую безопасность и уменьшить загрязнение воздуха за счет развития международной торговли электроэнергией (МТЭ).
3. Некоторые страны проводят противоречивую политику, например, одновременно поощряя использование и угля, и возобновляемых источников энергии.

---

<sup>1</sup> <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/80156.pdf>

## Содержание

<b>1. Введение и задачи доклада .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Виды загрязнителей и их потенциальное воздействие.....</i>	<i>2</i>
1.2 <i>Энергетическая незащищенность и загрязнение в постсоветской энергосистеме.....</i>	<i>5</i>
1.3 <i>Стандарты выбросов и варианты политики по ограничению выбросов загрязнителей воздуха.....</i>	<i>10</i>
<b>2. Стандарты качества воздуха, устанавливающие пределы для загрязняющих веществ .....</b>	<b>13</b>
<b>3. Прямые меры политики по снижению загрязнения воздуха .....</b>	<b>19</b>
3.1 <i>Удаление загрязнителей из топлива перед сжиганием.....</i>	<i>19</i>
3.2 <i>Модификация процесса сжигания для снижения выбросов.....</i>	<i>20</i>
3.3 <i>Меры по снижению выбросов после сжигания топлива.....</i>	<i>21</i>
3.4 <i>Более эффективные технологии сжигания, снижающие потребление топлива на единицу вырабатываемой энергии.....</i>	<i>22</i>
3.5 <i>Увеличенная высота дымовой трубы для улучшения рассеивания загрязняющих веществ .....</i>	<i>22</i>
3.6 <i>Контроль за другими загрязнителями, кроме РМ, оксидов азота, и оксида серы .....</i>	<i>23</i>
<b>4. Косвенные меры по реализации политики и их влияние на атмосферные выбросы .....</b>	<b>24</b>
4.1 <i>Меры по реализации политики и нормативные положения, которые могут привести к увеличению выбросов или задержке сокращения выбросов .....</i>	<i>24</i>
4.2 <i>Меры политики и нормативные положения, которые могут привести к снижению выбросов загрязняющих веществ .....</i>	<i>29</i>
4.3 <i>Другие актуальные проблемы .....</i>	<i>43</i>
<b>5. Основные выводы и направления дальнейшей работы .....</b>	<b>46</b>
5.1 <i>Экономическое развитие и контроль загрязнения .....</i>	<i>46</i>
5.2 <i>Последствия противоречий в правовой среде.....</i>	<i>47</i>
5.3 <i>Преимущества международной торговли электроэнергией .....</i>	<i>48</i>
5.4 <i>Возможные направления дальнейшей работы .....</i>	<i>49</i>
<b>6. Справочные материалы.....</b>	<b>50</b>
<b>Appendix A.....</b>	<b>60</b>
A.1 <i>Краткое описание устройств контроля выбросов в атмосферу, упомянутых в докладе .....</i>	<i>60</i>

## Список рисунков

Рисунок 1. Смог над Алматы, Казахстан. Фото: Игорь Ефимов/Wikimedia Commons [104] ...	3
Рисунок 2. Мировой рейтинг факторов риска ранней смертности (от всех причин) в 2019 году [51].....	4

Рисунок 3. Среднегодовая концентрация воздействия PM <sub>2.5</sub> по странам в сравнении со средним показателем для ОЭСР (черная линия) в микрограммах на кубический метр [52] .....	5
Рисунок 4. Объединенная энергосистема Центральной Азии: существующие и планируемые линии передач, 2012 год [16] .....	7
Рисунок 5. Планы по созданию энергосистемы CASA-1000, 2018 год [21] .....	32

## Список таблиц

Таблица 1. Производство электроэнергии в странах Центральной Азии, по источникам, 2018 год [50] .....	6
Таблица 2. Национальные стандарты качества атмосферного воздуха (NAAQS) в странах Центральной Азии и в США (для справки) [27]* .....	16
Таблица 3. Примеры методов управления, которые применяются для модификации процесса сжигания с целью снижения выбросов оксидов азота [2, 10].....	21
Таблица 4. Доступные технологии контроля для снижения выбросов после сжигания топлива.....	22
Таблица 5. Целевые показатели развития возобновляемых источников энергии в Казахстане на 2020 год (2016 год) [47].....	36
Таблица 6. Целевые показатели развития возобновляемых источников энергии в Узбекистане на 2025 год (2017 год) [67] .....	36

# 1. Введение и задачи доклада

В Центральной Азии имеются богатые запасы угля, природного газа и гидроэнергии, однако эти ресурсы очень неравномерно распределены по странам [15]<sup>2</sup>. Инфраструктура для производства и передачи электроэнергии в основном была построена в советское время не менее 30 лет назад, и большая ее часть требует ремонта. Примерно три четверти электроэнергии в Центральной Азии вырабатывается электростанциями, использующими ископаемое топливо (см. таблицу 1 в разделе 1.2 ниже) [50]. До тех пор, пока неэффективные объекты не будут модернизированы или заменены на производящие более чистую электроэнергию, они являются источником вредного для здоровья людей загрязнения воздуха.

Государственный департамент США заказал подготовку настоящего доклада в рамках более широкой программы исследования взаимосвязи между производством электроэнергии и качеством воздуха в регионе. Программа нацелена на выявление областей, в которых техническое сопровождение и наращивание мощностей будет способствовать разработке и внедрению будущих мер политики. Для целей данного доклада регион Центральной Азии представлен такими странами, как Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан.

Предметом настоящего первоначального исследования являются существующие меры политики и нормативные положения энергетической отрасли Центральной Азии, способные влиять на загрязнение воздуха, главным образом законы центральных правительств. Представленный обзор не является исчерпывающим. Вернее будет сказать, что в нем описаны применяемые в регионе стандарты и инструменты политики и приведены примеры стран Центральной Азии, в которых имеются эти инструменты. Настоящий доклад призван стать полезной отправной точкой для разработки более полного списка всех мер политики, регулирующих качество воздуха в разных странах, с анализом их эффективности. Эти более серьезные задачи выходят за рамки данного первоначального обзора. Основное внимание в настоящем докладе уделяется загрязнению воздуха в результате сжигания ископаемого топлива в электроэнергетическом секторе. В нем не рассматривается влияние транспорта (за исключением электромобилей), хотя данный сектор также является важным источником загрязнения воздуха и может стать объектом будущего исследования. Доклад также не включает сведения о выбросах парниковых газов (ПГ) и о других климатических последствиях выбросов предприятий энергетического сектора в атмосферу. Выбросы парниковых газов и других загрязнителей воздуха связаны между собой и при этом различаются. Анализ мер политики по ПГ существенно бы дополнил представленный в докладе обзор, но он требует дополнительных исследований.

Сокращение вредных выбросов (см. раздел 1.1) энергетического сектора представляет собой сложную задачу для стран Центральной Азии, поскольку они также придают

---

<sup>2</sup> В настоящем докладе ссылки на источники приводятся в квадратных скобках в конце предложений или пунктов.

приоритетное значение экономическому развитию, что может противоречить целям в области повышения качества воздуха.

В настоящем докладе под термином «мера по реализации политики» понимается «комплексный план высокого уровня, охватывающий общие цели и применимые процедуры, особенно реализуемые государственным органом»<sup>3</sup>. Цель меры по реализации политики заключается в том, чтобы придавать направление процессу принятия решений по конкретному вопросу, и данное определение дало авторам возможность разбирать как официальные меры по реализации политики, закрепленные в опубликованных законах или указах, так и неофициальные и не закрепленные в каких-либо актах, которые отражают общепринятую практику. Мера политики — это заявление о намерениях, обычно с отсылкой к конкретному стандарту или цели, например цели снижения уровня загрязнения воздуха. Для успешной реализации мер государственной политики как правило необходимы нормативные акты и процедуры, а также государственные институты, способные обеспечить их реализацию.

Сложности, с которыми столкнулись авторы при подготовке этого доклада:

- Во многих странах Центральной Азии отсутствует всеобъемлющий централизованный перечень мер по реализации политики, из-за чего трудно установить наличие политики, направленной на решение конкретной проблемы. В отдельных странах Центральной Азии имеющиеся сведения были неполными, либо доступ к ним предоставлялся за плату. Например, в Казахстане ознакомиться с некоторыми законами, в том числе с важными актами, содержащими правила страны и регистры для отслеживания загрязняющих объектов<sup>4</sup> можно только в режиме платной подписки<sup>5</sup> [99].
- Многие меры по реализации политики являются неформальными, формулируются министрами в зависимости от ситуации и не обязательно опираются на существующие национальные стандарты или прошлые официальные рекомендации правительства (см. разделы 4.3.1 и 4.3.3) или соответствуют им.
- Меры по реализации политики и нормативные акты могут существовать на бумаге, но нет простого способа установить, выполняются и применяются ли они в действительности.
- В докладе главным образом рассматриваются меры по реализации государственной политики. Однако в некоторых странах большинство правил или обязательных действий в отношении качества воздуха носят местный (субнациональный) характер (например, см. информацию о Кыргызстане в разделе 3.1).

## 1.1 Виды загрязнителей и их потенциальное воздействие

В выбросах электростанций, работающих на ископаемом топливе, содержатся самые разнообразные загрязняющие вещества. В настоящем докладе рассматривается

---

<sup>3</sup> <https://www.merriam-webster.com/dictionary/policy>

<sup>4</sup> <https://prg.kz/>

<sup>5</sup> [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=3165444](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=3165444)

подмножество загрязнителей, которые содержат твердые частицы (ТЧ)<sup>6</sup>, озон (O<sub>3</sub>, основной компонент фотохимического смога) и их прекурсоры: PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, оксиды серы (SO<sub>x</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), монооксид углерода (CO), аммиак (NH<sub>3</sub>) и летучие органические соединения (ЛОС). Фотохимический смог иногда имеет вид коричневого облака (см. рисунок 1).



**Рисунок 1. Смог над Алматы, Казахстан. Фото: Игорь Ефимов/Wikimedia Commons [104]**

В атмосфере оксиды азота и оксиды серы вредны сами по себе. Они также могут превратиться в PM<sub>2.5</sub> вследствие физических и химических изменений. Твердые частицы PM<sub>2.5</sub> способны глубоко проникать в легкие и кровоток, вызывая респираторные и сердечно-сосудистые заболевания, рак легких и инсульты. Эти частицы также разрушают физическую инфраструктуру, главным образом вызывая коррозию наружных частей зданий. В краткосрочной перспективе озон усугубляет респираторные симптомы. Долгосрочное воздействие может вызвать хроническую обструктивную болезнь легких (ХОБЛ) — воспалительное заболевание, препятствующее оттоку воздуха из легких.

В международном масштабе более двух третей выбросов оксида серы имеют антропогенное происхождение [20]. По данным 2019 года, три из 20 крупнейших источников выбросов в мире находились в Центральной Азии: Казахстан (10-е место), Узбекистан (14-е место) и Туркменистан (17-е место) [20].

После выброса загрязнителей в атмосферу их практически нельзя удалить оттуда или замедлить атмосферные реакции, в результате которых образуются два вещества, представляющих наибольшую опасность для здоровья: твердые частицы PM<sub>2.5</sub> и

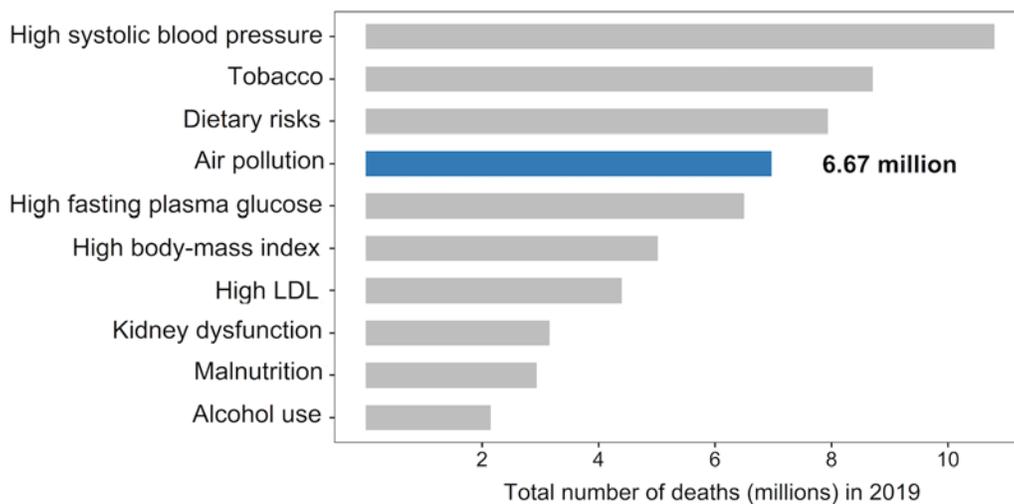
---

<sup>6</sup> Названия PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub> связаны с тем, что эти частицы имеют аэродинамический диаметр 2,5 и 10 мкм соответственно.

приземной озон. По этой причине меры по реализации политики, призванной повысить качество воздуха, должны быть направлены на борьбу с загрязняющими веществами до их выброса в атмосферу. Этому особенно трудно достичь в отношении  $PM_{2.5}$ , поскольку данное «региональное» загрязняющее вещество может перемещаться на большие расстояния, в том числе пересекать границы государств [51].

Во многих странах необходимо решить двойную задачу — ограничить выбросы парниковых газов и установить контроль над атмосферными выбросами других загрязняющих веществ, которые традиционно регулируются для защиты здоровья населения. Хотя некоторые национальные стратегии способны сократить выбросы обоих типов, в иных случаях стратегии обеспечивают достижение только одного результата (например, контроль над фторуглеродами позволяет снизить выбросы этих сильнодействующих парниковых газов, однако данные химические вещества не оказывают прямого воздействия на здоровье). Например, в Казахстане действует система торговли квотами для электроэнергетического сектора, но она охватывает только выбросы  $CO_2$  [81].

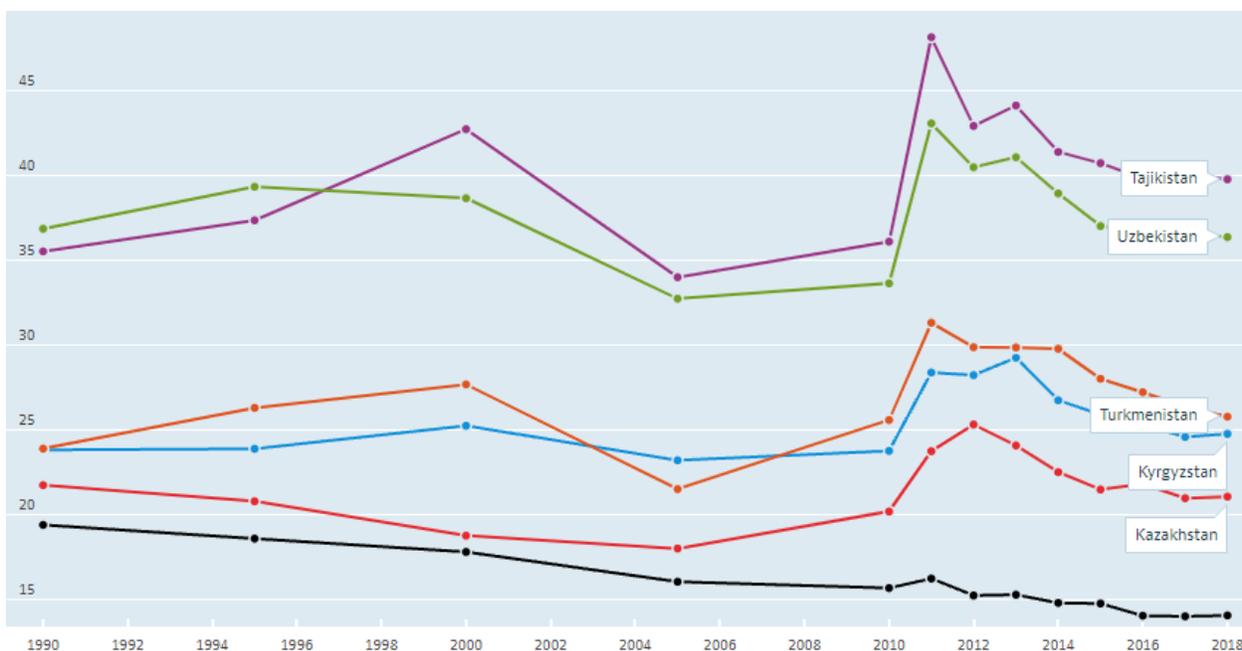
Согласно докладу о состоянии воздуха в мире (State of Global Air) за 2020 год, опубликованному Институтом изучения воздействия на здоровье, загрязнение воздуха является четвертой по значимости причиной преждевременной смерти в мире (см. рисунок 2).



**Рисунок 2. Мировой рейтинг факторов риска ранней смертности (от всех причин) в 2019 году [51]**

Мелкие частицы являются главной причиной смертности в связи с загрязнением воздуха: из 6,67 млн смертей во всем мире в 2019 году примерно 4 млн человек умерло из-за загрязнения  $PM_{2.5}$  и еще 365 000 — из-за воздействия приземного озона [51]. В 2016 году 7 % всех смертей в Кыргызстане были вызваны твердыми частицами в атмосфере [4].

По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в 2018 году уровни загрязнения  $PM_{2.5}$  во всех странах Центральной Азии превышали средний показатель ОЭСР (рисунок 3). На рисунке учитывается загрязнение  $PM_{2.5}$  из всех источников, не только из электроэнергетического сектора.



**Рисунок 3. Среднегодовая концентрация воздействия  $PM_{2.5}$  по странам в сравнении со средним показателем для ОЭСР (черная линия) в микрограммах на кубический метр [52]**

Данные за 1990–2010 годы доступны с интервалом в 5 лет. После 2010 года имеются данные за каждый год.

С 2005 года до последнего времени Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендовала, чтобы среднее ежегодное воздействие  $PM_{2.5}$  на человека не превышало 10 микрограмм на кубометр. В сентябре 2021 года этот предел был пересмотрен и уменьшен до 5 микрограмм на кубометр — в связи с растущим объемом доказательств того, что воздействие загрязняющих твердых частиц на здоровье гораздо серьезнее, чем предполагалось ранее [11, 12]. Уровень загрязнения воздуха во всех странах Центральной Азии значительно превышает как старые, так и новые нормы по  $PM_{2.5}$ . Эта проблема особенно актуальна для некоторых крупных городов, где она может усугубляться особенностями географического положения.

Алматы в Казахстане (рисунок 1) и Бишкек в Кыргызстане окружены горами. Загрязненный воздух обычно задерживается в образованных из-за такой топографии чашеобразных впадинах, особенно в холодное время. В январе 2021 года в течение нескольких дней Бишкек занимал первое место в мировом рейтинге самых загрязненных городов по показателям концентрации  $PM_{2.5}$  [3]. В декабре 2020 года уровень  $PM_{2.5}$  в Бишкеке был таким, как если бы все жители города выкурили по 200 сигарет в течение месяца [5]. В 2017 году концентрация  $NO_2$  в городе превышала предельную дневную норму для Кыргызстана на протяжении 294 дней [4].

## 1.2 Энергетическая незащищенность и загрязнение в постсоветской энергосистеме

Центральная Азия обладает огромными энергетическими ресурсами — как традиционными, так и возобновляемыми. Однако распределение этих ресурсов по региону очень неравномерно. В Туркменистане, Узбекистане и Казахстане имеются значительные

запасы природного газа, в Казахстане также есть крупные угольные месторождения. Таджикистан и Кыргызстан обладают обширными гидроэнергетическими ресурсами: эти страны контролируют примерно 60 % водных запасов региона, но количество доступных запасов ископаемого топлива в них очень невелико [15]. В докладе речь идет именно о *доступных* ресурсах. Например, Казахстан занимает 15-е место в мире по объему угольных месторождений, но из-за трудностей их разработки эксплуатационные запасы угля намного ниже [68].

В таблице 1 показано, как региональный дисбаланс доступных ресурсов отражается в профилях электрогенерации каждой из стран. В то время как Казахстан, Туркменистан и Узбекистан производят около 90 % и более электроэнергии из ископаемых ресурсов, в Кыргызстане и Таджикистане наблюдается обратная ситуация — 90 % или более электроэнергии вырабатывается из возобновляемых источников энергии.

