

**Европейская экономическая комиссия**

Комитет по устойчивой энергетике

**Группа экспертов по экологически более  
чистым электроэнергетическим системам**

Шестнадцатая сессия

Женева, 23–24 ноября 2020 года

Пункт 4 предварительной повестки дня

Достижение углеродной нейтральности

**Альтернативные модели электроэнергетического рынка  
в поддержку углеродной нейтральности****Записка профессора Джона Гиббинса, директора  
Исследовательского центра по вопросам УХУ Соединенного  
Королевства и профессора по вопросам УХУ Университета  
Шеффилда****I. Справочная информация**

1. Настоящий документ был подготовлен по просьбе Группы экспертов по экологически более чистым электроэнергетическим системам, высказанной на ее пятнадцатой сессии 5–6 ноября 2020 года, для поддержки ее мандата и результатов деятельности, в частности обсуждения вопроса об углеродной нейтральности (см. ECE/ENERGY/2019/7).
2. Настоящий документ представляет собой личную точку зрения автора и представляется для обсуждения и комментариев.

**II. Вклад улавливания и хранения углерода в обеспечение  
«углеродно-нейтральной» электроэнергетики**

3. Улавливание и хранение углерода (УХУ), как ожидается, будет способствовать обеспечению углеродной нейтральности в электроэнергетических системах двумя основными способами:
  - а) путем улавливания и постоянного хранения CO<sub>2</sub> от работающих на ископаемом топливе электростанций, сжигающих уголь, газ и нефть, а также нетрадиционные ископаемые ресурсы (например, горючие сланцы), — либо посредством переоборудования существующих электростанций для целей улавливания CO<sub>2</sub>, либо посредством строительства новых электростанций, которые



либо улавливают CO<sub>2</sub> напрямую, либо производят на основе УХУ водород, который затем используется для производства электроэнергии;

b) путем улавливания и постоянного хранения CO<sub>2</sub> из энергии биомассы на электростанциях, работающих на основе УХУ (БЭУХУ), с расчетом на то, что в этом случае могут быть в целом достигнуты отрицательные выбросы на протяжении всего жизненного цикла и что эти отрицательные выбросы могут компенсировать другие остаточные выбросы CO<sub>2</sub> в электроэнергетической системе, например выбросы пиковых электростанций, небольшие объемы CO<sub>2</sub>, не улавливаемые на электростанциях, работающих на основе УХУ.

4. Для полноты картины следует отметить, что существуют две другие разновидности УХУ, относящиеся к электроэнергетическому сектору, но которые не будут рассматриваться в данном документе, поскольку выходят за рамки непосредственной сферы этого сектора. Можно ожидать, что они будут реализованы в более долгосрочной перспективе в рамках более широких действий в поддержку глобального достижения нулевого уровня выбросов.

5. Метод прямого воздушного улавливания и хранения углерода (ПВУХУ), заключающийся в улавливании CO<sub>2</sub> непосредственно из воздуха и затем его надежном удержании с единственной целью достижения отрицательных выбросов, можно было бы использовать таким же образом, как это описано выше, для достижения отрицательных выбросов на основе БЭУХУ.

6. УХУ может также использоваться для сокращения выбросов CO<sub>2</sub> при добыче, переработке и транспортировке ископаемого топлива, используемого для производства электроэнергии, например на заводах по очистке газа и на заводах по производству СПГ.

### **III. Проблемы, связанные с внедрением УХУ на рынках электроэнергии**

7. Общая проблема заключается в том, что перспективы получения дохода от электростанций, работающих на основе УХУ, должны давать инвесторам надежду на возможность получения разумной отдачи от своих инвестиций, а операторы должны быть в состоянии покрывать затраты на эксплуатацию электростанций, работающих на основе УХУ, с разумным запасом.

8. В процессе достижения этой цели существует ряд рисков, включая следующие:

- цены либерализованного рынка электроэнергии часто основаны на предельных затратах на ее производство, а не на полных затратах, которые также включают стоимость капитала;
- электростанции, работающие на ископаемом топливе, могут выбрасывать CO<sub>2</sub> при достаточно низких затратах, что позволит им продавать электроэнергию на рынке по более низким ценам, чем электростанции, работающие на основе УХУ;
- увеличение объемов электроэнергии, получаемой за счет периодически работоспособных возобновляемых источников энергии, часто с гарантированными отпускными ценами на производимую электроэнергию, означает, что все электростанции, работающие на ископаемом топливе и биомассе, сталкиваются с постепенным снижением коэффициентов средней нагрузки и все более неустойчивыми схемами эксплуатации;
- для электростанций, работающих на основе БЭУХУ, в настоящее время нет возможности признания заслуги достижения негативных выбросов и вознаграждения за них;
- период возмещения капитальных затрат на электростанции и инфраструктуру УХУ будет, как правило, составлять 15–30 лет, и существует риск изменения

политики в течение этого периода, что повлияет на операционные затраты и поступления;

- развертывание УХУ, включая инфраструктуру транспортировки и хранения CO<sub>2</sub>, также связано с рядом проблем технического и разрешительного характера, но адекватные решения уже существуют; тем не менее в настоящее время расходы неизбежно выше, чем они будут после их сокращения в результате расширения масштабов применения и накопления опыта;
- проблемой в некоторых местах также является доступ к безопасным геологическим хранилищам CO<sub>2</sub>, хотя такие нововведения, как транспортировка CO<sub>2</sub> судами, иногда могут уменьшить и смягчить эти проблемы или избавиться от них.