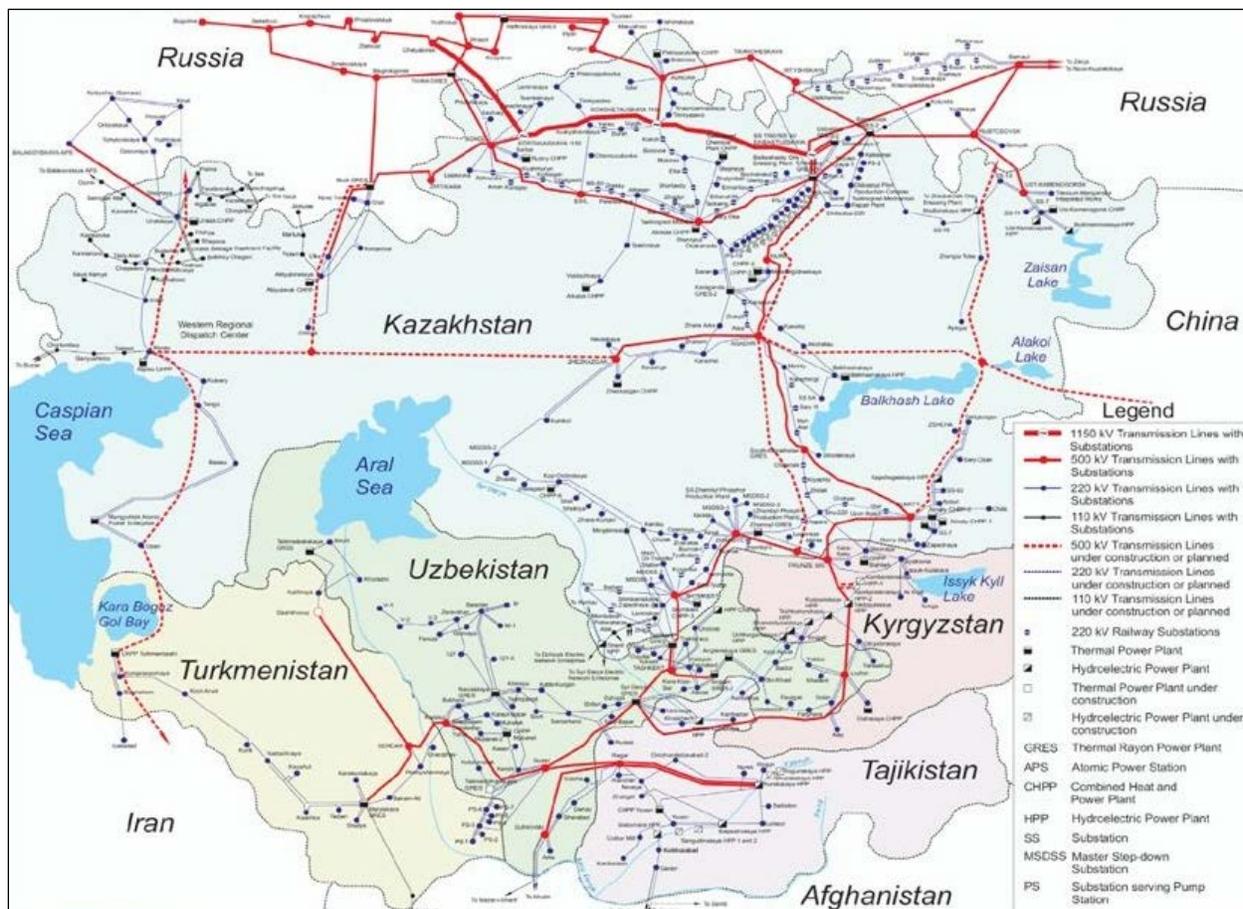
**Таблица 1. Производство электроэнергии в странах Центральной Азии, по источникам, 2018 год [50]**

(в гигаватт-часах [ГВт·ч] и в процентах<sup>a</sup>)

Страна / Источник	Казахстан		Кыргызстан		Таджикистан		Туркменистан		Узбекистан	
	(ГВт·ч)	(%)	(ГВт·ч)	(%)	(ГВт·ч)	(%)	(ГВт·ч)	(%)	(ГВт·ч)	(%)
Каменный уголь	74 833	69,5	1 093	7,0	1 348	6,8	0	0,0	2 109	3,4
Природный газ	21 467	19,9	80	0,5	0	0,0	22 534	100,0	54 432	86,5
Нефть	63	0,1	33	0,2	0	0,0	0	0,0	459	0,7
Ископаемое топливо, промежуточный итог	96 363	89,5	1 206	7,7	1 348	6,8	22 534	100,0	57 000	90,6
Гидроэнергия	10 395	9,7	14 318	92,2	18 394	93,2	0	0,0	5 897	9,4
Энергия солнца и ветра	845	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Прочие возобновляемые источники энергии	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Возобновляемые источники, промежуточный итог	11 241	10,5	14 318	92,2	18 394	93,2	0	0,0	5 897	9,4
<b>Итого</b>	<b>107 604</b>		<b>15 524</b>		<b>19 742</b>		<b>22 534</b>		<b>62 897</b>	

<sup>a</sup> Сумма показателей может не достигать 100 % из-за округления отдельных показателей.

Пять стран Центральной Азии исторически использовали единую интегрированную электроэнергетическую сеть. Хотя на сегодня ситуация изменилась, мы считаем полезным привести некоторые сведения о том, как эта трансграничная система функционировала в прошлом и что произошло, когда отдельным государствам пришлось адаптироваться к реалиям производства электроэнергии в постсоветскую эпоху. Это важно и потому, что все страны выразили заинтересованность в восстановлении этой сети в том или ином виде, и потому, что большая часть проблем неэффективности энергосистемы и загрязнения воздуха, с которыми сегодня борются некоторые страны Центральной Азии, возникли из-за отказа от этой интегрированной сети. Речь об этом пойдет на следующих страницах.



**Рисунок 4. Объединенная энергосистема Центральной Азии: существующие и планируемые линии передач, 2012 год [16]**

(Сплошные красные линии — линии 500 кВ и выше. Пунктиром обозначены строящиеся или планируемые линии.)

В 1960–1980-х годах, еще в советское время, в регионе была построена энергосистема, с тем чтобы воспользоваться преимуществами указанного распределения энергоресурсов. Объединенная энергосистема Центральной Азии (ОЭС ЦА) включала в себя кольцо линий электропередач 500 кВ, соединявшее южный Казахстан с четырьмя соседними странами на юге. Северный Казахстан при этом оставался подключенным к российской энергосети [15]. До 1990-х годов ОЭС ЦА была практически изолирована от остальной части советской энергосистемы [15]. Примерно 30 % общего объема производимой

электроэнергии приходилось на ГЭС Таджикистана и Кыргызстана, а остальные 70 % — на тепловые электростанции (ТЭС) в трех остальных странах [57]. Тепловые электростанции были рассчитаны на базовую нагрузку, а гидроэлектростанции — на пиковые нагрузки и услуги стабилизации частоты [15]. Потоки электроэнергии координировались через диспетчерский центр в Ташкенте, поскольку столица Узбекистана находилась приблизительно в центре первоначальной сети ОЭС ЦА (в которую входило более 80 электростанций) [57]. Узбекистан также обеспечивал половину общей производимой электроэнергии для всей системы [57]. Линии электропередач пересекали административные границы, но в то время это не имело большого значения.

В первоначальном виде система работала достаточно хорошо, хотя в ОЭС ЦА было мало избыточной генерации и передачи. Это означало, что она хорошо справлялась с небольшими нарушениями баланса мощности, но любой крупный сбой в работе в одной из республик мог привести к отключению электроэнергии в других республиках [42]. Для ОЭС ЦА была запланирована дополнительная генерация, но эти работы не были завершены [18].

Управление потоками электроэнергии осуществлялось с помощью централизованной бартерной системы, основанной на потребностях, а не на рыночной стоимости: Кыргызстан и Таджикистан поставляли гидроэлектроэнергию и воду для ирригации в три другие страны летом в обмен на тепловую электроэнергию зимой [57, 15]. По-видимому, из-за столь существенной доли гидроэнергии атмосферные выбросы ОЭС ЦА были значительно ниже, чем если бы в системе использовались только ТЭС, работающие на ископаемом топливе.

После распада Советского Союза в 1991 году большинство стран Центральной Азии пережили серьезный экономический спад. Например, в период с 1990 по 1995 годы ВВП Кыргызстана снизился на 49 % [86]. Такой резкий спад мог привести к сокращению электроэнергетического сектора региона и, следовательно, к сокращению всех атмосферных выбросов от электростанций в краткосрочной перспективе.

В отсутствие технической поддержки со стороны Советского Союза пять новых независимых республик попытались заменить советскую централизованную координацию электроэнергии и водных ресурсов различными двусторонними бартерными соглашениями, но их успехов закрепить не удалось [68]. По данным Tetra Tech, исполнительного партнера Агентства США по международному развитию, который в настоящее время работает с правительствами стран Центральной Азии над восстановлением ОЭС ЦА, «в 1991–1992 годах условия такого бартера изменились вслед за изменением международных границ и рынков топлива и стали одной из главных причин современных водно-энергетических конфликтов в регионе» [15, стр. 3]. Из-за роста напряженности между участниками проекта каждый из них начал стремиться к энергетической независимости, и ОЭС ЦА постепенно пришла в упадок, что в различной степени повлияло на доступность электроэнергии, стабильность электросетей, энергетическую безопасность и экономическую активность в каждой из стран [68, 57]. В то время совершенно независимая эксплуатация была невозможна ни для одного из государств — например, линии электропередач, соединяющие север и юг Кыргызстана, проходили через Узбекистан [57]. Та же ситуация имела место в Таджикистане.

Возрастающая энергетическая незащищенность и связанная с ней неэффективность энергосистем в последние 30 лет являются источником большинства проблем региона с электроснабжением и загрязнением воздуха [15].

В особо уязвимом положении сейчас, как и прежде, остается Таджикистан, поскольку более 70 % его электроэнергии поступает из одного источника — Нурекской ГЭС вблизи Душанбе [55]. В 2016 году устаревающие распределительные устройства станции, которым на тот момент было более 30 лет, были заменены при содействии Азиатского банка развития (АБР), поскольку они больше не могли обеспечить стабильную подачу электроэнергии в сеть [55, 56]. Поскольку Нурекская ГЭС способна предоставлять важные услуги по стабилизации частоты для электросетей других стран Центральной Азии, АБР ожидает, что такая модернизация системы повысит энергетическую безопасность всех стран, при условии, что они согласятся делиться своей электроэнергией [55].

Несмотря на то что Казахстан хорошо обеспечен энергетическими ресурсами, в стране наблюдается дисбаланс энергоснабжения: примерно три четверти электроэнергии производится на севере, а основные центры потребления находятся на юге [57]. В 1998 году была построена новая северо-южная линия 500 кВ для вспомогательного удовлетворения пикового спроса на юге, а также потребностей, возникающих в периоды, когда Узбекистан сокращает подачу электроэнергии в Казахстан [57]. Пропускная способность сети была вновь увеличена в 2018 году [42].

Для выработки электроэнергии в зимний период, когда производство гидроэнергии снижается, Казахстан использует импортируемую нефть и газ [68]. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), более половины энергетической инфраструктуры страны нуждается в замене; кроме того, потери при передаче и распределении электроэнергии превышают 20 % [68, 86]. После распада ОЭС ЦА в стране была построена линия электропередач, соединяющая северные и южные регионы, что улучшило внутреннее распределение, но Казахстан по-прежнему испытывает нехватку электроэнергии зимой [57].

В наиболее благоприятном положении среди всех стран Центральной Азии после распада Советского Союза оказался Туркменистан. Здесь имелась наиболее завершенная электроэнергетическая сеть и достаточные энергоресурсы для обеспечения собственных нужд [57]. Страна занимает четвертое место по величине запасов природного газа в мире; это топливо является источником 100 % производимой в ней электроэнергии (таблица 1) [23]. К 2003 году Туркменистан смог выйти из проекта ОЭС ЦА и развивать свой электроэнергетический сектор самостоятельно. Страна продолжала строить электростанции и начала экспортировать электроэнергию в Иран и Афганистан [69, 18]. Она также укрепляет свою энергетическую независимость за счет создания в своих границах высоковольтной «кольцевой передающей сети» [71]. Однако при этом Туркменистан не расширил добычу газа, которая соответствовала бы темпам строительства электростанций, и в настоящее время испытывает дефицит электроэнергии [57].

В 2009 году Узбекистан вышел из ОЭС ЦА, потратив миллиард долларов США на модернизацию своей системы передачи и распределения, чтобы для энергоснабжения не

нужно было использовать линий электропередач в соседних странах [13]. Это означало, что Таджикистан больше не мог участвовать в проекте ОЭС ЦА, поскольку у страны не было других сетей передачи и распределения соседям.

На рисунке 4 показана ОЭС ЦА по состоянию примерно на 2012 год — после строительства новых линий электропередач, соединивших Южный Казахстан с Россией; в 1980-е годы линии 500 кВ, соединяющей север и юг Казахстана, не существовало [15]. Карты ОЭС ЦА за период с 2008 по 2019 годы (на русском языке можно посмотреть на сайте *IntelliNews*<sup>7</sup>).

Снижение роли ОЭС ЦА и последовавшие за этим усилия отдельных стран по обретению энергетической независимости являются главной проблемой, которая влияет на выработку электроэнергии и связанное с ней загрязнение воздуха в Центральной Азии сегодня.

Несмотря на наличие отдельных соглашений о двусторонней международной торговле электроэнергией, отсутствие сотрудничества означает, что электроснабжение в каждой стране почти полностью зависит от ее собственных генерирующих мощностей и имеющихся внутренних ресурсов. Сегодня государства с богатыми запасами ископаемого топлива обеспечивают себя электроэнергией, а Таджикистан и Кыргызстан — нет [94]. Чем больше ископаемого топлива в структуре энергоресурсов, используемых для выработки электроэнергии, тем больше объем загрязняющих атмосферных выбросов от электростанций и тем действеннее должны быть стимулы для принятия странами мер по ограничению этих выбросов, если при этом также учитываются нарушения состояния здоровья. Будут ли такие стимулы применены и окажут ли они какое-либо влияние, зависит от таких факторов, как конкурирующие стимулы, деловые интересы, существующая энергетическая инфраструктура и потенциальные ценовые барьеры.

### 1.3 Стандарты выбросов и варианты политики по ограничению выбросов загрязнителей воздуха

Существует три широких категории реагирования на выбросы атмосферных загрязнителей, каждая из которых подробно описана в последующих разделах:

- **В разделе 2 рассматриваются стандарты качества воздуха**, устанавливающие пределы концентрации в атмосфере определенных загрязняющих веществ или пределы выбросов загрязняющих веществ из определенного источника.
- **Раздел 3 посвящен прямым политическим мерам**, требующим действий по непосредственному регулированию качества воздуха (ориентированных на количество или коэффициент выбросов, как будет рассмотрено ниже).
- **В разделе 4 речь идет о косвенных мерах**, вводящих положительные или отрицательные стимулы для деятельности, связанной с загрязнением окружающей среды; это может быть поощрение перехода на другой вид топлива или предоставление некоторым производителям льготного доступа к линиям электропередач.

---

<sup>7</sup> <https://www.intellinews.com/central-asia-s-electricity-network-underpowered-and-fragmented-169985/>

Стандарты качества для атмосферного воздуха и загрязняющих веществ из точечных источников отражают желаемые для страны цели, но без эффективных механизмов применения этих стандартов добиться улучшения качества воздуха невозможно. Для реализации этих целей необходимы прямые и косвенные инструменты политики.

Общее уравнение для оценки выбросов:

$$E = EF \times A$$

где:

$E$  — выбросы в единицах массы.

$EF$  — коэффициент выбросов (с учетом любого оборудования для контроля выбросов), определяемый как количество выбросов в единицах массы на единицу деятельности.

$A$  — деятельность, т.е. производство 1 МВт·ч или потребление одной единицы топлива.

Нормативные положения непосредственного регулирования качества воздуха, обсуждаемые в настоящем докладе, регулируют  $EF$  или  $E$  (т.е. вводят ограничения для одного из показателей) либо ограничивают работу источника выбросов (например, часы работы и, следовательно,  $A$ ).

Косвенные меры по реализации политики регулируют использование различных видов топлива или источников выбросов («деятельность»). Косвенные меры политики создают положительные или отрицательные стимулы для тех или иных действий, например, для перехода на другой вид топлива (за счет производства электроэнергии из возобновляемых источников вместо ископаемых и т.д.). Косвенные меры политики намного более разнообразны, чем прямые.

В данном обзоре устанавливается наличие мер по реализации политики и нормативных требований в отношении качества воздуха, в том числе стимулов для производства чистой энергии и внедрения технологий для предотвращения загрязнений. Гораздо труднее определить, принимаются ли в стране меры, чтобы обеспечить соблюдение действующих нормативных положений (например, мониторинг, правоприменение, штрафы); по этой причине в настоящем докладе такая задача не ставится. Главное внимание в нем уделяется косвенным мерам по реализации политики, воздействие которых труднее оценить, из-за чего они ранее не исследовались подробно.

Хотя речь в докладе идет о мерах по реализации политики в отношении выбросов, существует множество других мер политики, правил, экономических методов и элементов инфраструктуры, которые необходимо внедрить, прежде чем можно будет реализовать меры политики в отношении качества воздуха. Для существенного расширения производства электроэнергии в стране требуется надежная сеть, стабильность которой не зависит от типа передаваемой энергии. Странам с конкурентными рынками электроэнергии необходима система справедливого и прозрачного ценообразования в энергетических сделках и доступ к проектному финансированию.

Аналогичным образом разработка стандарта подключения к распределительной сети для малых производителей является необходимой предпосылкой для реализации метода чистого измерения для источников возобновляемой энергии. Методы чистого измерения рассматриваются в настоящем докладе как один из факторов, влияющих на загрязнение воздуха. Хотя стандарты подключения обычно считаются «нейтральными к выбросам», настоящий доклад затрагивает методы подключения, в которых поддерживается интеграция возобновляемых источников энергии, поскольку такие источники обычно помогают сократить атмосферные выбросы загрязняющих веществ в энергетическом секторе (см. раздел 4.2.3.3).

## 2. Стандарты качества воздуха, устанавливающие пределы для загрязняющих веществ

Первым шагом в регулировании вредных выбросов является разработка экологических стандартов, в идеальном случае — как для концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, так и для выбросов из точечных источников.

Пределы концентраций загрязняющих веществ в окружающей среде (атмосфере) установлены правительствами многих стран и Всемирной организацией здравоохранения для защиты здоровья населения. В стандартах обычно устанавливаются пределы концентрации загрязняющих веществ, усредненных за определенный период времени. Стандарты качества атмосферного воздуха (AAQS) обычно применяются во всей стране или ее части; их более распространенное название — национальные стандарты качества атмосферного воздуха (NAAQS). Во многих государствах используются положения о пересмотре предельных значений по мере появления новых данных о воздействии различных загрязняющих веществ на здоровье.

Некоторые страны не вводят NAAQS, вместо этого устанавливая конкретные ограничения выбросов для потенциально загрязняющих точечных источников, таких как электростанции, работающие на ископаемом топливе. Многие государства используют сочетание этих двух мер, поскольку регулирование точечных источников улучшает соблюдение стандартов для окружающей среды [25]. Во всем мире примерно две трети стран имеют так или иначе оформленный стандарт NAAQS [25].

В сентябре 2021 года в рамках Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) был опубликован программный документ под названием «*Регулирование качества воздуха: первая глобальная оценка законодательства о загрязнении воздуха*» (сокращенно GAAPL) [25]. По данным этого исследования законодательства по качеству воздуха в 194 странах мира, включая всю Центральную Азию, 34 % государств не имели каких-либо законодательно закрепленных стандартов качества атмосферного воздуха [24]. Из тех стран, в которых имелись такие стандарты, только 33 % налагали штрафы за их несоблюдение [24]. Кроме того, в докладе установлено, что 37 % стран не проводят обязательный мониторинг выбросов, 43 % не имеют правового определения загрязнения воздуха, а 69 % — законов в отношении трансграничного загрязнения воздуха [24].

Согласно GAAPL, из примерно двух третей государств, не закрепивших NAAQS в своем законодательстве, многие пользуются такими стандартами только в виде общей политики/руководства, подготовленных национальным правительством [25]. Однако ценность таких документов ограничена, поскольку «AAQS в политике/руководстве может служить практическим ориентиром для национальной политики в области качества воздуха и отраслевого регулирования, но мало помогает обеспечивать право граждан на качественный воздух и создавать нормативную определенность для операторов» [25, стр. 50].

Ситуация с мерами по реализации политики в области качества воздуха в Центральной Азии довольно непростая, и разобраться в ней было сложно не только специалистам NREL, но и авторам доклада GAAPL из Программы ООН по окружающей среде. Как

отмечается в GAAPL, правовые инструменты, включающие NAAQS для одного или нескольких целевых загрязняющих веществ, есть во всех странах Центральной Азии, кроме Узбекистана [25]. Однако в Таджикистане и Туркменистане стандарты имеют вид общей политики/руководства (термин GAAPL), которые либо не находятся в открытом доступе, либо не опубликованы [25]. Например, по данным Экономической и социальной комиссии ООН для Азии и Тихого океана, «Государственная программа по энергосбережению на 2018–2024 годы Туркменистана... недоступна для общественности» [106, стр. 69]. Только в Казахстане и Кыргызстане стандарты NAAQS закреплены в законах, доступных для ознакомления [25]. Представленная в GAAPL информация по NAAQS отдельных стран Центральной Азии является неполной. Этим стандартам посвящено более раннее исследование, проведенное по инициативе ВОЗ в 194 государствах-членах организации [27]. В совокупности доклады GAAPL и ВОЗ дают более полную картину основных NAAQS в Центральной Азии [26].

Актуальные NAAQS стран Центральной Азии представлены в таблице 2. Однако в отношении данных в таблице действует ряд оговорок.

Некоторые NAAQS в Центральной Азии определяются как предельно разрешенная (ПРК) или предельно допустимая концентрация (ПДК). Эти понятия сохранились с советского времени [19, 96]. Показатели ПДК в целом сопоставимы со стандартами ВОЗ, но не всегда полностью им соответствуют из-за различий во времени усреднения, а иногда в силу определения загрязняющих веществ [26]. Например, среди стран Центральной Азии только Казахстан и Кыргызстан проводят различие между  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ . Остальные страны установили единый стандарт для  $PM$  или общих взвешенных частиц (TSP) [26, 27, 4]. Кыргызстан выпустил ПДК для  $PM$ , но также сохранил старый стандарт для TSP [4].

ПДК исторически определялись с помощью двух параметров: 1) предельный уровень однократного, острого, неповторяющегося воздействия (обычно измеряемого в течение 20 минут — хотя это условие может варьироваться в зависимости от загрязняющего вещества и органа, вводящего стандарт); 2) более длительное время усреднения, позволяющее предотвратить хронические нарушения здоровья из-за вдыхания в течение длительного периода (например, суточные ПДК устанавливались как 8 часов воздействия за 24 часа, не более 41 часа в неделю; и (или) годовой максимальный уровень воздействия, аналогичный используемому в США [19, 89, 109]. В случаях, когда время усреднения ПДК не определено в NAAQS, эти значения невозможно сравнивать напрямую со стандартами ВОЗ. Однако, как отмечает ВОЗ, ПДК для *острого* (краткосрочного) воздействия в целом сопоставимы со стандартами организации для воздействия в течение 1 часа и меньше [27]. Авторы доклада установили, что *суточные* ПДК в целом сопоставимы со стандартами ВОЗ по 24-часовому воздействию. В таблице 2 отклонения от подхода ВОЗ заключены в квадратные скобки, пояснения по ним приведены в примечаниях под таблицей. Периоды усреднения, заключенные в кавычки («кратковременный», «длительный», «ПДК»), несколько различаются по странам, периоды без кавычек эквивалентны. Если термин «однократный ПДК» используется в примечаниях под таблицей 2 без дополнительных уточнений, это означает, что авторы не смогли установить точную продолжительность воздействия.

Подробное описание способа расчета стандартов качества воздуха ПДК см. «1.4.1. Стандарты качества окружающей среды» в докладе ОЭСР 2006 года «Экологическая политика и регулирование в России»<sup>8</sup> [89] и главу 1 в докладе ВОЗ 1964 года о контроле загрязнения воздуха в СССР<sup>9</sup> [19].

---

<sup>8</sup> <https://www.oecd.org/env/outreach/38118149.pdf>

<sup>9</sup> <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/279983/EP-68.2-eng.pdf>

**Таблица 2. Национальные стандарты качества атмосферного воздуха (NAAQS) в странах Центральной Азии и в США (для справки) [27]\***

Загрязнитель	Период усреднения	NAAQS по странам					
		Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан [109]	США <sup>с</sup> [22]
СО (мг/м <sup>3</sup> ) <sup>д</sup>	«кратковременный» <sup>а</sup>	5	--	--	--	5	40
	«длительный» <sup>б</sup>	[3]	--	--	--	[3]	10
NO <sub>2</sub> (мкг/м <sup>3</sup> ) <sup>е</sup>	«кратковременный» <sup>ф</sup>	200	85	--	[85]	85	188
	24 часа	40	40	40	40	40	--
	1 год	--	--	--	--	40	100
О <sub>3</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	«кратковременный» <sup>г</sup>	--	160	--	--	160	137
	24 часа	--	30	--	--	30	--
PM <sub>2.5</sub> <sup>h</sup> (мкг/м <sup>3</sup> )	«ПДК»	[160]	[160]	--	[500]	--	--
	24 часа	35	[35]	[150]	[150]	--	35
	1 год	--	[25]	--	--	--	12
PM <sub>10</sub> <sup>h</sup> (мкг/м <sup>3</sup> )	«ПДК»	[300]	[300]	--	[500]	[500]	--
	24 часа	60	[60]	[150]	[150]	[150]	150
	1 год	--	[40]	--	--	[150]	--
SO <sub>2</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	«кратковременный» <sup>и</sup>	--	500	--	500	500	196
	24 часа	125	50	50	50	50	366 <sup>с</sup>
	1 год	--	--	--	--	50	78 <sup>с</sup>

\* В качестве источника данных используется исследование NAAQS ВОЗ, если не указано иное.

<sup>а</sup> Казахстан и Узбекистан: однократный ПДК (без дальнейших уточнений) [44, 109]; США: 1 час.

<sup>б</sup> Казахстан: средний ПДК за 24 часа [44]; Узбекистан: средний суточный ПДК [109]; США: 8 часов.

<sup>с</sup> Управление по охране окружающей среды США (EPA) отменило некоторые стандарты, которые все еще включены в таблицу для сравнения и помечены верхним индексом «с» в столбце «США». Несколько концентраций NAAQS Управления по охране окружающей среды США указаны в частях на миллиард или частях на миллион; они были преобразованы с использованием стандартных условий (давление 1 атм. и температура 298 К) в мкг/м<sup>3</sup>, по данным Викрама Рави, NREL.

<sup>д</sup> Миллиграммы на кубический метр.

<sup>е</sup> Микрограммы на кубический метр.

<sup>ф</sup> Кыргызстан, Казахстан и Узбекистан: однократный ПДК [34, 109]; Туркменистан: неуточненный ПДК; США: 1 час.

<sup>г</sup> Кыргызстан: 8-часовой ПДК; Узбекистан: однократный ПДК [109]; США: 8 часов.

<sup>h</sup> Казахстан: однократный ПДК [34]. Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан измеряют TSP, а не PM. ПДК Кыргызстана — «предельная разовая концентрация» [4]. В Туркменистане имеется дополнительный неуточненный ПДК помимо 24-часового ПДК.

<sup>и</sup> «Кратковременный» — однократный ПДК в Центральной Азии [4]; в течение 1 часа в США.

Как видно из таблицы, Таджикистан и Туркменистан используют очень похожие стандарты, а в Казахстане и Кыргызстане они в целом более строгие. Узбекистан проводит обновление NAAQS, чтобы привести его в соответствие со стандартами соседних стран [109]. Например, 24-часовой предельный показатель  $PM_{10}$  (TSP) в Узбекистане ранее составлял  $300 \text{ мкг/м}^3$  — в два раза больше, чем сегодня. Теперь он учитывает естественно высокие фоновые уровни из-за опустынивания [26]. Пустыня занимает примерно 80 % территории страны [86]. Из пяти стран только Кыргызстан и Узбекистан установили предельное содержание озона [26, 109]. Оба государства также вводят стандарты для аммиака с однократным ПДК  $200 \text{ мкг/м}^3$  и среднесуточным ПДК  $40 \text{ мкг/м}^3$  [4, 109].

На самом деле между стандартами разных стран больше сходства, чем кажется. Например, в стандартах Управления по охране окружающей среды США для монооксида углерода (длительность воздействия),  $PM_{10}$  и воздействия оксида серы в течение 1 часа говорится, что их «не следует превышать чаще одного раза в год», поэтому по факту они представляют собой однократные ПДК, которые всего лишь измеряются в течение конкретных периодов [22].

Независимо от того, установили ли страны NAAQS, регулирование выбросов из стационарных (точечных) источников, таких как электростанции, является еще одним вариантом реализации политики улучшения качества воздуха. Этот подход официально принят в Таджикистане, Туркменистане и Узбекистане [24].

Электростанциям могут предъявляться требования по соблюдению стандартов выбросов для различных загрязнителей путем использования разных методологий контроля. Обычно нормативы выбросов формулируются как произведение массы выбрасываемого загрязняющего вещества на единицу объема дымового газа, хотя авторам не удалось найти информацию о таких нормативах в странах Центральной Азии. Методы сокращения выбросов электростанций часто используют некоторые или все из перечисленных ниже подходов:

1. Удаление загрязняющих веществ (например, серы, азота) из потока сырого топлива — меры, осуществляемые перед сжиганием, такие как очистка топлива.
2. Модификации процесса для обеспечения эффективных условий сжигания.
3. Удаление загрязняющих веществ после сжигания — улавливание загрязняющих веществ до их выброса в атмосферу. В этом подходе можно выделить три дополнительные подкатегории:
  - Внедрение и применение технологии контроля для улавливания загрязняющих веществ, выделяющихся при сжигании топлива.
  - Ограничение массы загрязняющего вещества, выбрасываемого установкой в течение определенного периода времени.
  - Обеспечение соблюдения коэффициентов выбросов для конкретных загрязнителей (коэффициент выбросов на единицу продукции или потребляемого топлива).

Данные нормативы сокращения выбросов можно отнести к прямым мерам политики, поскольку они обеспечивают непосредственный контроль над массой загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. Также существуют частично прямые меры политики, направленные на повышение эффективности электростанций, — когда для производства того же количества электроэнергии требуется меньше топлива, выбросы сокращаются. В следующем разделе мы рассмотрим меры политики, основанные на трех приведенных выше методах (1–3), а также меры повышения эффективности электростанций.

### 3. Прямые меры политики по снижению загрязнения воздуха

Экологические нормативы могут непосредственно влиять на атмосферные выбросы загрязняющих веществ электростанциями. Прямые меры политики в отношении качества воздуха ограничивают атмосферные выбросы из конкретных точечных источников — в данном случае из электростанций, работающих на ископаемом топливе. Такие меры политики устанавливают предел для общей массы выбрасываемого загрязняющего вещества или для коэффициента выбросов (масса выбросов на единицу деятельности). Для их реализации вводятся различные ограничения, например, часов работы. В данном разделе описаны национальные меры по реализации политики и нормативные положения, целью которых является непосредственное снижение загрязнения воздуха энергетическим сектором страны.

Таких примеров в изучаемом регионе очень мало, поскольку, как обнаружили авторы, страны Центральной Азии, как правило, уделяют основное внимание решению проблемы загрязнения воздуха в определенных местах. Например, единственный общенациональный закон Кыргызстана о качестве угля распространяется не на все угольные электростанции в стране, а только на одну ТЭЦ в столице [102]. Еще один пример — в 2019 году правительство Узбекистана приняло закон «О совершенствовании системы мониторинга окружающей среды в Республике Узбекистан», который ввел систему мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, но только «в 25 городах на 63 стационарных пунктах наблюдения» [109]. Такой акцент на городах понятен, поскольку плохое качество воздуха в городских районах влияет на значительную часть населения.

Чтобы представить более полную картину вариантов политики, доступных национальным правительствам, ниже описаны шесть прямых инструментов реализации политики, распространенных в других странах, которые могут применяться в Центральной Азии ограниченно или не применяться вообще.

#### 3.1 Удаление загрязнителей из топлива перед сжиганием

Меры по реализации политики, которые направлены на улучшение качества угля, помогают снижать выбросы, связанные со сжиганием топлива и — косвенно — с его транспортировкой (поскольку при уменьшении количества загрязнителей уменьшается и перевозимая масса). Похожие меры также принимаются для удаления загрязняющих веществ из других видов ископаемого топлива — например, серы из природного газа или мазута для сокращения соответствующих выбросов оксида серы.

Чтобы удалить примеси из угля (серу, золу или другие скальные породы) после его добычи, применяется процесс, называемый обогащением. Уголь с высоким содержанием золы и других инертных материалов может создавать множество проблем: трудности с измельчением, снижение температуры пламени, чрезмерное образование летучей золы с несгоревшим углем. Кроме того, если электростанции, работающие на угле, расположены далеко от карьеров, транспортировка угля с большой долей инертного материала генерирует больше выбросов.

Авторы нашли крайне мало информации о политике обогащения угля в Центральной Азии, в основном лишь неподтвержденные примеры. Например, АО «Узбекуголь», оператор шахт Ангренского бурогоугольного месторождения, на которое приходится 85 % добываемого в Узбекистане угля, привлекает работников, которые вручную отделяют уголь от породы на конвейерной ленте, что позволяет «снизить зольность с 60 % до 35 %» [100].

Единственным исключением является районная угольная ТЭЦ в Бишкеке, Кыргызстан, где, по сообщению одного из операторов объекта, высокая зольность топлива и возраст ТЭЦ являются двумя основными факторами, усугубляющими проблемные выбросы станции в атмосферу [6]. В 2019 году правительство Кыргызстана приняло закон, регулирующий выбор твердого топлива для электростанции, «целью которого является обеспечение устойчивости и надежности работы котельного и вспомогательного оборудования ТЭЦ» [102]. Закон установил пределы допустимой зольности, влажности, содержания серы и других параметров, а также обязал новых поставщиков испытывать продукцию на электростанции перед подписанием долгосрочных тендеров [102]. В 2020 году на ТЭЦ начались эксперименты с улучшенными сортами угля для изучения воздействия более калорийного и горячего угля на стареющее оборудование станции, построенной в 1960-х годах [9]. Это ставит перед странами Центральной Азии нестандартную задачу по решению проблем качества воздуха: повышение качества угля может быть эффективным способом сокращения вредных выбросов, но данный метод может оказаться неприменим на очень старых ТЭЦ.

### **3.2 Модификация процесса сжигания для снижения выбросов**

Выбросы некоторых загрязняющих веществ можно уменьшить, изменив сжигание топлива, чтобы обеспечить оптимальные условия для этого процесса. Оксиды азота, которые преимущественно выбрасываются в виде оксида азота, обычно формируются с помощью двух разных механизмов: термический оксид азота образуется, когда молекулы азота и кислорода в воздухе вступают в реакцию друг с другом при высокой температуре, а топливный — когда топливо (например, уголь и нефть) содержит органически связанный азот [83]. Благодаря модификации сжигания электростанции могут контролировать выбросы оксидов азота за счет ограничения их образования на этом этапе. Среди методов такой модификации следующие три направлены именно на снижение образования оксидов азота [1]:

- Снижение пиковых температур зоны горения — за счет увеличения скорости охлаждения пламени и снижения адиабатической температуры горения путем разбавления и использования зоны горения с избытком топлива.
- Сокращение времени пребывания в зоне горения — за счет изменения формы зоны горения.
- Снижение концентрации кислорода в зоне горения — за счет регулирования смешивания топлива и воздуха и снижения общего расхода избыточного воздуха.

Некоторые доступные методы модификации сжигания представлены в таблице 3 с указанием соответствующего им потенциала сокращения оксидов азота. Данные методы контроля могут действовать на основе только одного способа уменьшения выбросов оксидов азота или их комбинации.

Авторы не нашли примеров модификации процесса сжигания в Центральной Азии.

**Таблица 3. Примеры методов управления, которые применяются для модификации процесса сжигания с целью снижения выбросов оксидов азота [2, 10]**

Метод контроля (описание см. в приложении А1)	Принцип снижения загрязнения	Потенциал сокращения оксидов азота для угольных котельных
Ступенчатое сжигание топлива	Снижает пиковую температуру	20%–30%
Горелки с низким выходом оксидов азота	Снижает пиковую температуру	35%–55%
Отключение горелок	Снижает пиковую температуру	10%–20%
Ступенчатая подача воздуха	Сокращает время пребывания	50%–70%
Ступенчатая подача топлива	Сокращает время пребывания	50%–70%
Сниженный избыток воздуха	Уменьшает доступность кислорода	50%–70%

### 3.3 Меры по снижению выбросов после сжигания топлива

Меры контроля, применяемые после сжигания, позволяют сократить выбросы на этапе после образования загрязняющих побочных продуктов горения, но до их выпуска в атмосферу. Некоторые из доступных технологий контроля конкретных загрязнителей перечислены в таблице 4, хотя авторы не обнаружили примеров их использования в Центральной Азии. После внедрения таких технологий контроля необходимо отслеживать их эффективность, а также проводить периодический осмотр и обслуживание.

Контрольное оборудование часто является предметом мониторинга, а выполнение нормативных требований демонстрируется с помощью автоматизированных систем — например, системы непрерывного мониторинга выбросов (CEMS), которая сообщает об уровнях оксида серы и оксидов азота. Однако во многих странах не только не используются отчеты CEMS, но и не проводятся необходимые осмотры и обслуживание, что может стать причиной незамеченного ухудшения рабочих характеристик контрольного оборудования.

**Таблица 4. Доступные технологии контроля для снижения выбросов после сжигания топлива**

Загрязнитель	Технология контроля (описание см. в приложении А1)
PM <sub>2.5</sub> и PM <sub>10</sub>	Электростатические фильтры (ESP) Циклонные сепараторы Тканевые фильтры
Оксиды серы (SO <sub>x</sub> )	Десульфуризация дымовых газов (ДДГ, сухая и влажная промывка)
Оксиды азота (NO <sub>x</sub> )	Селективное каталитическое восстановление (СКВ) Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ) Часто устройства СКВ и СНКВ используются вместе с горелками с низким выходом оксидов азота и горелками ступенчатого сжигания

### 3.4 Более эффективные технологии сжигания, снижающие потребление топлива на единицу вырабатываемой энергии

Угольные электростанции сильно различаются по своему тепловому КПД — он составляет от среднего показателя 36 % («субкритический») до 45 % («сверхкритический») и выше («сверхсверхкритический»). Несмотря на зрелость технологии, многие существующие и недавно построенные электростанции в Центральной Азии все еще используют субкритические технологии, в основном из-за более низких капитальных затрат и наличия опыта использования этой технологии, что позволяет уменьшить риски и упростить обслуживание. Однако в последние годы некоторые страны разработали меры политики или приняли на себя обязательства по внедрению высокоэффективных тепловых технологий, чтобы снизить выбросы различных загрязнителей воздуха, образующихся при сжигании топлива и по другим причинам, за счет уменьшения количества сжигаемого угля на единицу произведенной энергии.

В 2017 году Узбекистан принял постановление, подтверждающее капиталовложения в переход сектора ископаемого топлива страны на использование современных паровых и газовых турбин [67]. Учитывая, что Узбекистан производит более 90 % электроэнергии из ископаемых источников (таблица 1), такая модернизация позволит существенно сократить атмосферные выбросы электроэнергетического сектора.

В 2018 году Туркменистан принял аналогичное постановление «Развитие энергетического сектора Туркменистана-2018» и приступил к ремонту паровых турбин на угольных электростанциях, средний возраст которых составляет 50–60 лет [94].

### 3.5 Увеличенная высота дымовой трубы для улучшения рассеивания загрязняющих веществ

По мере увеличения высоты над землей сопротивление наземных элементов (например, деревьев, зданий) снижается, а скорость ветра возрастает. Повышенная скорость ветра способствует рассеиванию загрязняющих веществ. Достичь такого эффективного рассеивания выбросов из точечных источников можно за счет увеличения высоты

дымовых труб. Эта мера часто позволяет выполнить стандарты выбросов, ориентированные на концентрацию. (В качестве альтернативы можно использовать технологии контроля выбросов или сочетание технологий контроля и высоты дымовой трубы.) Некоторые страны специально включают требования к высоте дымовой трубы в стандарты выбросов. Авторы не нашли примеров применения таких мер политики в Центральной Азии.

### **3.6 Контроль за другими загрязнителями, кроме PM, оксидов азота, и оксида серы**

Загрязняющие вещества, которые ранее не рассматривались в настоящем докладе, также могут участвовать в формировании опасных вторичных загрязнителей. Аммиак способствует образованию вторичных аэрозолей, а ЛОС — озона и вторичных органических аэрозолей. Хотя сельское хозяйство и животноводство остаются крупнейшими источниками аммиака, электростанции также могут выделять это вещество. На энергетический сектор приходится относительно малая часть выбросов аммиака, большую их часть производят животноводство и применение удобрений [28]. Образование аммиака на электростанциях может быть связано с проскоком в устройствах контроля оксидов азота (таких как системы селективного каталитического восстановления). При этом доля проскока аммиака зависит от вида топлива, типа оборудования для контроля оксидов азота (СКВ или СНКВ) и установки оборудования (по данным США) [38]. Региональные агентства в США, такие как Округ управления качеством воздуха Южного побережья в Калифорнии, установили правила, ограничивающие выбросы аммиака (включая выбросы при проскоке) [49]. Аналогичным образом новые высокоэффективные электростанции не являются крупным источником выбросов монооксида углерода и ЛОС, но эти выбросы могут выступать в качестве прекурсоров вторичных загрязнителей, таких как озон и PM<sub>2.5</sub> [62]. Тем не менее авторы не обнаружили мер политики, контролирующих проскок аммиака или выбросы монооксида углерода и ЛОС в атмосферу ни в одной из стран Центральной Азии.

## 4. Косвенные меры по реализации политики и их влияние на атмосферные выбросы

Экологические нормативы могут *непосредственно* влиять на выбросы загрязнителей воздуха электростанциями; многие меры политики и нормативные положения оказывают *косвенное* влияние на загрязнение воздуха в результате производства электроэнергии и иногда охватывают непреднамеренные последствия. Эти меры по реализации политики и нормативные положения могут быть местными или национальными, могут быть введены в действие без финансирования или выполнения, они также могут оказывать чисто положительное или чисто отрицательное влияние на выбросы и концентрации загрязнителей воздуха. В данном разделе приведены примеры мер политики и нормативных положений, которые косвенным образом вызывают увеличение или снижение загрязнения воздуха энергетическим сектором страны.

### 4.1 Меры по реализации политики и нормативные положения, которые могут привести к увеличению выбросов или задержке сокращения выбросов

#### 4.1.1 Предписания, финансовые и другие стимулы для производства энергии за счет сжигания топлива и выбора топлива

Предписания и стимулы, которые поддерживают энергетику, работающую на ископаемом топливе, могут увеличивать загрязнение воздуха. В качестве примеров можно назвать субсидии на добычу ископаемого топлива в стране и налоговые льготы для угольных электростанций. В других случаях правительства могут прямо требовать от производителей электроэнергии использовать более загрязняющие виды топлива по экономическим или политическим причинам. Именно так обстоит дело в Центральной Азии, где эпизодическая политическая напряженность между странами, богатыми гидроресурсами и ископаемым топливом, заставила Казахстан, Туркменистан и Узбекистан больше полагаться на собственные ископаемые ресурсы для удовлетворения спроса на электроэнергию.

Независимо от того, приводят ли такие стимулы к увеличению или уменьшению выбросов, они скрывают рыночные сигналы, необходимые для эффективной работы электроэнергетического сектора. В Центральной Азии цены на электроэнергию и тепло часто установлены ниже уровня возмещения затрат, что снижает привлекательность инвестиций в инфраструктуру [58, 94]. Например, по данным АБР, «Туркменистан известен тем, что имеет самые низкие в мире тарифы на электроэнергию» [94, стр. 19], «значительно субсидируемые тарифы на электроэнергию в условиях мало доходной экономики Кыргызстана делают частные инвестиции в ВИЭ непривлекательными» [94, стр. 17]. В некоторых случаях инфраструктура нуждается в существенной модернизации, но годы занижения платы за электроэнергию оборачиваются отсутствием средств для покрытия необходимых капитальных вложений [35].

В Казахстане тарифы на электроэнергию, основанные на ее выработке на ископаемом топливе, остаются очень низкими для большинства потребителей, но в 2020 году они составляли от 12 до 28 тенге за киловатт-час (3–7 центов США/кВт·ч) в зависимости от

региона [59]. Это существенно ниже, чем стоимость электроэнергии в ЕС, которая, например, в 2020 году составляла от 10 до 30 евроцентов за киловатт-час (12–35 центов США/кВт·ч) [60]. По словам Армана Кашкинбекова, руководителя Программы развития ООН в Казахстане, одна из причин, по которой тарифы в Казахстане такие низкие, заключается в том, что большая часть электроэнергии в стране поступает от 40–60-летних угольных электростанций, которые страна получила от Советского Союза бесплатно, поэтому эти тарифы даже не отражают затраты на строительство [59]. Замена этих ТЭЦ установками, работающими на природном газе и более чистом угле, неизбежно приведет к росту тарифов на электроэнергию и при этом окажет ограниченное влияние на сокращение выбросов [59]. В отношении советских угольных электростанций Кашкинбеков отметил, что «45 % из них давно пора закрыть и построить новые современные объекты на газе или чистом угле» [59]. Однако, просто заменив эти ТЭЦ, Казахстан упустит возможность в целом сократить атмосферные выбросы от электроэнергетического сектора в более ранние сроки, что было бы нежелательно, поскольку электроэнергия из возобновляемых источников в настоящее время может конкурировать по стоимости с существующими тарифами в Казахстане (раздел 4.2.3.5) [59].

Узбекистан планирует увеличить добычу угля на треть с 4,5 млн т в 2020 году до 6 млн т в 2023 году [111, 100]. Этот уголь предназначен для внутреннего потребления в установках отопления и производства электроэнергии, и, поскольку в этих областях применения он заменит природный газ, ожидается рост выбросов энергетического сектора [111]. Хотя закон о возобновляемых источниках предусматривает несколько налоговых льгот как для производителей, так и для потребителей возобновляемой электроэнергии, в силу этого закона производители несут расходы на модернизацию сети для поддержания мощности объекта, которые потенциально могут быть непомерно высокими для молодой отрасли возобновляемой энергетики в стране. Это приведет к задержке или отсутствию сокращения атмосферных выбросов в электроэнергетическом секторе [66].

Закон Кыргызстана о чистом воздухе 2020 года делает акцент на электромобилях и стремится стимулировать развитие этого сектора путем предоставления различных налоговых льгот (см. раздел 4.2.8) [78]. Перевод транспорта с ископаемого топлива на ресурсы энергосистемы Кыргызстана приведет к снижению выбросов в транспортном секторе, но атмосферные выбросы в электроэнергетическом секторе, напротив, возрастут несмотря на то, что лишь около 8 % электроэнергии в стране производится из ископаемых источников (таблица 1). Ожидается, что в результате принятия этих мер общие выбросы снизятся [95]. Однако данная ситуация меняется по мере того, как Кыргызстан активно разрабатывает угольные ресурсы и поощряет домашние хозяйства в ближайшей перспективе покрывать свои потребности в отоплении за счет угля вместо электричества [68]. Правительство планирует постепенно отказаться от субсидий в угольном секторе, не сокращая при этом потребление угля; скорее всего, оно надеется на участие независимых инвесторов, которые могут приватизировать данный сектор с целью увеличения добычи угля [68]. Это один из немногих примеров, когда государство Центральной Азии намеренно использовало косвенную политику для достижения своих целей. Национальная стратегия Кыргызстана до 2040 года включает план по переводу сельских потребителей с электрического отопления на газовое, что увеличит выбросы [86].

Высокие государственные субсидии на электроэнергию в трех странах, богатых ископаемыми ресурсами, не позволяют чистым технологиям возобновляемой энергии конкурировать с более загрязняющим электричеством из сети [94]. В 2017 году доля субсидий на электроэнергию в процентах от ВВП в Узбекистане составила 26 %, в Туркменистане — 23 %, а в Казахстане — 11 % [58]. Правительству Туркменистана одновременно приходится иметь дело с растущим долгом и растущим спросом на электроэнергию. Это означает, что в ближайшем будущем, возможно, придется сократить субсидии [86].

Согласно докладу Программы Центральноазиатского регионального экономического сотрудничества (ЦАРЭС) за 2018 год, еще одна причина, по которой правительства региона не разрабатывают меры политики и нормативные положения по отказу от электроэнергии, получаемой за счет ископаемого топлива, и стимулированию перехода на чистую энергию, заключается просто в непонимании новых технологий. ЦАРЭС пытается устранить эту проблему путем обучения своих членов [85].

#### **4.1.2 Электрификация транспорта**

Во всем мире наблюдается растущая тенденция к электрификации транспорта. Такая политика, часто обусловленная целями декарбонизации на фоне борьбы с изменением климата, направлена на снижение потребления транспортного топлива и увеличение потребления электроэнергии. Правительство может стремиться к тому, чтобы уменьшить суммарные совокупные выбросы от двух секторов — и этого действительно можно достичь. Однако такая политика также имеет косвенно привести к увеличению общих атмосферных выбросов от электроэнергетического сектора. Это особенно вредно для качества воздуха, если электроэнергия в основном производится из ископаемых источников, как в случае Казахстана, Туркменистана и Узбекистана.

Например, с 2016 по 2018 годы Узбекистан провел электрификацию 465-километрового участка железной дороги Мараканд-Термез, заменив тепловозы на электровозы. Обоснование проекта включало сокращение выбросов парниковых газов, что было бы возможно в транспортном секторе. Но производство электроэнергии в Узбекистане более чем на 90 % зависит от ископаемых ресурсов, поэтому выбросы парниковых газов и других атмосферных загрязнителей в электроэнергетическом секторе только увеличились бы [53].

Национальная стратегия Туркменистана в области изменения климата предусматривает электрификацию существующих железнодорожных сетей [86].

В Законе Кыргызстана о чистом воздухе 2020 года предусматриваются таможенные и налоговые льготы для импортеров электромобилей, включая нулевые ввозные пошлины, а также дополнительные льготы для местных производителей [78]. После принятия нового закона южнокорейский производитель взял на себя обязательство построить в стране к концу 2022 года завод по выпуску электромобилей мощностью до 300 000 единиц продукции в год [78]. Это должно снизить общие выбросы загрязнителей воздуха, как указано в разделе 4.1.1.

### **4.1.3 Ограниченность или недоступность более чистых энергетических ресурсов**

Если экологически чистые источники энергии (возобновляемые и ядерные) или более чистые виды ископаемого топлива (природный газ вместо угля) не будут доступны в достаточном количестве, чтобы удовлетворять спрос на электроэнергию, производителям придется перейти на другой вид топлива, если этот вариант для них возможен, а конечные пользователи неизбежно будут использовать другие, вероятно, более загрязняющие энергетические ресурсы — либо из сети, либо собственного производства. При этом в ситуации, когда люди просто продолжают использовать существующие загрязняющие источники, сокращение выбросов будет отложено; при определенных обстоятельствах, например, в условиях быстро развивающейся экономики, где коммунальные предприятия с трудом удовлетворяют растущий спрос, фактические выбросы увеличатся. Меры государственной политики в отношении того, какие энергетические ресурсы следует разрабатывать, могут повлиять на эти выбросы. Но для стран, которые в основном полагаются на гидроэнергетику, решающую роль будут играть погода и климат.

В зимние месяцы Бишкек в Кыргызстане обычно получает примерно половину электроэнергии от угольной ТЭЦ в городе и половину от ГЭС на Токтогульском водохранилище [8]. В октябре 2021 года из-за низкого уровня воды в водохранилище директор угольной электростанции объявил, что в зимний сезон 2021–2022 годов ТЭЦ должна будет вырабатывать 2,5 тераватт-часа электроэнергии — по сравнению с 1,2–1,5 тераватт-часа в обычный год [8].

Правительство Туркменистана с середины 1990-х годов использует свои богатые запасы природного газа для производства 100 % электроэнергии страны (таблица 1) [86]. Государство может сократить атмосферные выбросы за счет импорта более чистой электроэнергии от соседей (раздел 4.2.1) или разработки внутренних возобновляемых ресурсов. В 1990-х годах Туркменистан производил часть электроэнергии за счет гидроэнергетики, но выработка вначале упала с 700 ГВт·ч в 1990 году до 4 ГВт·ч в 1995 году, а затем прекратилась полностью, поэтому природный газ в настоящее время является единственным источником энергии. Учитывая быстрый экономический рост страны (ВВП 2018 года был в 12 раз выше, чем в 1991 году), политика правительства, направленная исключительно на производство ископаемой энергии, означает неизбежное сопутствующее увеличение выбросов [86].

Из-за высокого спроса на электроэнергию в суровую зиму 2020–2021 года в энергетической системе Узбекистана, которая в основном работает на газе, произошли многочисленные аварии как в тепловых, так и в распределительных сетях, в результате чего люди были вынуждены отапливать помещения углем и навозными лепешками, что должно было привести к увеличению общих выбросов [41]. Только за один день вышли из строя пять ТЭС. В стране поднялся нетипичный для нее широкий общественный протест. Пока кризис еще продолжался, министр энергетики пообещал отменить действующую монополию на природный газ и заменить ее рыночной системой [41].

### **4.1.4 Ценообразование и многоуровневые тарифы на электроэнергию**

Корректировки цен на электрическую энергию, такие как многоуровневые тарифы или дифференцированные тарифы, зависящие от времени суток, становятся все более

распространенным явлением. Предполагаемый эффект от их использования заключается в том, что потребители будут учитывать время действия тарифов, изменяя период потребления электроэнергии таким образом, чтобы это служило задачам коммунальных служб, таким как снижение общих расходов и повышение надежности энергосистем. Однако существует вероятность того, что такое ценообразование может изменить поведение отдельных потребителей в сторону использования более дешевых и загрязняющих неэлектрических источников энергии, таких как передвижные генераторы, дровяные или угольные печи, керосиновые обогреватели. Такие меры могут привести к увеличению степени загрязнения воздуха в результате использования ископаемых источников энергии [63].

Как указано в разделе 4.1.1, цены на электричество в Центральной Азии традиционно устанавливаются ниже уровня возмещения капитальных затрат [58, 94]. Связанное с этим отсутствие средств на техническое обслуживание энергосистем приводит к постепенному ухудшению инфраструктуры производства, передачи и распределения электроэнергии и сопутствующему увеличению выбросов в атмосферу. Энерготарифы Кыргызстана подвергались критике за то, что они настолько низкие, что препятствуют внедрению технологий, способных снизить общее потребление электричества (например, геотермальных тепловых насосов) [68]. В 2020 году в Кыргызстане была принята новая тарифная политика, в рамках которой тарифы повысились с целью более эффективной окупаемости затрат без увеличения нагрузки на малоимущих потребителей [68]. Введение цен, способных полностью окупить затраты, запланировано на 2022 год. К сожалению, из-за отсутствия в Кыргызстане достаточного объема «чистой» электроэнергии для удовлетворения спроса — особенно зимой в условиях высокой потребности в отоплении — правительство вынуждено поощрять потребителей переходить на использование газа и угля, что приводит к увеличению выбросов в атмосферу [68].

По данным Азиатского банка развития, повышение цен на электричество в Центральной Азии является непосредственной причиной перехода на использование более загрязняющих видов топлива, повышающих загрязнение воздуха: «Регионы с высокими ценами на уголь предпочитают более чистые источники отопления, в то время как в регионах с высокими ценами на электричество чаще используются твердые виды топлива» [93, стр. 12].

Продуманных тарифов и ценовых сигналов на электроэнергию не всегда достаточно, чтобы побудить конечных потребителей перейти на применение топлива с низким уровнем выбросов. В Кыргызстане 15 % домашних хозяйств, использующих электричество для приготовления пищи, не пользуются им для отопления, т.к. напряжение слишком низкое для работы отопительных приборов [48]. Даже для перехода с угля на газ с относительно низким уровнем выбросов потребуются значительные инвестиции в инфраструктуру для расширения сети трубопроводов и установки в домах газовых котлов и печей [48].

## 4.2 Меры политики и нормативные положения, которые могут привести к снижению выбросов загрязняющих веществ

### 4.2.1 Международная торговля электроэнергией

Международная торговля электроэнергией позволит странам повысить финансовую эффективность работы энергетических систем за счет импорта более дешевой электроэнергии в целях сокращения расхода топлива на собственных электростанциях. В зависимости от источника импортируемого электричества внедрение мер политики в сфере торговли электричеством может снизить суммарный объем выбросов в атмосферу и (или) снизить воздействие выбросов на местном уровне. Кроме того, международная торговля электроэнергией может привести к экономии за счет масштабов инвестиций, к расширению финансовых возможностей, росту конкуренции в энергетическом секторе и повышению его эффективности [29].

#### 4.2.1.1 Ключевые факторы и проблемы международной торговли электроэнергией в Центральной Азии

Для надежной международной торговли электроэнергией в Центральной Азии необходимо обновление инфраструктуры производства и передачи электроэнергии, обеспечение добычи достаточных ресурсов для удовлетворения нужд производства, институциональные изменения и обучение для развития навыков работы с механизмами рыночной торговли, изменение мер политики и нормативных положений, а также доверительные отношения.

Рост экономики и населения Центральной Азии за последние двадцать лет привели к повышению спроса на электроэнергию в данном регионе, однако развитие мощностей не поспевает за темпами роста [42]. Сегодня в регионе в целом не хватает энергогенерирующих мощностей.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), осуществляется попытка возродить вариант ОЭС ЦА [17]. При дальнейшем развитии ОЭС ЦА будет охватывать только четыре страны: Узбекистан, Казахстан, Таджикистан и Кыргызстан [68]. Туркменистан не выразил заинтересованности во вступлении в это партнерство, хотя рассматривает другие альтернативы. Страна уже полностью отделилась от ОЭС ЦА и синхронизирует свою энергосистему с системой Ирана. На данный момент международная торговля электроэнергией между четырьмя странами ведется в очень ограниченном объеме: Кыргызстан экспортирует электричество в Узбекистан, импортирует его из Таджикистана и ведет двустороннюю торговлю электроэнергией с Казахстаном [68].

Восстановление в регионе координированной международной торговли электроэнергией обеспечит широкий ряд потенциальных преимуществ. Рыночная система торговли электроэнергией будет выгодна всем участникам в отличие от существующих двусторонних соглашений, которые большей частью представляют собой долгосрочные договоры с фиксированной ценой и высокими операционными издержками [17].

Кроме того, существует перспектива сокращения выбросов в атмосферу, если участникам торговли удастся освоить уникальные гидроэнергетические ресурсы региона. По оценкам Международного энергетического агентства, ежегодный гидроэнергетический потенциал Таджикистана составляет около 527 ТВт·ч, но освоено только 23 ТВт·ч [17]. На это потребуется время, но разработка хотя бы половины имеющихся ресурсов позволит удовлетворить общие потребности в электроэнергии во всем регионе (таблица 1). Одной из целей Национальной стратегии развития Таджикистана на период до 2030 года является модернизация энергетической инфраструктуры и экспорт не менее 10 ТВт·ч гидроэлектроэнергии в год [17]. Ввиду отсутствия государственных финансовых ресурсов для строительства системы электропередачи реальные возможности Таджикистана по привлечению партнеров для международной торговли электроэнергией к 2030 году ограничиваются странами Центральной Азии, Афганистаном и Пакистаном [17]. По мере расширения использования гидроэнергетической мощности Таджикистана в Центральной Азии может существенно улучшиться качество воздуха в регионе [17].

С другой стороны, любые задержки в развитии гидроэнергетики приведут к увеличению уровня выбросов. Энергетическая незащищенность в ряде стран представляет собой острую проблему, которая преобладает над обеспокоенностью по поводу загрязнения атмосферы. Например, Кыргызстан главным образом полагается на внутреннюю гидроэнергетику, однако произвел капитальный ремонт угольной ТЭЦ в столице Бишкек, заверченный в 2017 году. По словам действующего на тот момент премьер-министра это требовалось для того, «чтобы Кыргызстан мог получить энергетическую независимость и избежать аварийных отключений» [31, 33].

Помимо модернизации инфраструктуры и увеличения добычи ресурсов, для ведения международной торговли электроэнергией требуется разработать согласованные кодексы, меры политики и нормативные положения, регулирующие энергетический сектор каждой страны [30]. Организация Центральноазиатского регионального экономического сотрудничества (ЦАРЭС)<sup>10</sup> проводит форум для обсуждения этих преобразований.

В отчете о реализации программы ЦАРЭС за октябрь 2021 года указано, что наиболее острой потребностью в свете стремления стран увеличить объемы международной торговли электроэнергией является модернизация координационно-диспетчерского центра «Энергия» (КДЦ «Энергия»), который регулирует перетоки электроэнергии между национальными электрическими сетями [73]. Первый этап модернизации КДЦ заключается в оснащении его системами SCADA [85, 18].

Политическая напряженность и экономическое давление, возникающие за пределами региона, также являются важным фактором, подталкивающим к обеспечению развития и безопасности энергетики в Центральной Азии. Россия сохраняет значительное влияние и деловую репутацию в регионе, однако не желает расширять свое присутствие путем финансирования электростанций и систем передачи, чем разительно отличается от Китая, который финансирует энергетическую инфраструктуру в Центральной Азии и за ее пределами в рамках инициативы «Один пояс, один путь» (ОПОП) [32]. В 2016 году из-за отказа России предоставить Кыргызстану обещанные средства для строительства

---

<sup>10</sup> <https://www.carecprogram.org/>

нескольких плотин и гидроэлектростанций в стране было расторгнуто соглашение с Россией и увеличилась ориентация на Китай в вопросе финансирования энергопроектов [32]. К 2019 году внешний долг Кыргызстана перед Китаем достиг 1,7 млрд долл. США, что составляло примерно 19 % его ВВП в указанном году [32, 64]. Большая часть средств, выделенных Китаем на энергетические проекты, была направлена на финансирование инфраструктуры угольной электрогенерации, а не на строительство ГЭС, которое планировала финансировать Россия. Следует отметить, что с того момента Кыргызстан не увеличил свой внешний долг перед Китаем.

#### *4.2.1.2 Текущие инициативы в области торговли энергоресурсами в Центральной Азии*

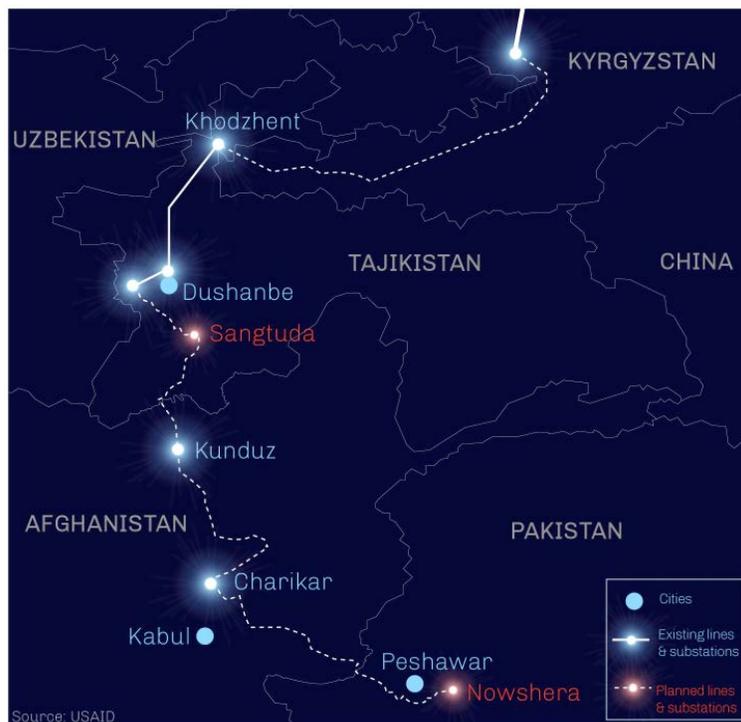
Помимо текущих переговоров о восстановлении ОЭС ЦА, некоторые страны Центральной Азии участвуют в трех других инициативных проектах международной торговли электроэнергией и в проекте объединения газопроводов. Все проекты планируется завершить к 2030 году [73]. Реализация проектов международной торговли электроэнергией зависит от иностранного финансирования, в то время как проект объединения газопроводов финансируется участниками самостоятельно [84].

Проект по передаче электроэнергии ТУТАП (сокр. от Туркменистан, Узбекистан, Таджикистан, Афганистан и Пакистан) успешно реализовывался и должен был обеспечить трем странам Центральной Азии возможности для торговли электричеством друг с другом, а также с Афганистаном и Пакистаном [73]. Однако после захвата талибами власти в Афганистане будущее этого проекта стало неопределенным. Переговоры с Пакистаном по объединению энергосетей продолжаются [73]. В 2009 году АБР профинансировал строительство первой общей ЛЭП на 220 кВ между Узбекистаном и Афганистаном [85]. Это позволило Афганистану заменить электроэнергию, вырабатываемую загрязняющими и дорогими дизельными генераторами, на более экологически чистую электроэнергию из Узбекистана, генерируемую в основном из природного газа, и тем самым снизить выбросы в атмосферу на территории Афганистана [85]. Возможно, Узбекистан не получает от этого очевидной пользы, но учитывая тот факт, что загрязнение воздуха не имеет территориальных границ, сокращение выбросов в странах, соседствующих с Центральной Азией, в некоторой степени способствует улучшению качества воздуха в регионе. Данный проект также является наглядным примером эффективной поддержки со стороны международной финансовой организации. Общая стоимость ЛЭП составила для АБР всего 95 млн долл. США, а польза для обеих стран во много раз превысила эту сумму. Только в 2016 году Узбекистан экспортировал в Афганистан 1500 ГВт·ч по цене 8,5 цента/кВт·ч. Это значительно меньше 35 центов за 1 кВт·ч, которые потребители платили в Афганистане за электричество, производимое дизельными генераторами. Афганистан сэкономил 119 млн долл. США, а доход Узбекистана составил 105 млн долл. США [85]. Отдельная объединенная энергосеть, построенная в 2011 году, позволила Таджикистану экспортировать в Афганистан 1360 ГВт·ч гидроэлектроэнергии в 2017 году, что привело к еще большему сокращению ежегодного объема выбросов [85]. Соглашения о купле-продаже электроэнергии в рамках проекта ТУТАП заключаются в двустороннем порядке на ежегодной основе [85].

Проект линии электропередачи Туркменистан — Афганистан — Пакистан (ТАП) создан с целью круглогодичного экспорта Туркменистаном электроэнергии в соседние страны на

юге [72]. Первая часть проекта заключается в подключении ТЭС в туркменском городе Мары к потребителям в афганском Герате посредством строительства ЛЭП на 220 кВ. После этого Афганистан планирует синхронизировать свою энергосистему с системой Туркменистана [69, 72]. Строительство туркменской части ЛЭП завершено в 2021 году, ее ввод в эксплуатацию намечен на конец года [69]. Плановое расширение предусматривает прокладку линии электропередачи на 500 кВ через Афганистан в Пакистан [72]. Однако Пакистан больше не заинтересован в проекте после появления в стране избыточных мощностей в начале 2020 года [73].

Третьим проектом международной торговли электроэнергией является создание региональной высоковольтной системы передачи электроэнергии Центральная Азия — Южная Азия (CASA-1000) (рисунок 5). Цель проекта заключается в упрощении передачи в летнее время избыточной электроэнергии из Таджикистана и Кыргызстана через территорию Афганистана в Пакистан. Проект стоимостью более 1,2 млрд долл. США финансируют шесть донорских организаций во главе со Всемирным банком. Реализация проекта началась в 2019 году, строительство ведется во всех четырех странах, и ожидается, что система будет полностью введена в эксплуатацию к 2023–2024 годам [73]. Как отмечается ниже, Агентство США по международному развитию вместе со странами, участвующими в восстановлении ОЭС ЦА, разрабатывает систему торговли, которая в конечном итоге будет выгодна и для сети CASA-1000.



**Рисунок 5. Планы по созданию энергосистемы CASA-1000, 2018 год [21]**

Правительство США посредством Агентства по международному развитию оказывает содействие странам Центральной Азии в развитии регионального рынка электроэнергии Центральной Азии (CAREM), который станет улучшенной рыночной версией старой

системы ОЭС ЦА. Агентство США по международному развитию вместе со странами-участницами работает над поэтапной реализацией задач проекта [75]:

1. формирование скоординированной и синхронизированной работы систем электропередачи;
2. увеличение объемов двусторонней торговли электроэнергией;
3. разработка многосторонней платформы для обмена электроэнергией;
4. расширение электроэнергетического рынка за пределы Центральной Азии, первоначально в Афганистан и Пакистан.

Основное внимание в рамках данного проекта направлено на повышение стабильности электроснабжения в целях стимулирования экономического роста, усиления энергетической безопасности каждого участника проекта (в том числе при аварийных ситуациях), создания благоприятной среды для применения возобновляемых источников энергии, а также для расширения совместного использования технологических услуг, например, услуг по регулированию частоты. Участники проекта CAREM развивают не только компоненты инфраструктуры, но и продвигают правила торговли электроэнергией на рынке — сначала для увеличения объемов двусторонней торговли, а затем торговли внутри всего региона, как упоминалось выше [76].

Поддержку в разработке инициатив международной торговли электроэнергией в данном регионе оказывает не только Агентство США по международному развитию. Пять стран Центральной Азии и шесть соседних стран участвуют в реализации программы ЦАРЭС. Цель программы заключается в повышении энергетической безопасности и надежности предоставления услуг в каждой стране-участнице за счет объединения систем электро- и газоснабжения на региональном уровне к 2030 году [74]. В рамках ЦАРЭС проект CASA-1000 является первым шагом на пути к созданию регионального рынка электроэнергии в Центральной Азии (CAREM)<sup>11</sup>, который в свою очередь станет центральным компонентом более крупного регионального электроэнергетического рынка Центральной и Южной Азии (CASAREM) [16].

Проект газопровода Туркменистан — Афганистан — Пакистан — Индия (ТАПИ) после его реализации планировалось использовать для транспортировки ежегодно 33 млрд кубометров природного газа из Туркменистана в три страны Южной Азии [84]. Хотя этот проект не связан с электроэнергетикой, доступ к обширным запасам туркменского газа мог побудить страны Южной Азии использовать газ для производства электроэнергии вместо поиска более чистых ресурсов. Однако недавно АБР приостановил финансирование проекта в связи с политической ситуацией в регионе.

#### **4.2.1.3 Новые региональные проблемы и перспективы на будущее**

Из-за периодической напряженности в отношениях между странами Центральной Азии они десятилетиями пытаются укрепить свои связи с Южной Азией. Однако приход талибов к власти в Афганистане поставил под сомнение реализацию запланированных

---

<sup>11</sup> Концепция ЦАРЭС в отношении CAREM охватывает не только те пять стран, с которыми сотрудничает Агентство США по международному развитию.

проектов международной торговли электроэнергией, объединяющих эти два региона, поскольку Афганистан является основной страной, через которую проходят все необходимые линии электропередачи [72].

Определяющим фактором создания государствами Центральной Азии этих проектов по передаче электроэнергии является экономический фактор, доказательства чему приведены ниже. Авторы доклада нашли лишь немногочисленные подтверждения того, что сокращение выбросов в атмосферу стало важным фактором, влияющим на принятие решений.

Туркменистан испытывает постоянные экономические проблемы и ищет пути использования своих значительных ресурсов природного газа, продавая газ напрямую или преобразуя его в электроэнергию и продавая ее соседним странам [84]. Концепция развития энергетической отрасли страны на 2013–2020 годы включает планы по увеличению экспорта электричества в Иран [86]. Если эта надежда не оправдается, Туркменистану, возможно, придется снова вернуться на электроэнергетические рынки Центральной Азии. В настоящее время страна продает часть электроэнергии Кыргызстану [87].

Когда талибы пришли к власти, правительство Узбекистана незамедлительно начало переговоры по возобновлению проекта строительства ЛЭП Сурхан — Пули-Хумри, реализация которого позволит Узбекистану на 70 % увеличить экспорт электроэнергии в Афганистан [39].

Согласно исследованию Всемирного банка, опубликованному в 2016 году, объединение энергетических ресурсов и расширение региональной торговли электроэнергией может принести выгоду всем странам Центральной Азии [14]. В 2016 году обмен электроэнергией между странами Центральной Азии составлял всего лишь около 10 % от показателя, достигнутого в начале 1990-х годов. В рамках исследования оценивались нереализованные экономические выгоды для четырех стран Центральной Азии от использования существующей энергосистемы за пять лет (Туркменистан отказался от участия), которые затем сравнивались с предполагаемыми выгодами, возможными в случае полноценной работы системы ОЭС ЦА в четырех странах. Согласно результатам доклада, экономия только на расходах на топливо могла составить около 1,5 млрд долл. США. С учетом стоимости реализации неудовлетворенного спроса на электроэнергию за оцениваемый период совокупная выгода для пяти стран достигает примерно 6,4 млрд долл. США. Кроме того, при условии совместной работы страны могли бы сэкономить в общей сложности 400 млн долл. США, или 80 млн долл. США ежегодно, благодаря отсутствию необходимости закупать резервы по рыночным ценам за пределами региона. По оценкам исследования, при самостоятельной работе каждой страны потребовалось бы 1900 МВт оперативных резервов системы. При совместном использовании гидроэнергетических ресурсов Кыргызстана и Таджикистана эта потребность может сократиться до 800 МВт. Как отмечается в докладе, это «не только создаст существенную экономию для всех, но и, по сути, приведет к тому, что вся региональная система вновь будет функционировать так, как это было изначально задумано» [14, стр. 20]. При участии Туркменистана в исследовании выгоды от расширения объемов региональной торговли электроэнергией только бы возросли [14].

Успешное осуществление международной торговли электроэнергией в целом может привести к сокращению в регионе выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, особенно в долгосрочной перспективе в условиях полного освоения гидроэнергетических ресурсов Кыргызстана и Таджикистана. В краткосрочной перспективе восстановление энергопотоков из Узбекистана в Кыргызстан в зимний период может привести к увеличению выбросов. Это зависит от того, заменит ли электроэнергия, производимая на основе природного газа Узбекистана, существующую энергию, вырабатываемую гидроэнергетическими или угольными установками Кыргызстана, или Кыргызстан просто будет расходовать больше электроэнергии. За исключением этой возможной проблемы, модернизация международных или внутренних систем передачи электроэнергии в Центральной Азии приведет к увеличению использования чистой энергии, позволив гидроэнергетике устранить ежедневный или сезонный энергетический дисбаланс в регионе и компенсировать или в определенной степени сократить загрязнение воздуха, обусловленного работой ТЭС.

#### **4.2.2 Мандаты на чистую электроэнергию**

Установка на законодательном уровне (или регламентирование) и реализация государственных целевых показателей по увеличению использования возобновляемых, атомных или других источников более чистой электроэнергии поможет сократить выбросы в атмосферу. К данной категории косвенных мер политики относятся некоторые целевые показатели по контролю климата, поскольку сокращение выбросов парниковых газов в электроэнергетическом секторе также способствует уменьшению атмосферного загрязнения.

При законодательном закреплении и применении штрафных санкций за несоблюдение мандат на использование чистой энергии является одной из наиболее эффективных мер внедрения энергосистем на основе возобновляемых источников энергии, которые могут сократить уровень загрязнения воздуха [46].

Правительство Казахстана в 2016 году установило целевые показатели по выработке и мощности возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ) (таблица 5). Страна достигла показателя 2020 года, достижение 3 % использования негидроэнергетических возобновляемых источников энергии в общем объеме производства электроэнергии в 2021 году. В настоящее время Казахстан реализует еще более амбициозную программу по производству чистой энергии, планируя увеличить выработку электроэнергии из возобновляемых источников до 10 % к 2030 году и до 50 % к 2050 году [59]. В январе 2021 года президент Казахстана Токаев сообщил о цели достичь углеродной нейтральности к 2060 году [43]. Кроме того, Токаев отметил, что к 2030 году в Казахстане наступит дефицит электроэнергии, поэтому для достижения углеродной нейтральности стране требуется внедрение атомной энергетики, чтобы удовлетворять потребности растущего населения и развивающейся экономики [43]. Казахстан является главным производителем урана в мире и обладает обширными его запасами, которые оцениваются более чем в 300 000 тонн [92].

**Таблица 5. Целевые показатели развития возобновляемых источников энергии в Казахстане на 2020 год (2016 год) [47]**

Область развития	Показатель
Доля негидроэнергетических возобновляемых источников энергии в общем объеме производства электроэнергии	3%
Общая установленная мощность систем возобновляемой электроэнергии	1 700 МВт
<i>Энергия ветра</i>	<i>933 МВт</i>
<i>Солнечная фотоэлектрическая установка</i>	<i>467 МВт</i>
<i>Гидроэлектроэнергия</i>	<i>290 МВт</i>
<i>Биогаз</i>	<i>10 МВт</i>

Узбекистан также определил целевые показатели по выработке и мощности возобновляемых источников электроэнергии. Краткосрочные показатели мощности, установленные в стране в 2017 году, приведены в таблице 6 [67]. Достижение этих показателей повысит долю использования возобновляемых источников энергии в структуре энергопотребления Узбекистана почти до 20 % к 2025 году. Помимо этого, Узбекистан планирует к 2030 году производить 25 % электроэнергии с использованием собственных возобновляемых источников, а также намерен увеличить энергетические мощности, добавив 5 ГВт солнечной энергии, 1,9 ГВт гидроэлектроэнергии и 3 ГВт энергии ветра [61]. Узбекистан также сообщил о планах внедрения атомной энергетики и в 2019 году принял закон об использовании атомной энергии. Закон определяет общие принципы использования атомной энергии, в том числе конкретные обязанности и права вовлеченных сторон, но не включает конкретные целевые показатели или порядок строительства ядерных установок [91].

**Таблица 6. Целевые показатели развития возобновляемых источников энергии в Узбекистане на 2025 год (2017 год) [67]**

Технология	Целевые показатели суммарной мощности (МВт)				
	2018	2019	2020	2021	2025
Новая гидроэнергия	601	158	383	602	1 240
Солнечная фотоэлектрическая установка	100	200	--	300	450
Наземные ветровые энергоустановки	--	--	--	102	302

В Туркменистане, согласно данным АБР, «нет специального законодательства по ВИЭ», хотя в рамках национальной стратегии по изменению климата (2012 год) производство электроэнергии возобновляемыми источниками рассматривается как часть долгосрочной стратегии по снижению выбросов [94, стр. 19].

### **4.2.3 Финансовые и прочие стимулы для производства электроэнергии с использованием экологически чистых источников**

Субсидии и другие меры поддержки, стимулирующие использование возобновляемых и прочих чистых источников энергии в электроэнергетическом секторе, помогут уменьшить степень загрязнения воздуха. Многочисленные примеры таких мер включают привилегированный доступ к линиям электропередачи и налоговые льготы для солнечных электростанций. Страны Центральной Азии, судя по приведенным ниже данным, в большей степени полагаются на налоговые льготы.

#### **4.2.3.1 Налоговые льготы и субсидии**

Общие налоговые меры, используемые во всем мире для стимулирования производства чистой электроэнергии, включают более низкую ставку налога на прибыль организаций и широкий спектр поощрительных льгот, в частности: снижение налога на инвестиции с учетом начальной стоимости энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии; налоговую льготу на производство электроэнергии, рассчитываемую на основе фактического объема производимой энергии; снижение налога на собственность для объектов, оборудованных технологиями использования ВИЭ или энергосберегающими технологиями; отмену налога с продаж или налога на добавленную стоимость (НДС) при использовании технологий чистой энергетики (может применяться соразмерно — от энергопроизводства коммунального масштаба до разовых покупок энергоэффективных приборов); сокращение импортных пошлин; ускоренную амортизацию основных средств при использовании ВИЭ [45].

В Узбекистане предприятия, использующие возобновляемые источники энергии номинальной мощностью 0,1 МВт и более, освобождаются от налога на собственность сроком на десять лет с момента ввода в эксплуатацию [65]. Домашние хозяйства, которые устанавливают энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии и затем отключаются от действующей электросети, освобождаются от налогов на имущество сроком на три года [65]. Кроме того, предприятия, которые занимаются строительством объектов возобновляемой электроэнергетики, освобождаются от всех налогов сроком на пять лет с даты государственной регистрации [66].

В Казахстане принятый в 2013 году закон о поддержке использования возобновляемых источников энергии предусматривает инвестиционные стимулы для поощрения строительства солнечных, ветряных биотопливных, геотермальных электростанций и малых гидроэлектростанций (до 35 МВт) [94]. Эти стимулы включают субсидии, покрывающие до 30 % затрат, связанных с приобретением земли, строительством и закупкой оборудования по проекту [94].

В Таджикистане освобождению от таможенных пошлин и НДС подлежит оборудование для гидроэлектростанций. Правительство также предоставляет налоговые льготы инвесторам, участвующим в проектах по использованию возобновляемых источников энергии, сроком от двух до пяти лет в зависимости от уровня инвестирования проекта [68].

Кыргызстан отменяет лицензионные требования для систем возобновляемой электроэнергии мощностью до 1 МВт [82].

Хотя налоговые льготы являются относительно простым и универсальным инструментом стимулирования развития технологий чистой энергетики, они выгодны только тем предприятиям, которые несут налоговое бремя или могут сотрудничать с другими организациями, облагаемыми налогами [45].

#### **4.2.3.2 «Зеленые» тарифы**

«Зеленый» тариф — это поощрение на основе результатов работы, которое обычно предусматривает фиксированную цену на киловатт-час поставляемой электроэнергии. В некоторых странах «зеленые» тарифы для возобновляемых источников энергии включают другие компоненты, такие как подключение к электросети, гарантия покупки электроэнергии и стандартизированные договоры на поставку электроэнергии. Благодаря гарантированным долгосрочным фиксированным ценам на электроэнергию из возобновляемых источников «зеленые» тарифы являются одним из наиболее эффективных инструментов поддержки, способствующим повышению доверия инвесторов и расширенному освоению возобновляемой энергии [45].

Узбекистан стал первой страной в Центральной Азии, где был введен «зеленый» тариф на энергию из возобновляемых источников в рамках закона о рациональном использовании энергии от 1997 года [94]. Однако введение «зеленых» тарифов обсуждалось отдельно для каждого проекта, чтобы обеспечить «достаточную рентабельность инвестированного капитала, будущих операционных затрат и прочих технических издержек на объекты возобновляемой электроэнергетики». Иными словами, «зеленый» тариф в Узбекистане применялся к конкретному объекту, а не являлся элементом национальной политики [94, стр. 19].

Закон Казахстана о возобновляемых источниках энергии от 2013 года устанавливает на период до 2028 года предпочтительный «зеленый» тариф на электроэнергию, генерируемую солнечными, ветряными, биотопливными, геотермальными электростанциями и малыми гидроэлектростанциями (до 35 МВт) [94]. Таджикистан рассматривает возможность введения аналогичного тарифа с гарантированным сроком до 15 лет на энергию, получаемую из тех же возобновляемых источников, как и в Казахстане, за исключением того, что к «малым» относятся гидроэлектростанции мощностью до 30 МВт [94].

В Кыргызстане в 2008 году был принят закон, устанавливающий «зеленый» тарифный коэффициент в размере 1,3 (по сравнению с фактической стоимостью) для независимых производителей всех видов электроэнергии из возобновляемых источников [68]. Однако правительство до сих пор не разработало нормы подключения и прочие вспомогательные законодательные акты, поэтому по состоянию на 2020 год в стране нет независимых производителей электроэнергии [68]. Согласно пояснениям АБР, «закон не действует в полной мере, поскольку несколько подзаконных актов, определяющих порядок расчета тарифа и прочие аспекты, все еще не утверждены» [94, стр. 16].

#### **4.2.3.3 Ускоренное подключение и получение разрешений для энергосистем на основе возобновляемых источников энергии**

Стандарты и нормы подключения к электросети часто не зависят от технологий и, следовательно, от уровня выбросов. Однако некоторые страны разработали меры

политики подключения, специально направленные на упрощение подключения возобновляемых энергетических систем к электросети. Некоторые из этих мер нацелены на крупные проекты коммунального масштаба, однако большинство предназначено для небольших систем, которые с меньшей вероятностью окажут негативное воздействие на электрораспределительную сеть. Аналогичным образом некоторые страны создали процедуры, упрощающие получение разрешений на использование энергосистем на основе возобновляемых источников энергии. Если они действуют, то такие меры политики являются еще одним способом сокращения выбросов в электроэнергетической отрасли.

Казахстан в настоящее время разрабатывает процедуру ускоренного подключения возобновляемых систем мощностью до 100 кВт, чтобы намеренно стимулировать домашние хозяйства и предприятия малого бизнеса самостоятельно производить электроэнергию [59].

В Узбекистане не требуются никакие разрешения для автономных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии. Кроме того, в стране разрабатываются стандартизированные правила подключения возобновляемых систем [66]. Это является частью принятого в 2019 году постановления Кабинета Министров № 610 «Об утверждении регламента подключения к единой электроэнергетической системе субъектов предпринимательства, производящих электрическую энергию, в том числе из возобновляемых источников энергии» [88].

Закон Кыргызстана о возобновляемых источниках энергии призван улучшить доступ независимых производителей электроэнергии к действующей электросети, однако по состоянию на 2020 год еще не принято вспомогательное законодательство, позволяющее внедрить необходимые изменения [68].

#### *4.2.3.4 Методы чистого измерения и формирования счетов*

Методы чистого измерения и формирования счетов позволяют конечным потребителям, подключенным к электросети, полностью или частично компенсировать счета за электричество посредством электроэнергии, вырабатываемой локальными системами распределенной генерации электроэнергии (РГЭ). Большинство стран требует, чтобы в подобных системах использовались возобновляемые ресурсы, поэтому такие методы способствуют сокращению выбросов. При чистом измерении стоимость зачитываемых единиц за электроэнергию обычно равна или почти равна розничному тарифу. В случае использования соглашения о выставлении счетов за электроэнергию, как правило, стоимость электроэнергии, возвращенной в сеть, обычно ниже розничного тарифа [45].

Авторам настоящего доклада не удалось найти примеры законодательных актов стран Центральной Азии, которые регламентируют чистое измерение и выставление счетов; поиск таких примеров другими исследователями также оказался безуспешным [108]. В Кыргызстане, например, развитие методов чистого измерения невозможно до тех пор, пока в стране не будет принято законодательство, разрешающее деятельность независимых производителей электроэнергии [68].

#### **4.2.3.5 Обратные аукционы**

Тендер, или обратный аукцион, — это процесс конкурсных торгов, используемый с целью заключения долгосрочного договора с фиксированной ценой на поставку электроэнергии независимым производителем (НПЭ). Разработанный правительством или коммунальной организацией эффективный процесс торгов снижает стоимость электроэнергии за счет стимулирования конкуренции между поставщиками. В рамках аукционов могут рассматриваться различные технические условия к проекту, в том числе генерирующая мощность, используемые технологии, требования по созданию рабочих мест и т.п. [45].

В 2018 году благодаря значительной технической поддержке со стороны Агентства США по международному развитию Казахстан приступил к проведению обратных аукционов, что позволило привлечь заявки (предложения) из более чем 30 стран для различных проектов по возобновляемой электроэнергетике и позволило в три раза сократить затраты на капитальное строительство солнечной электростанции по сравнению с показателем двухгодичной давности [59]. Несмотря на исключительно низкие субсидируемые тарифы на электричество в стране, которые составляют около 20 % от стоимости киловатт-часа в ЕС, Казахская электроэнергетическая ассоциация сообщила, что цены на генерируемое новой станцией электричество способны конкурировать с тарифами на энергию, получаемую на основе ископаемого топлива [59, 60]. К маю 2020 года в стране насчитывалось 90 электростанций на основе возобновляемых источников электроэнергии (гидро-, ветро-, био- и солнечные электростанции) и было принято решение замедлить процесс аукционных торгов, чтобы тем временем модернизировать стареющую электросеть, не справляющуюся с объемами производимой энергии [59].

В 2019 году в Узбекистане был принят закон, согласно которому все тарифы на электроэнергию из возобновляемых источников должны определяться на основе конкурсных торгов [66].

#### **4.2.4 Финансовые меры, направленные на уменьшение генерации энергии на основе сжигания топлива**

Налогообложение и другие меры наказания за продолжение использования ископаемых источников энергии в электроэнергетическом секторе способствуют уменьшению степени загрязнения воздуха.

Как указано в разделе 2, в некоторых странах не только устанавливается национальный стандарт качества окружающего воздуха, но также регламентируется работа конкретных точечных источников загрязнения, например выбросы в атмосферу от электростанций. Такой подход принят во всех странах Центральной Азии, причем все страны официально решили регулировать качество воздуха путем введения финансовых сборов за превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющих веществ на объектах. Этот подход был унаследован от Советского Союза [24, 96]. В статье 101 Экологического кодекса Республики Казахстан определены виды оплаты за все типы эмиссии в окружающую среду, которые в статье 160 данного кодекса названы «обязательными платежами в [государственный] бюджет за эмиссии в окружающую среду, включая превышающие установленные нормативы». Однако этот закон недавно был отменен (июнь 2021 года) [98]. Статья 11 закона Туркменистана «Об охране атмосферного воздуха» гласит: «Классификация загрязняющих веществ по классам

опасности осуществляется для определения размера платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух» [107]. Кыргызстан обновил штрафы за загрязнение окружающей среды в 2011 году [68]. К сожалению, без систем контроля и проверки невозможно узнать о превышении допустимых сбросов окружающих веществ.

Узбекистан поощряет переход на возобновляемые источники энергии, облагая налогом добычу ископаемого топлива в размере 30 % на природный газ (используется для производства более 80 % электроэнергии в стране), 20 % на нефть и 4 % на уголь. [65]

#### **4.2.5 Экономия энергоресурсов, предписания и усовершенствования в области энергоэффективности**

Предписания об использовании энергосберегающего оборудования *за пределами* энергетического сектора могут *опосредованно* привести к сокращению суммарного потребления электричества и, следовательно, к уменьшению количества загрязняющих воздух веществ. (В то же время, повышение эффективности производственного оборудования *в самом* энергетическом секторе, например использование двигателей с более высоким КПД в генераторных установках электростанций, позволяет сократить расход топлива, что в свою очередь *напрямую* ведет к уменьшению атмосферных загрязнений.) Далее приведены примеры предписаний, направленных на опосредованное уменьшение загрязняющих веществ.

В 2017 году в Узбекистане было принято масштабное постановление, законодательно закрепившее существующие положения об экономии и рациональном использовании энергоресурсов и определившее дополнительные меры [67]. В стране уже введена энергетическая маркировка бытового оборудования и осуществляется замена уличного освещения и ламп в зданиях на более энергосберегающие варианты. В Узбекистане также запрещена продажа ламп накаливания мощностью свыше 40 Вт [67]. В 2016–2017 годах в стране проводилась экспериментальная программа для оценки возможности сокращения энергоемкости в первичных отраслях промышленности. По ее итогам удалось сэкономить 1200 ГВт электроэнергии и сократить энергоемкость ВВП примерно на 11 % в годовом исчислении [67]. Правительство планирует расширить программу, включив в нее все предприятия, с целью поддержания сокращения энергоемкости ВВП на 8–10 % в год. Для более эффективного контроля энергопотребления в Узбекистане ведется установка современных приборов учета. Кроме того, в рамках постановления была санкционирована замена 2400 насосов и электродвигателей в государственной системе водоснабжения на энергосберегающие модели, за счет чего планируется сэкономить 807 ГВт электроэнергии ежегодно [67]. Учитывая высокую зависимость Узбекистана от ископаемого топлива, эти меры должны значительно сократить атмосферные выбросы электроэнергетического сектора страны.

Национальная стратегия устойчивого развития Кыргызстана на период 2018–2040 годов предписывает обязательное использование энергоэффективных технологий при строительстве всех новых объектов. Правительство также планирует реконструкцию старых зданий [68]. Ожидается, что потенциальная экономия электроэнергии в строительной отрасли составит не менее 15 % [68].

В статье 8 закона об энергосбережении и повышении энергоэффективности Казахстана предусматривается маркировка бытовых приборов по степени их энергоэффективности и «обязательное использование энергосберегающих материалов, установка приборов учета энергетических и водных ресурсов, автоматизированных систем регулирования теплопотребления» в «проектах строительства объектов, потребляющих энергетические и водные ресурсы» [97].

Определение возможностей уменьшения потерь в сетях системы передачи и распределения электроэнергии является одним из способов сокращения общих объемов выбросов за счет экономии электроэнергии. Национальная стратегия Кыргызстана на период до 2040 года предусматривает сокращение технических потерь в электросетях до 11 % к 2023 году [68]. В настоящее время потери в электросетях страны составляют около 20 %. Если их уменьшить, то улучшение энергоснабжения потребителей приведет к сокращению выбросов в электроэнергетическом секторе в расчете на единицу потребляемой энергии [86]. Высокие потери энергии также наблюдаются в энергораспределительных системах Таджикистана (17 %) и Туркменистана (12 %) [58].

#### **4.2.6 Комбинированная выработка тепла и электроэнергии и требования к централизованному теплоснабжению и охлаждению**

Применение систем централизованного тепло- и холодоснабжения (ДНС) на основе геотермальных тепловых насосов или теплоэлектростанций (ТЭЦ) позволит компенсировать атмосферные выбросы низкоэффективных систем централизованного тепло- и холодоснабжения зданий и районов. Меры политики и нормативные положения, касающиеся систем центрального отопления, в том числе тарифные меры, строительные нормы и правила, требования к теплосетям, опосредованно способствуют сокращению атмосферных выбросов, вырабатываемых ТЭЦ и системами централизованного тепло- и холодоснабжения зданий и районов [36]. Следует отметить, что во многих странах отсутствуют меры государственной политики в отношении центрального теплоснабжения, поскольку обычно оно регулируется на муниципальном уровне.

Ископаемое топливо по-прежнему остается основным ресурсом, используемым для отопления и охлаждения зданий, выделяя вредные твердые частицы и усугубляя загрязнение воздуха. В настоящее время только 10 %<sup>12</sup> мировой потребности в отоплении и охлаждении зданий и технологических производств обеспечивается за счет возобновляемой энергии, главным образом из-за отсутствия мер поддержки в этих областях [37]. Вместо того чтобы отдельно разрабатывать и устанавливать систему для отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха (ОВКВ) и систему производства электроэнергии, следует их объединить. Это значительно повысит эффективность, сократит энергопотребление и тем самым приведет к уменьшению количества загрязнителей воздуха.

Системы ДНС, несомненно, могут работать на основе возобновляемых ресурсов, тем не менее традиционно для них используется тепло от электростанций или технологических

---

<sup>12</sup> Подробнее см. [37]: 10,4 % потребности в энергии на отопление и охлаждение удовлетворяют современные возобновляемые источники энергии (т.е. исключая традиционные биотопливные, невозобновляемые энергоисточники и источники на основе ископаемого топлива).

производств, работающих на угле или природном газе. В большинстве случаев перевод таких систем на возобновляемые источники энергии осуществлялся в результате изменения мер политики, причем в основном в Европе. Однако для некоторых систем ДНС используется биогаз, производимый установками по очистке сточных вод, а для других — геотермальная энергия, получаемая из гидротермальных ресурсов или генерируемая геотермальными тепловыми насосами [36].

В 2019 году в Узбекистане принято национальное законодательство, призванное посредством налоговых льгот и других поощрительных мер стимулировать производство тепла, электроэнергии и биогаза из возобновляемых ресурсов [66].

В Кыргызстане в четырех городах работают системы централизованного теплоснабжения, где в качестве первичного источника тепла используются электрические котлы [68]. Однако система ДНС Бишкека (Кыргызстан), работающая на угле, является основным источником загрязнения воздуха в городе в зимние месяцы [3]. В январе 2021 года местные власти в целях улучшения качества воздуха потребовали перевести главную теплоэлектростанцию с угля на природный газ [7].

## 4.3 Другие актуальные проблемы

### 4.3.1 Несогласованные меры политики в области чистой энергии или их отсутствие

Одной из существенных проблем, с которыми пришлось столкнуться при подготовке настоящего доклада, стала несогласованность мер политики. Существуют официальные и неофициальные меры политики. Некоторые меры политики и руководящие решения принимаются министрами правительства ситуативно, часто без привлечения заинтересованных сторон или профильных специалистов, а иногда без учета существующих стандартов или предыдущих руководств. Следствием этого является разрозненный набор непроработанных официальных мер политики и нормативных положений в некоторых странах, а также потенциально противоречивые неофициальные меры политики и разовые решения чиновников. Доказательства тому приведены ниже.

В аналитическом докладе факультета международных гуманитарных исследований Университета Васэда (Япония) за 2020 году указано, что в Казахстане «существует значительный разрыв между официальными целями и усилиями по их достижению» [58, стр. 11]. В Таджикистане, согласно данным ОЭСР, правительство утверждает проекты, не проверяя их на соответствие общим целям развития, а нормативно-правовое регулирование страдает от расхождений «между всеми документами (генплан, программа, стратегия) в части определения сроков и целевых показателей» [58, стр. 12]. В документации по политике развития Туркменистана отсутствуют количественные целевые показатели, а правительство Узбекистана не устанавливает никаких обязательных долгосрочных целевых показателей [58]. Проблемы усугубляются отсутствием институционального потенциала для их решения и недостатком полномочий для реализации изменений там, где институты существуют.

В докладе ОЭСР о ситуации в Туркменистане за 2019 год перечислено несколько мер политики, которые отражают концепцию будущего страны, например, необходимость

снижения зависимости от природного газа, однако отмечается, что в этих мерах политики не назначены государственные организации, ответственные за реализацию, и не определены действия, необходимые для их выполнения [86]. Отсутствует процесс вовлечения заинтересованных сторон, а у населения ограничены возможности получения информации о мерах политики и нормативных положениях, из-за чего у авторов доклада также возникли трудности с их определением [86]. Однако ситуация начинает меняться. В декабре 2020 года в Туркменистане был принят закон об экологической информации, который дает гражданам право запрашивать данные о загрязнении окружающей среды у государственных или частных контролирующих организаций [54].

Несогласованность или плохая проработка мер политики и нормативных положений может стать препятствием для их реализации, независимо от того, является ли целью увеличение использования ископаемых или экологически чистых энергоресурсов. Однако учитывая то, что три страны в Центральной Азии в настоящее время в основном рассчитывают на использование ископаемого топлива, вероятнее всего, это приведет к снижению в регионе темпов развития технологий с низким уровнем выбросов, что замедлит процесс сокращения выбросов.

#### **4.3.2 Добыча криптовалюты**

Криптовалюты — это цифровые деньги, которые существуют в виде децентрализованных данных в сети интернет, а не в виде бумажных банкнот или сумм в балансовых ведомостях финансового учреждения. Данные надежно зашифрованы с помощью криптографии, поэтому и используется термин «криптовалюта». Для производства большого количества любой криптовалюты требуется электроэнергия. В традиционных криптовалютах, из которых наиболее известной является биткоин, используется так называемый принцип «подтверждения решения задач» для добычи (майнинга) большего количества валюты. Этот процесс требует значительного потребления электроэнергии, которое сопровождается атмосферными выбросами [79, 80]. Углеродный след биткоина больше, чем у всей Новой Зеландии [80], и, судя по Кембриджскому индексу потребления электроэнергии биткоином, для добычи этой валюты ежегодно затрачивается электричества больше, чем потребляют Нидерланды [80].

На сегодня Казахстан занимает второе место в мире по добыче криптовалют после США [40]. Отменив предыдущие запреты, в 2020 году правительство приняло закон, направленный на привлечение криптодобытчиков, отчасти надеясь приумножить доходы за счет налогов и продажи электроэнергии по более высоким тарифам, вступающим в силу в 2022 году [40]. Китай занимал первое место по количеству криптодобытчиков до лета 2021 года, когда полностью запретил криптовалюты. Благоприятная политическая среда и низкие тарифы на электроэнергию в Казахстане способствовали переезду криптодобытчиков в эту страну [40]. По словам министра энергетики Казахстана Магзума Мирзагалиева, с сентября 2020 года по сентябрь 2021 года национальное потребление электрической энергии резко выросло на 5 % исключительно из-за добычи криптовалюты, и страна с трудом справилась с этим [40]. Количество атмосферных выбросов в электроэнергетическом секторе также должно было увеличиться, учитывая, что производство электроэнергии Казахстана главным образом зависит от ископаемого топлива. 30 сентября 2021 года Мирзагалиев предложил ограничить мощность каждой серверной «фермы» до 1 МВт и установить максимум в 100 МВт для всего сектора

добычи криптовалют [40]. В октябре 2021 года, вскоре после предложения министра энергетики ограничить электроснабжение криптодобытчиков, коммунальная служба по управлению национальными электросетями начала нормировать их энергопотребление [40]. Это еще один пример того, как в Центральной Азии официальная политика просто игнорируется или заменяется неофициальной политикой, установленной человеком, наделенным властью.

### **4.3.3 Водно-энергетическая взаимосвязь**

Гидроэлектростанции работают исключительно на воде, для ТЭС (в т.ч. атомных) необходима вода, чтобы производить пар для работы турбин и для охлаждения. Доказано, что у нетепловых (не нуждающиеся в охлаждении) и негидроэнергетических источников генерации электроэнергии, таких как ветряные или солнечные фотоэлектрические станции, потребности в воде минимальные [101]. Для добычи ископаемых ресурсов, особенно природного газа методом гидроразрыва пласта, требуются значительные объемы воды. Вода также потребляется людьми и животными и необходима для ирригации. Эта взаимосвязь в спросе на энергию и воду служит причиной неэффективности систем и возникновения политической напряженности внутри стран и между ними.

В Центральной Азии три богатых полезными ископаемыми страны также чрезвычайно зависят от водных ресурсов, находящихся за пределами их границ. Так, зависимость Туркменистана от трансграничных вод составляет 94 % (частично это обусловлено тем, что экономика страны почти полностью основана на производстве хлопка) [13], Узбекистан зависит от них на 77 %, а Казахстан на 42 % [58]. Большая часть воды поступает из Таджикистана и Кыргызстана, которые не могут удовлетворить спрос своих соседей, поскольку испытывают трудности в обеспечении собственных потребностей [58]. Токтогульское водохранилище Кыргызстана было создано в советское время для обеспечения расположенных ниже по течению стран ирригационной водой в летний период, но в условиях относительной изоляции от соседей приоритетом для страны стала выработка электроэнергии для собственного населения [68]. За счет этого также уменьшилось количество чистой гидроэлектроэнергии, которой страна могла поделиться с соседями. Согласно данным АБР, «взаимосвязь воды и энергии делает национальную энергетическую политику восприимчивой к иногда трудно достижимому региональному консенсусу» [94, вступительная часть].

## 5. Основные выводы и направления дальнейшей работы

В настоящем докладе описаны стандарты и инструменты политики, используемые для уменьшения загрязнения воздуха при сжигании ископаемого топлива в электроэнергетическом секторе, а также приведены примеры стран Центральной Азии, пользующихся этими инструментами, если такие примеры можно найти. Авторы не смогли проанализировать эффективность мер политики или исследовать другие важные сопутствующие проблемы, такие как загрязнение воздуха из-за транспортного сектора и воздействие на климат атмосферных выбросов энергетического сектора, поскольку это не входило в задачи первоначального исследовательского проекта.

В докладе приведены описания 1) мер политики, направленных на *прямое* регулирование качества воздуха путем сокращения выбросов от конкретных источников энергии (например, за счет сокращения часов работы), и 2) примеры *косвенных* мер политики, которые создают положительные и отрицательные стимулы для деятельности, связанной с загрязнением окружающей среды, в том числе меры политики, поощряющие переход на более экологически чистое топливо.

Как и Южная Азия, о которой шла речь в предыдущей подобной публикации настоящего доклада<sup>13</sup>, Центральная Азия, безусловно, представляет собой неоднородный регион. Доступные энергетические ресурсы, состояние и протяженность национальных электросетей, а также сезонные возможности производства электроэнергии сильно различаются. Эти факторы следует учитывать при разработке мер политики по борьбе с загрязнением воздуха. Решения, эффективные для одной страны, необязательно подойдут другой. В данном разделе представлены некоторые основные наблюдения, отмеченные авторами во время исследования. Подробнее о рассмотренных инструментах политики см. разделы 3 и 4.

### 5.1 Экономическое развитие и контроль загрязнения

Как отмечалось во введении, многие страны с развивающейся экономикой в меньшей степени обеспокоены уменьшением уровня загрязнения воздуха, но в большей степени заняты производством электроэнергии, поскольку она жизненно необходима для населения и для экономического роста. Безусловно, это касается и Центральной Азии. Авторы практически не обнаружили свидетельств того, что страны данного региона систематически занимаются вопросом сокращения атмосферных выбросов на *государственном* уровне, хотя они стараются решать насущные *местные* проблемы, касающиеся качества воздуха, особенно в городской среде.

Контроль загрязняющих атмосферу выбросов необязательно должен вредить развитию или состоянию экономики. Однако в зависимости от используемых стратегий стимулирование экономического развития и сокращение атмосферных выбросов электроэнергетического сектора могут идти вразрез друг с другом. Как и многие страны с развивающейся экономикой, Кыргызстан, как представляется, принял подход

---

<sup>13</sup> <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/80156.pdf>

использования всех возможных ресурсов для удовлетворения растущей потребности в электроэнергии. Текущая политика страны в области энергетики направлена на повышение энергетической безопасности (самодостаточности) и стабильности энергоснабжения [68]. Кыргызстан стремится достичь этого, осваивая природные ресурсы (главным образом уголь и гидроэнергия) и модернизируя электросеть с целью минимизации потерь. Кроме того, страна продвигает идею энергоэффективности [68].

Интересно отметить, что хотя Узбекистан планирует увеличить выработку электроэнергии на основе угля, он вместе с тем принял законы, способствующие развитию производства электроэнергии с использованием возобновляемых и ядерных источников энергии (подробнее см. в разделах 4.1.1 и 4.2.2). В частности, в октябре 2019 года постановлением президента была утверждена государственная стратегия по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019–2030 годов [110]. Стратегия содержит широкий набор намеченных мероприятий по снижению вредных атмосферных выбросов, в том числе меры по повышению энергоэффективности предприятий малого бизнеса, активное внедрение возобновляемой энергии, снижение углеродоемкости ВВП, сокращение потребления воды в сельском хозяйстве, что повышает доступность воды для выработки гидроэлектроэнергии. Кроме того, постановление возлагает ответственность за реализацию данной стратегии на Министерство экономики и промышленности, что является важным шагом для продвижения любого законодательства.

Страны Центральной Азии заметно различаются по своей готовности изменить внутреннее производство электроэнергии в целях улучшения качества воздуха посредством инструментов политики. Например, в Туркменистане введены национальные стандарты качества атмосферного воздуха, но при этом отсутствует законодательство в области использования чистой энергии, которое позволило бы обеспечить соблюдение этих стандартов [94].

## 5.2 Последствия противоречий в правовой среде

Правовая среда в странах Центральной Азии является ненадежной в целом, а не только в отношении производства электроэнергии, что представляет собой препятствие для обеспечения надлежащего энергоснабжения и улучшения качества воздуха в регионе.

Согласно данным Азиатского банка развития, в Кыргызстане «политическая нестабильность, высокий уровень коррупции и плохое соблюдение законов подрывают доверие населения к институтам управления» [90, стр. 15]. Коррупция не ограничивается правительством. Исследование, опубликованное в ноябре 2021 года НПО «Evidence SA», показало, что каждый третий предприниматель в столице Кыргызстана Бишкеке был вынужден давать взятки, чтобы его предприятие подключили к электроснабжению [103].

По данным Министерства торговли США, в Казахстане «плохое управление и непрозрачная операционная среда», что «вероятно замедлит инвестиции в секторе возобновляемых источников энергии», и «немногие инвесторы готовы выйти на рынок, осознавая, что взятки и коррупция будут основным риском для реализации проекта. В связи с этим сложно оценить [степень] соблюдения норм регулирования, законодательства и концессий в энергетическом секторе» [105, см. Market Obstacles («Препятствия на рынке»)].

В большинстве случаев ожидается, что потенциальные виновники загрязнения будут сами следить за собой. Статья 17 закона Туркменистана «Об охране атмосферного воздуха» гласит: «Юридические и физические лица, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух и вредным физическим воздействием на атмосферный воздух, обязаны... обеспечивать эффективную работу сооружений и оборудования для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и вредного физического воздействия на атмосферный воздух и осуществлять контроль за ними [и]... осуществлять учет количества и состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» [107]. Самоконтроль неэффективен в вопросе ограничения загрязнения воздуха. Авторы настоящего доклада практически не обнаружили свидетельств независимого мониторинга атмосферных выбросов в Центральной Азии за пределами плотной городской среды.

### **5.3 Преимущества международной торговли электроэнергией**

В отличие от Южной Азии, страны Центральной Азии изначально были связаны функционирующей межгосударственной системой передачи электроэнергии, которая позволяла эффективно сбалансировать подачу и потребление энергии в рамках пяти стран. Система не учитывала конъюнктуру рынка и не обеспечивала энергетическую безопасность на национальном уровне, из-за того, что ни одна из стран не могла работать полностью независимо от остальных, — оба этих фактора привели к отказу от этой системы. Однако в последнее время все страны Центральной Азии проявили заинтересованность в возрождении ОЭС ЦА в том или ином виде.

В то время как некоторые страны самостоятельно успешно решают проблему сокращения выбросов, другие (включая те страны, в которых на энергетическую безопасность влияет несоответствие сезонного спроса и доступность ресурсов) могли бы выиграть от расширения международной торговли электроэнергией (см. раздел 4.2.1). Доступность богатых гидроэнергетических ресурсов Центральной Азии может способствовать снижению степени загрязнения в регионе. Одним из способов уменьшить загрязнение воздуха в электроэнергетическом секторе Центральной Азии является создание улучшенной версии ОЭС ЦА — региональной системы торговли электроэнергией, которая обслуживала данный регион в советское время. Перспективы такого решения улучшаются: «В силу своего географического расположения Узбекистан играет ключевую роль в области энергетического сотрудничества в Центральной Азии: более открытая и ориентированная на регион политика Узбекистана с 2017 года улучшает перспективы такого сотрудничества» [94, стр. 6].

К другим инициативам в сфере международной торговли электроэнергией относится инициатива по объединению энергосистем Центральной и Южной Азии путем реализации проектов CASA-1000, ТАП и ТУТАП. Благодаря отличному управлению и финансированию проект CASA-1000 (см. раздел 4.2.1.2) может стать важным звеном более крупной энергосистемы, объединяющей регион. Эта возможность активно изучается в ходе обсуждений с организацией ЦАРЭС. Вместе с тем это сложная задача, поскольку для того, чтобы международная торговля электроэнергией стала возможной, также требуется соответствующее вспомогательное законодательство. Национальный законодательный орган каждой страны должен разработать и внедрить общий набор

технических и рыночных норм, стандартов и правил, которые смогут поддерживать крупномасштабную международную торговлю электроэнергией.

Агентство США по международному развитию определило преимущества [77, стр. 4], которые будут обеспечены, в случае если пяти странам удастся воссоздать ОЭС ЦА в виде Центральноазиатского регионального рынка электроэнергии (CAREM):

- Сокращение затрат на электроснабжение и повышение безопасности и качества обслуживания за счет следующих возможностей:
  - оптимальное использование различных первичных энергоресурсов: вода в Таджикистане и Кыргызстане и обширные запасы углеводородов Казахстана, Узбекистана и Туркменистана;
  - взаимодополняемость и разнообразие предельных издержек (т.е. большая прибыль от торговли);
  - наличие ресурсов для предоставления технологических услуг (свободные гидроресурсы в Таджикистане и Кыргызстане) и обеспечения балансовой надежности системы (обмен резервами);
  - эффективные правила взаимной поддержки во время аварий в энергосистеме;
  - возможная материальная выгода от международной торговли электроэнергией в размере от 150 до 1200 млн долл. США ежегодно.
- Работа CAREM обеспечит оптимальное производство электроэнергии с использованием возобновляемых источников, а экономичное распределение нагрузки — сокращение выбросов.

## 5.4 Возможные направления дальнейшей работы

Во многих странах Центральной Азии существуют значительные пробелы в политике по борьбе с загрязнением воздуха, и оказание технической поддержки в разработке прямых и косвенных мер политики может помочь улучшить качество воздуха в регионе. Несмотря на то что в косвенных мерах политики редко видят возможность повлиять на улучшение качества воздуха, такие меры политики предлагают разнообразные и гибкие инструменты (примеры см. в разделе 4), которые позволяют добиваться целенаправленных результатов. Характер этих инструментов также будет способствовать ускоренному внедрению косвенных мер политики, если удастся продемонстрировать их потенциальную эффективность в каждой стране. Было бы полезно определить экономичные технологические решения, которые позволят снизить уровень загрязнения воздуха в краткосрочной перспективе. Следующим закономерным шагом было бы предложить практические системы измерения и проверки, которые помогут институтам управления обеспечить соблюдение мер политики, указанных в настоящем докладе. Дальнейшие исследования позволят количественно оценить улучшение качества воздуха и связанные с этим преимущества для здоровья, ожидаемые от реализации конкретных мер политики, а также связанные с этим предполагаемые затраты каждой страны. В рамках других исследований можно было бы дать количественную оценку улучшения качества воздуха, достигнутого за счет интеграции в национальные электросети дополнительных экологически чистых возобновляемых источников энергии.

## 6. Справочные материалы

- [1] Cooper, C. D.; Alley, F. C. *Air Pollution Control: A Design Approach*, Fourth.; Waveland Press: Long Grove, IL, 2010; <https://www.waveland.com/browse.php?t=380> (дата обращения: 29.11.2020).
- [2] U.S. EPA. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors> (дата обращения: 17.11.2020).
- [3] Record-breaking air pollution chokes Bishkek and Almaty. The Third Pole. 2021. <https://www.thethirdpole.net/en/pollution/record-breaking-air-pollution-chokes-bishkek-and-almaty/> (дата обращения: 23.10.2021).
- [4] Health and Pollution Action Plan. Kyrgyz Republic. UNIDO. 2019. <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-10/Kyrgyzstan%20HPAP.English.pdf> (дата обращения: 23.10.2021).
- [5] В декабре каждый бишкекчанин «выкурил» 200 сигарет из-за смога. Информационное агентство «24.kg». 2021. <https://24.kg/english/180724/> (дата обращения: 19.10.2021).
- [6] Загрязнение воздуха в Бишкеке от ТЭЦ составляет 14 процентов. Информационное агентство «24.kg». 2021. <https://24.kg/english/209368/> (дата обращения: 23.10.2021).
- [7] Балбак Тулобаев: ТЭЦ Бишкека нужно срочно переводить на газ. Информационное агентство «24.kg». 2021. <https://24.kg/english/178813/> (дата обращения: 23.10.2021).
- [8] Отопительный сезон: ТЭЦ Бишкека выработает 2,5 миллиарда кВт/ч электроэнергии. Информационное агентство «24.kg». 2021. <https://24.kg/english/209359/> (дата обращения: 23.10.2021).
- [9] На ТЭЦ Бишкека проводят экспериментальное сжигание новых марок угля. Информационное агентство «24.kg». 2020. <https://24.kg/english/155257/> (дата обращения: 23.10.2021).
- [10] U.S. EPA. *Nitrogen Oxides (NOx), Why and How They Are Controlled*; EPA 456/F-99-006R; Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency: Research Triangle Park, NC, 1999; p 57; <https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/fnoxdoc.pdf>.
- [11] Ambient (outdoor) air pollution. WHO. 2021. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 19.10.2021).
- [12] New WHO Global Air Quality Guidelines aim to save millions of lives from air pollution. WHO. 2021. <https://www.who.int/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution> (дата обращения: 19.10.2021).
- [13] Uzbekistan withdraws from Central Asian power grid. BBC. 2009. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/8388406.stm> (дата обращения: 23.10.2021).

- [14] Enhancing Regional Power Trade in Central Asia. World Bank. 2016. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/26047/ACS21198-WP-P147021-PUBLIC-EnhancingRegionalPowerTradeinCentralAsiaReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 3.10.2021).
- [15] The Central Asian Power System. Tetra Tech. 2014. <https://test0302.carecprogram.org/uploads/2014-Energy-Trade-Pres-Session3-1.pdf> (дата обращения: 3.10.2021).
- [16] Energy for Sustainable Development in Asia and the Pacific: Challenges and Opportunities. UNESCAP <https://slideplayer.com/slide/6172801/> (дата обращения: 10.9.2021).
- [17] Cross-Border Electricity Trading for Tajikistan: A Roadmap. IEA 2021, <https://www.iea.org/reports/cross-border-electricity-trading-for-tajikistan-a-roadmap> (дата обращения: 28.10.2021).
- [18] CAPS: New Opportunities and Technical Capacity of CDC Energia. Need for Improvement. Vladimir Tsyssin. USAID. 2017. [https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Events/Energy\\_Links\\_USA\\_ID\\_-\\_Vladimir\\_Tsyssin.pdf](https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Events/Energy_Links_USA_ID_-_Vladimir_Tsyssin.pdf) (дата обращения: 16.10.2021).
- [19] Air Pollution Control: Report on an Inter-Regional Seminar convened by the World Health Organization in collaboration with the Government of the USSR. WHO. 1967. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/279983/EP-68.2-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 23.10.2021).
- [20] Ranking the World's Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>) Hotspots: 2019-2020. Dahiya, S., Anhäuser, A., Farrow, A., Thieriot, H., Kumar, A., & Myllyvirta, L. Global SO<sub>2</sub> emission hotspot database. Delhi: Center for Research on Energy and Clean Air & Greenpeace India. October 2020. <https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2020/10/SO2report-1.pdf> (дата обращения: 17.10.2021).
- [21] Energy project links Central to South Asia with more than electricity. Bureau of Global Public Affairs, U.S. Department of State. 2018. <https://share.america.gov/energy-project-links-central-to-south-asia/> (дата обращения: 25.7.2022).
- [22] NAAQS Table. EPA. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table> (дата обращения: 23.10.2021).
- [23] Country Energy Data [выбрать Афганистан; отдельный URL отсутствует] <https://sari-energy.org/program-activities/cross-border-electricity-trade/country-energy-data/> (дата обращения: 20.12.2020).
- [24] One in three countries in the world lack any legally mandated standards for outdoor air quality. UNEP. 2021. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/one-three-countries-world-lack-any-legally-mandated-standards/> (дата обращения: 19.10.2021)
- [25] Regulating Air Quality: The First Global Assessment of Air Pollution Legislation. UNEP. 2021. <https://www.unep.org/resources/report/first-global-assessment-air-pollution-legislation> (дата обращения: 19.10.2021).

- [26] "Comparative Study on Ambient Air Quality Standards of Countries along the Belt and Road," *Strategic Study of Chinese Academy of Engineering*. China Engineering Science Press. 2019. 李林子, 傅泽强, 贺克斌, 谭玉菲, 封强, 吴佳.“一带一路”沿线国家环境空气质量标准比较研究[J].中国工程科学,2019,21(4):82-91.  
<http://www.engineering.org.cn/en/10.15302/J-SSCAE-2019.04.014> (accessed Oct 21, 2021).
- [27] Kutlar Joss, M., Eeftens, M., Gintowt, E. et al. Time to harmonize national ambient air quality standards. *Int J Public Health* 62, 453–462 (2017).  
<https://doi.org/10.1007/s00038-017-0952-y> (дата обращения: 22.10.2021).
- [28] S. N. Behera, M. Sharma, V. P. Aneja, and R. Balasubramanian, "Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies," *Environ Sci Pollut Res*, vol. 20, no. 11, pp. 8092–8131, Nov. 2013, doi: 10.1007/s11356-013-2051-9.
- [29] BIMSTEC and SARI/EI jointly organize “Workshop on Enhancing Energy Cooperation in the BIMSTEC Region on 25-26 February.” 2020. <https://sari-energy.org/event/bimstec-and-sari-ei-to-jointly-organise-workshop-on-enhancing-energy-cooperation-in-the-bimstec-region-on-25-26-february/> (дата обращения: 20.12.2020).
- [30] Policy Regulatory Framework For CBET. <https://sari-energy.org/program-activities/policy-regulatory-framework/> (дата обращения: 20.12.2020).
- [31] Суд по модернизации ТЭЦ. Акт приемки объекта одобрили при Сооронбае Жээнбекове. Информационное агентство «24.kg». 2019. <https://24.kg/english/136721/> (дата обращения: 23.10.2021).
- [32] A Power Plant Fiasco Highlights China’s Growing Clout in Central Asia. The New York Times. 2019. <https://www.nytimes.com/2019/07/06/world/asia/china-russia-central-asia.html> (дата обращения: 23.10.2021).
- [33] Kyrgyzstan: Power, Prime Ministers, and Power Plants. The Diplomat. 2018. <https://thediplomat.com/2018/04/kyrgyzstan-power-prime-ministers-and-power-plants/> (дата обращения: 25.10.2021).
- [34] Об утверждении Гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 168.  
<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011036> (дата обращения: 19.10.2021).
- [35] IEA for EU4Energy Policy Forum on energy subsidies taking place in Kyrgyzstan. IEA. 2018. <https://www.iea.org/news/iea-for-eu4energy-policy-forum-on-energy-subsidies-taking-place-in-kyrgyzstan> (дата обращения: 25.9.2021).
- [36] Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling (2020). IRENA, IEA and REN21. 2020. <https://www.ren21.net/heating-and-cooling-2020/> (дата обращения: 29.12.2020).
- [37] Widespread benefits at hand with renewables in heating and cooling, but needed policies are missing in action. REN21. 2020. <https://www.ren21.net/heating-and-cooling/> (дата обращения: 29.12.2020).

- [38] U.S. EPA, “Estimating Ammonia Emissions from anthropogenic nonagricultural sources,” p. 87, 2004, [интернет-ресурс]. Размещено по адресу: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/eiip\\_areasourcesnh3.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/eiip_areasourcesnh3.pdf) (дата обращения: 16.12.2021).
- [39] Uzbekistan foreign minister jets into Afghanistan for talks. Eurasianet. 2021. <https://eurasianet.org/uzbekistan-foreign-minister-jets-into-afghanistan-for-talks> (дата обращения: 30.10.2021).
- [40] Kazakhstan to restrict crypto miners amid power shortages. Eurasianet. 2021. <https://eurasianet.org/kazakhstan-to-restrict-crypto-miners-amid-power-shortages> (дата обращения: 30.10.2021).
- [41] Uzbekistan: Temperatures plummet, tempers soar. Eurasianet. 2021. <https://eurasianet.org/uzbekistan-temperatures-plummet-tempers-soar> (дата обращения: 30.10.2021).
- [42] Central Asia’s electricity network – underpowered and fragmented. Ben Aris, October 21, 2019. bne IntelliNews. <https://www.intellinews.com/central-asia-s-electricity-network-underpowered-and-fragmented-169985/> (дата обращения: 31.10.2021).
- [43] Message from the President of the Republic of Kazakhstan 2021: increase in wages, construction of a nuclear power plant and food prices. USAID. 2021. <http://ptfcar.org/en/blog/2021/09/message-from-the-president-of-the-republic-of-kazakhstan-2021-increase-in-wages-construction-of-a-nuclear-power-plant-and-food-prices/> (дата обращения: 19.10.2021).
- [44] South West Roads Project: Western Europe – Western China International Transit Corridor’s Kurty–Burybaital Road: Draft “Environmental and Social Impact Assessment”. Republic of Kazakhstan Ministry of Investment and Development Committee for Roads. 2015. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/903571474316403093/text/SFG1011-REVISED-EA-P099270-Box402912B-PUBLIC-Disclosed-6-1-2017.txt> (дата обращения: 24.10.2021). Настоящий документ включает правила и нормы, изложенные в «Санитарно-эпидемиологических требованиях к атмосферному воздуху» Республики Казахстан от 18 августа 2004 года № 629.
- [45] Financial Incentives: Policy Overview and Good Practices. Clean Energy Solutions Center. <https://cleanenergysolutions.org/policy-briefs/financial-incentives> (дата обращения: 29.12.2020).
- [46] Renewable Electricity Standards: Good Practices and Design Considerations. Clean Energy Solutions Center. <https://cleanenergysolutions.org/policy-briefs/res> (дата обращения: 19.11.2020).
- [47] Личное сообщение Патрика Е. Майера, советника по энергетике в Отделе экономического развития при Региональной миссии АМР США в Центральной Азии, Алматы, Казахстан. Январь 2021 г.

- [48] The challenges of ditching coal on the steppe. Eurasianet. 2021. <https://eurasianet.org/the-challenges-of-ditching-coal-on-the-steppe> (дата обращения: 30.10.2021).
- [49] SCAQMD, “Proposed Amended Rule 1135 — Emissions of Oxides of Nitrogen from Electricity Generating Facilities,” p. 40, 2018, [интернет-ресурс]. Размещено по адресу: <http://www.aqmd.gov/docs/default-source/rule-book/Proposed-Rules/1135/par-1135---pdsr---18-07-20.pdf> (дата обращения: 16.12.2021).
- [50] UNESCAP Data Centre Database, Asia Pacific Energy Portal. [https://asiapacificenergy.org/#main/lang/en/graph/0/type/0/sort/0/time/\[min,2018\]/indicator/\[8521:7770\]/geo/\[KAZ,KGZ,TJK,TKM,UZB\]/legend/1/inspect/0/custom/2406:880,484:2554,2790:2809,1295:590,1896-M:2809,2790-M:2809,7794:2554,3045:549/compare](https://asiapacificenergy.org/#main/lang/en/graph/0/type/0/sort/0/time/[min,2018]/indicator/[8521:7770]/geo/[KAZ,KGZ,TJK,TKM,UZB]/legend/1/inspect/0/custom/2406:880,484:2554,2790:2809,1295:590,1896-M:2809,2790-M:2809,7794:2554,3045:549/compare) (дата обращения: 17.10.2021).
- [51] Health Effects Institute. 2020. *State of Global Air 2020: Special Report*. Boston, MA. Источник данных: Global Burden of Disease Study 2019. IHME, 2020. <https://www.stateofglobalair.org/> (дата обращения: 18.10.2021).
- [52] OECD (2021), Air pollution exposure (indicator). doi: 10.1787/8d9dcc33-en. <https://data.oecd.org/air/air-pollution-exposure.htm#indicator-chart> (дата обращения: 9.10.2021).
- [53] Uzbekistan: Central Asia Regional Economic Cooperation Corridor 6 (Marakand–Karshi) Railway Electrification Project. Asian Development Bank. 2021. <https://www.adb.org/sites/default/files/evaluation-document/700186/files/pvr-2781.pdf> (дата обращения: 19.10.2021).
- [54] Law on Environmental Information. IEA 2021. <https://www.iea.org/policies/11442-law-on-environmental-information?region=Eurasia> (дата обращения: 30.10.2021).
- [55] Nurek 500 kV Switchyard Reconstruction Project. CAREC. 2021. <https://www.carecprogram.org/?feature=nurek-500-kv-switchyard-reconstruction-project> (дата обращения: 19.10.2021).
- [56] Tajikistan President Inaugurates ADB-Supported Energy Facility. ADB. 2016. <https://www.adb.org/news/tajikistan-president-inaugurates-ADB-supported-energy-facility> (дата обращения: 19.10.2021).
- [57] Central Asian Countries’ Power Systems Are Now Isolated, But Not Everyone Is Happy. Eurasian Research Institute. 2016. <https://www.eurasian-research.org/publication/central-asian-countries-power-systems-are-now-isolated-but-not-everyone-is-happy/> (дата обращения: 23.10.2021).
- [58] Shadrina, E. Non-Hydropower Renewable Energy in Central Asia: Assessment of Deployment Status and Analysis of Underlying Factors. *Energies* **2020**, *13*, 2963. <https://doi.org/10.3390/en13112963> (дата обращения: 29.10.2021).
- [59] Арман Кашкинбеков: солнечные и ветряные станции — выгодный бизнес. Центр деловой информации Kapital.kz. 2020. <https://kapital.kz/business/87321/arman-kashkinbekov-solnechnyye-i-vetryanyye-stantsii-vygodnyy-biznes.html> (дата обращения: 26.10.2021).

- [60] Prices of electricity for households with an annual consumption greater than 2,500 kilowatt hour in the European Union in 2020, by country. Statista. 2021. <https://www.statista.com/statistics/1046505/household-electricity-prices-european-union-eu28-country/> (дата обращения: 26.10.2021).
- [61] Central Asia courts green energy investors. Eurasianet. 2021. <https://eurasianet.org/central-asia-courts-green-energy-investors> (дата обращения: 26.10.2021).
- [62] E. Massetti et al., “Environmental Quality and the U.S. Power Sector: Air Quality, Water Quality, Land Use and Environmental Justice,” Oak Ridge National Laboratory, ORNL/SPR-2016/772, 2017.
- [63] Trabish, Herman K. (28.1.2019): “An emerging push for time-of-use rates sparks new debates about customer and grid impacts”, *Utility Dive*. <https://www.utilitydive.com/news/an-emerging-push-for-time-of-use-rates-sparks-new-debates-about-customer-an/545009/> (дата обращения: 27.10.2021).
- [64] Kyrgyzstan GDP. Trading Economics. 2021. <https://tradingeconomics.com/kyrgyzstan/gdp> (дата обращения: 27.10.2021).
- [65] Tax Code of the Republic of Uzbekistan 30.12.2019. <https://lex.uz/ru/docs/5535180> (дата обращения: 27.10.2021).
- [66] Закон Республики Узбекистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» от 21.05.2019 г. № ЗРУ-539. <https://lex.uz/ru/docs/4832510> (дата обращения: 27.10.2021).
- [67] Постановление «О дальнейшем развитии возобновляемой энергетики и повышении энергоэффективности на 2017-2025 годы» от 26.05.2017 г. № ПП-3012 <https://lex.uz/docs/3221897> (дата обращения: 27.10.2021).
- [68] Kyrgyz Republic Energy Profile. International Energy Agency. 2020. <https://www.iea.org/reports/kyrgyzstan-energy-profile> (дата обращения: 27.10.2021).
- [69] В Туркменистане активизировалась работа по строительству международной линии электропередач. Бизнес Туркменистан. 2020. <https://business.com.tm/post/5028/turkmenistan-intensifies-work-on-international-power-transmission-line-projects> (дата обращения: 27.10.2021).
- [70] Coda Zabetta, E., Mikko Hupa, and Kari Saviharju. Reducing NOx Emissions Using Fuel Staging, Air Staging, and Selective Noncatalytic Reduction in Synergy. *Industrial & Engineering Chemistry Research* **2005**, 44 (13), 4552-4561. <https://doi.org/10.1021/ie050051a> (дата обращения: 28.1.2021).
- [71] Запущен первый этап кольцевой энергосистемы Туркменистана. Бизнес Туркменистан. 2021. <https://business.com.tm/post/7759/turkmenistan-launches-first-stage-of-its-ring-power-transmission-system> (дата обращения: 27.10.2021).
- [72] TAP-500. Regional Economic Cooperation Conference for Afghanistan. 2015. [https://recca.af/?page\\_id=2147](https://recca.af/?page_id=2147) (дата обращения: 27.10.2021).

- [73] The Central Asia Regional Economic Cooperation (CAREC) Program Development Effectiveness Review 2020: проект доклада, октябрь 2021 г. CAREC. [https://www.carecprogram.org/uploads/NFP\\_Session1.3\\_CAREC\\_DeR\\_Report\\_20211012\\_EN.pdf](https://www.carecprogram.org/uploads/NFP_Session1.3_CAREC_DeR_Report_20211012_EN.pdf) (дата обращения: 27.10.2021).
- [74] CAREC Energy Strategy 2030: Common Borders. Common Solutions. Common Energy Future. Ноябрь 2019 г. <https://www.carecprogram.org/uploads/CAREC-Energy-Strategy-2030.pdf> (дата обращения: 28.10.2021).
- [75] Central Asia Regional Electricity Market. USAID. 2021. <https://ptfcar.org/carem/carem/> (дата обращения: 28.10.2021).
- [76] Workshop: CAREM Market Rules. Сетевое мероприятие. 7 сентября 2021 г. [https://ptfcar.org/carem/wp-content/uploads/2021/10/CAREM-Concept-Note-Workshop-on-CAREM-Market-Rules\\_ENG.pdf](https://ptfcar.org/carem/wp-content/uploads/2021/10/CAREM-Concept-Note-Workshop-on-CAREM-Market-Rules_ENG.pdf) (дата обращения: 28.10.2021).
- [77] Правила работы регионального рынка электроэнергии. Вебинар. 7 сентября 2021 г. [https://ptfcar.org/carem/wp-content/uploads/2021/10/CAREM-Market-Rules\\_Sept-7WS\\_Final.pdf](https://ptfcar.org/carem/wp-content/uploads/2021/10/CAREM-Market-Rules_Sept-7WS_Final.pdf) (дата обращения: 28.10.2021).
- [78] Combating Air Pollution in Kyrgyzstan. National Democratic Institute. 2021. <https://www.ndi.org/our-stories/combating-air-pollution-kyrgyzstan> (дата обращения: 28.10.2021).
- [79] Everything you need to know about the blockchain. Arjun Kharpal. CNBC. <https://www.cnbc.com/2018/06/18/blockchain-what-is-it-and-how-does-it-work.html> (дата обращения: 17.12.2021).
- [80] Bitcoin (BTC) surge renews worries about its massive carbon footprint. Ryan Browne. CNBC. 2021. <https://www.cnbc.com/2021/02/05/bitcoin-btc-surge-renews-worries-about-its-massive-carbon-footprint.html> (дата обращения: 19.12.2021).
- [81] Kazakhstan Emissions Trading System. International Carbon Action Partnership. <https://icapcarbonaction.com/en/ets/kazakhstan-emissions-trading-system> (дата обращения: 19.4.2022).
- [82] Kyrgyz Republic - Country Commercial Guide: Licensing Requirements. International Trade Administration. 2021. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/kyrgyz-republic-licensing-requirements> (дата обращения: 28.10.2021).
- [83] How is NOx Formed. Energy Solutions Center. <http://cleanboiler.org/workshop/how-is-nox-formed/> (дата обращения: 14.6.2021).
- [84] How Taliban rule will either assure or doom the TAPI gas pipeline. Kanat Shaku, October 7, 2021. bne IntelliNews. <https://www.intellinews.com/how-taliban-rule-will-either-assure-or-doom-the-tapi-gas-pipeline-223089/> (дата обращения: 28.10.2021).
- [85] Energy Sector Progress Report and Work Plan (июнь 2018 г. — май 2019 г.). CAREC. 2018. <https://www.carecprogram.org/uploads/Energy-Sector-Progress-Report-and-Work-Plan-2018-2019.pdf> (дата обращения: 29.10.2021).

- [86] OECD (2019), *Sustainable Infrastructure for Low-Carbon Development in Central Asia and the Caucasus: Hotspot Analysis and Needs Assessment*, Green Finance and Investment, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d1aa6ae9-en> (дата обращения: 29.10.2021).
- [87] Кыргызстан увеличил импорт электроэнергии из Туркменистана. Информационное агентство «24.kg». 2021. [https://24.kg/english/211362\\_Kyrgyzstan\\_increases\\_import\\_of\\_electricity\\_from\\_Turkmenistan/](https://24.kg/english/211362_Kyrgyzstan_increases_import_of_electricity_from_Turkmenistan/) (дата обращения: 31.10.2021).
- [88] Постановление Кабинета Министров № 610 «Об утверждении регламента подключения к единой электроэнергетической системе субъектов предпринимательства, производящих электрическую энергию, в том числе из возобновляемых источников энергии». МАЭ, 2021 г. <https://www.iea.org/policies/13312-resolution-of-the-cabinet-of-ministers-no-610-on-approval-of-the-regulations-for-connecting-to-the-unified-electric-power-system-of-business-entities-that-produce-electric-energy-including-from-renewable-energy-sources?region=Eurasia> (дата обращения: 30.10.2021).
- [89] Environmental Policy and Regulation in Russia: The Implementation Challenge. OECD. 2006. <https://www.oecd.org/env/outreach/38118149.pdf> (дата обращения: 9.11.2021).
- [90] Hasanova, S. 2018. Financial Inclusion, Financial Regulation, Financial Literacy, and Financial Education in the Kyrgyz Republic. ADBI Working Paper 850. Tokyo: Asian Development Bank Institute. <https://www.adb.org/publications/financial-inclusionregulation-literacy-education-kyrgyz-republic> (дата обращения: 9.11.2021).
- [91] Закон Республики Узбекистан «Об использовании атомной энергии в мирных целях» (9 сентября 2019 г.), № ЗРУ-565. <https://www.lex.uz/docs/4506948> (дата обращения: 14.11.2021).
- [92] Passing on the authoritarian torch: power transition in Central Asia. Francisco Olmos. 7 февраля 2020 г. Foreign Policy Centre. <https://fpc.org.uk/passing-on-the-authoritarian-torch-power-transition-in-central-asia/> (дата обращения: 9.11.2021).
- [93] Mishra, R., D. Azhgaliyeva, Z. Kapsalyamova, A. Kerimray, and K. Karymshakov. 2021. What Determines Coal Consumption for Heating Residential Space in Central Asia? ADBI Working Paper 1262. Tokyo: Asian Development Bank Institute. <https://www.adb.org/publications/what-determines-coal-consumption-heating-residential-space-central-asia> (дата обращения: 9.11.2021).
- [94] Shadrina, E. 2019. Renewable Energy in Central Asian Economies: Role in Reducing Regional Energy Insecurity. ADBI Working Paper 993. Tokyo: Asian Development Bank Institute. <https://www.adb.org/publications/renewable-energy-central-asianeconomies> (дата обращения: 9.11.2021).
- [95] Garvin Heath, Patrick Granvold, Abigail Hoats, and William Nazaroff. 2006. “Intake Fraction Assessment of the Air Pollutant Exposure Implications of a Shift Toward Distributed Electricity Generation.” *Atmospheric Environment* 40 (37): 7164–7177. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.06.023> (дата обращения: 9.11.2021).

- [96] How to Improve Air Quality in the Capital of Tajikistan? Central Asian Bureau for Analytical Reporting. 2020. <https://cabar.asia/en/how-to-improve-air-quality-in-the-capital-of-tajikistan> (дата обращения: 29.10.2021).
- [97] Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29 июня 2020 г.) 2020. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31112351](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31112351) (дата обращения: 9.11.2021).
- [98] Кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212-III «Экологический кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 02.01.2021 г.) (утратил силу с 1 июля 2021 г.) [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30085593](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30085593) (дата обращения: 13.11.2021).
- [99] Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 27 ноября 2014 года № 151 «Об утверждении Правил ведения государственного реестра участков загрязнения» (с изменениями от 18 апреля 2017 г.). 2017. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31655444](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31655444) (дата обращения: 13.11.2021).
- [100] АО «Узбекуголь»: Как увеличить объем добычи угля и повысить качество продукции? UzDaily.com. 2020. <https://www.uzdaily.uz/ru/post/55865> (дата обращения: 14.11.2021).
- [101] Meldrum James, Syndi Nettles-Anderson, Garvin Heath, and Jordan Macknick. 2013. “Life Cycle Water Consumption of Electricity Generation Technologies: Review and Harmonization.” *Environmental Research Letters* 8 (1): 1–18. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015031> (дата обращения: 12.12.2021).
- [102] Приказ Государственного комитета промышленности, энергетики и недропользования Кыргызской Республики от 29 октября 2019 года № 01-7/429 «Об утверждении Порядка и условий выбора твердого топлива для сжигания на ТЭЦ г. Бишкек». <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/200359> (дата обращения: 13.11.2021).
- [103] Каждый третий бизнесмен давал взятку из-за отказа в подключении к электроэнергии. Информационное агентство «24.kg». 2021. [https://24.kg/english/213517\\_Every\\_3rd\\_businessman\\_gives\\_bribe\\_because\\_of\\_refusal\\_to\\_connect\\_to\\_electricity/](https://24.kg/english/213517_Every_3rd_businessman_gives_bribe_because_of_refusal_to_connect_to_electricity/) (дата обращения: 13.11.2021).
- [104] Файл: Smog over Almaty - panoramio.jpg. Автор: Игорь Ефимов. Данный файл находится под лицензией Creative Commons Attribution 3.0 Unported. Лицензию и дополнительную информацию см. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smog\\_over\\_Alamaty\\_-\\_panoramio.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Smog_over_Alamaty_-_panoramio.jpg) (дата обращения: 13.11.2021).
- [105] Kazakhstan - Renewable Energy. International Trade Administration, U.S. Department of Commerce. 2021. <https://www.trade.gov/energy-resource-guide-kazakhstan-renewable-energy> (дата обращения: 13.11.2021).

- [106] Policy Perspectives 2019: Sustainable Energy in Asia and the Pacific. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). 2020. <https://www.unescap.org/resources/policy-perspectives-2019-sustainable-energy-asia-and-pacific> (дата обращения: 13.11.2021).
- [107] Закон № 366-В 2016 года «Об охране атмосферного воздуха» (в редакции 2018 года). Правительство Туркменистана. 2018. <https://minjust.gov.tm/mcenter-single-ru/126> (дата обращения: 13.11.2021).
- [108] The Penetration of Renewable and Sustainable Energy in Asia: A State-of-the-Art Review on Net-Metering. Waqas Ur Rehman et al. *IEEE Access* Sept 28, 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9187814> (дата обращения: 13.11.2021).
- [109] Критерии качества воздуха в окружающей среде. Центр Гидрометеорологической службы при Кабинете Министров Республики Узбекистан (УЗГИДРОМЕТ) <https://monitoring.meteo.uz/ru/menu/monitoring-zagrjaznenija-atmosfernogo-vozdruha> (дата обращения: 14.11.2021).
- [110] Постановление Президента Республики Узбекистан от 4 октября 2019 года № ПП-4477 «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов». 2019. <https://lex.uz/docs/4539506> (дата обращения: 14.11.2021).
- [111] Личное сообщение Екатерины Бирюковой, Посольство США, Ташкент, Узбекистан. Январь 2021 г.

## Appendix A.

### A.1 Краткое описание устройств контроля выбросов в атмосферу, упомянутых в докладе

В этом разделе кратко описан принцип работы различных методов и технологий, используемых для снижения выбросов оксидов азота и других загрязняющих веществ, указанных в таблицах 3 и 4 (разделы 3.2 и 3.3 соответственно) [1, 10, 70].

**Электростатические фильтры (ESP)** — устройства для удаления мелких твердых частиц. В электростатических фильтрах применяется принцип ионизации загрязненного дымового газа и последующего их осаждения на противоположно заряженные пластины (осадительные электроды). Электростатические фильтры отличаются высокой эффективностью, их степень улавливания частиц достигает 99 %.

**Циклонные сепараторы:** в циклонных сепараторах используются центробежные и инерционные силы для удаления и улавливания твердых частиц из дымового газа. В зависимости от технических характеристик циклоны применяются для удаления крупных (PM<sub>10</sub>) и мелких (PM<sub>2.5</sub>) твердых частиц. Эффективность устройств зависит от конкретных расчетных параметров и условий эксплуатации, однако в целом они более эффективны при удалении частиц с относительно большим аэродинамическим диаметром.

**Тканевые фильтры:** улавливают сухие частицы в дымовом газе с помощью мешочного фильтра. Ткань обеспечивает фильтрацию, однако скопившаяся пыль также является важным средством удаления частиц.

**Десульфуризация дымовых газов (ДДГ):** проведение химической чистки для удаления диоксида серы из дымового газа. Поскольку газ оксида серы (SO<sub>2</sub>) является кислым, для удаления оксида серы из дымового газа часто используется щелочной чистящий реагент (например, известняк). Некоторые процессы удаления оксида серы являются восстановительными (в которых удаленный оксид серы восстанавливают в пригодный продукт) другие — одноразовыми.

**Селективное каталитическое восстановление (СКВ):** очень эффективное средство контроля выбросов оксидов азота. В устройствах контроля выбросов оксида азота на основе СКВ используется аммиак для химического расщепления оксидов азота на газообразный азот (N<sub>2</sub>) и водяной пар. Катализатор СКВ применяется для повышения эффективности химической реакции аммиака с оксидами азота. Эффективность СКВ обычно зависит от температуры отработанных газов, проблемой также является проскок аммиака. Часто устройства СКВ и СНКВ используются вместе с горелками с низким выходом оксидов азота и горелками ступенчатого сжигания

**Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ):** принцип действия СНКВ аналогичен СКВ, но в данном случае отсутствует катализатор. Однако по ряду причин часто это приводит к снижению эффективности удаления оксидов азота. Часто устройства СКВ и СНКВ используются вместе с горелками с низким выходом оксидов азота и горелками ступенчатого сжигания

**Горелки ступенчатого сжигания:** технология, в которой топливо сжигается в несколько этапов. Первичная зона горения является обогащенной топливом, а последующие — обедненными топливом. В результате образуются зоны частичного сжигания с недостатком кислорода, что приводит к снижению температуры и, следовательно, к уменьшению образования оксидов азота.

**Горелки с низким выходом оксидов азота:** в этих горелках образование оксидов азота подавляется путем регулирования состава топливовоздушной смеси с последующим снижением максимальной температуры пламени. Снижение температуры пламени приводит к уменьшению образования оксидов азота при сгорании топлива.

**Отключение горелок:** при использовании нескольких горелок часто некоторые горелки отключаются (т.е. в них не поступает топливо, но они используются для подачи воздуха или дымового газа). В результате этого происходит ступенчатое сжигание топлива при более низкой температуре по сравнению с температурой, когда работают все горелки. За счет этого снижается количество образующихся оксидов азота.

**Ступенчатая подача воздуха:** как следует из названия, сжигание происходит поэтапно путем разделения воздуха на два потока. Первый поток смешивается с топливом таким образом, чтобы в итоге получить восстановительное пламя (т.е. смесь с низким содержанием кислорода); второй поток смеси, в котором есть небольшой избыток воздуха (по сравнению со стехиометрическим соотношением топливовоздушной смеси), инжектируется вниз по потоку. Образование оксидов азота при таком методе контролируется за счет ограничения доступности кислорода ( $O_2$ ,  $O$ ) и радикалов ( $OH$ ).

**Ступенчатая подача топлива:** при этом методе сжигание происходит поэтапно за счет использования топлива, а не воздуха (как в методе ступенчатой подачи воздуха, описанном выше). В первом потоке топлива, используемом для первой стадии сгорания, формируются восстановительные условия (низкое содержание кислорода), а на второй ступени сгорания — немного окислительные. Избыток топлива на первой ступени сгорания снижает максимальную температуру, а нисходящий поток окисляет топливо, восстанавливая при этом оксиды азота до азота ( $N_2$ ).

**Сниженный избыток воздуха:** избыток воздуха означает, что воздуха больше требуемого стехиометрического значения и он используется для обеспечения надлежащего сжигания топлива. Из-за того, что состав топливовоздушной смеси не идеален, некоторый объем избыточного воздуха используется всегда. Несколько десятилетий назад избыток используемого воздуха составлял 50–100 %, однако с ростом цен на топливо он был сокращен до 15–30 % (практический предел для достижения надлежащего сгорания). Однако результаты исследования Управления по охране окружающей среды США показали, что потенциал образования оксидов азота снижается при меньшем объеме избыточного воздуха, поэтому в дальнейшем сниженный избыток воздуха стали применять в качестве меры контроля выбросов оксидов азота.