## **IV. Элементы рынка электроэнергии, которые могли бы способствовать развертыванию УХУ**

### **A. Долгосрочные и краткосрочные меры**

9. Непосредственная проблема заключается в том, что в настоящее время развертывание УХУ в электроэнергетическом секторе практически отсутствует — в настоящее время эксплуатируется лишь одна небольшая электростанция государственной коммунальной компании в Канаде (SaskPower в провинции Саскачеван<sup>1</sup>). Отталкиваясь от этого, необходимо в ближайшее время развернуть работающие на основе УХУ электростанции мощностью в несколько ГВт, чтобы обеспечить базовую сеть электростанций такого типа и начать приобретать опыт их использования с целью увеличения мощности до десятков ГВт к началу следующего десятилетия, а затем — до сотен тысяч ГВт к 2050 году.

10. В более долгосрочной перспективе, для достижения углеродной нейтральности рынка электроэнергии, вероятно, должны будут претерпеть изменения. Эти новые рынки должны будут охватывать все формы производства электроэнергии (и услуги, связанные с хранением, а также другие услуги по эксплуатации сети) и обеспечивать надежность поставок и разумные затраты для потребителей, а также углеродную нейтральность, и эти требования должны неизменно соблюдаться в течение ряда инвестиционных циклов. Однако, если в долгосрочной перспективе можно ожидать, что новые рыночные механизмы будут способствовать созданию необходимого числа установок по УХУ, то в краткосрочной перспективе необходимы меры, способные удовлетворить потребности проектов электростанций, работающих на основе УХУ, которые будут построены и будут функционировать на существующих рынках в обозримом будущем, если эти проекты вообще будут реализованы.

### **B. Принципы, касающиеся рыночных мер в поддержку развертывания УХУ**

11. На более широкую либерализацию рынков электроэнергии в первую очередь направлены следующие принципы. Регулируемые или находящиеся в государственной собственности коммунальные предприятия могут принимать более непосредственные меры по внедрению УХУ на электростанциях, работающих на ископаемом топливе и биомассе, и рассматривать описанные выгоды как часть повышения эффективности работы всего их парка электростанций:

<sup>1</sup> <https://www.saskpower.com/Our-Power-Future/Infrastructure-Projects/Carbon-Capture-and-Storage/Boundary-Dam-Carbon-Capture-Project>.

a) согласие с более высокими первоначальными затратами на следующую серию электростанций, работающих на основе УХУ (как и на начальных этапах внедрения возобновляемых источников энергии), с тем чтобы стимулировать обучение в ходе практической деятельности, в том числе предлагая премию за проекты, позволяющие исследовать улучшения и свободно обмениваться знаниями;

b) содействие созданию общей инфраструктуры по транспортировке и хранению CO<sub>2</sub> с целью сокращения расходов за счет увеличения масштабов;

c) обеспечение двухкомпонентной оплаты производства электроэнергии на основе УХУ:

- фиксированный платеж на основе наличия оборудования с целью покрытия фиксированных расходов;
- переменный платеж, привязанный к объему производимой электроэнергии и корректируемый с учетом необходимых операционных схем, для покрытия переменных расходов;

d) обеспечение для работающих на биомассе электростанций дополнительной платы за отрицательные выбросы, рассчитанной на основе объема уловленного и помещенного в условия надежного хранения CO<sub>2</sub> за вычетом сертифицированных выбросов CO<sub>2</sub> в течение жизненного цикла для топлива из биомассы;

e) установление требования о том, чтобы при проектировании этих субсидируемых электростанций, работающих на основе УХУ, обеспечивался разумный уровень гибкой эксплуатации с учетом используемого топлива (и их существующих технологий, если они будут модернизированы), с тем чтобы облегчить работу в будущих энергосистемах, включая возможность «аварийного форсирования» за счет работы без улавливания углерода в периоды, когда необходимы меры по обеспечению стабильности сети. Эти меры в значительной степени будут способствовать обеспечению надежного электроснабжения в системах с растущим количеством непостоянных возобновляемых источников энергии;

f) для обеспечения максимальных выгод электростанции, работающие на основе УХУ, как правило, должны эксплуатироваться так, как указано ниже, однако следует согласиться с тем, что для достижения этого, возможно, потребуются прямое планирование, а не действия, основанные лишь на рыночных сигналах (т. е. эффективные меры поддержки УХУ могут не стимулировать более эффективную работу электростанций, работающих на основе УХУ, по сравнению со всеми другими представленными на рынке электростанциями);

g) приоритетной является эксплуатация электростанций на базе УХУ для обеспечения эффективной работы сети или безопасности системы;

h) электростанции на базе БЭУХУ (обратный порядок эксплуатационных расходов с учетом отрицательных значений выбросов) стоят после электростанций с нулевыми предельными затратами (например, на солнечной, ветряной, атомной энергии) и перед электростанциями, работающими на ископаемом топливе с применением УХУ;

i) далее следуют электростанции на ископаемом топливе с применением УХУ (обратный порядок эксплуатационных затрат, включая затраты на остаточные выбросы CO<sub>2</sub>), после которых идут электростанции на ископаемом топливе без применения УХУ;

j) предоставление долгосрочных контрактов на реализацию этих мер надежным контрагентам для минимизации проектных рисков и снижения затрат на финансирование.

## V. Выводы

12. Рынки электроэнергии во всем мире претерпели изменения в результате внедрения возобновляемых источников энергии, использующих энергию ветра и солнца, однако потребовалось более 40 лет для достижения их нынешнего уровня развития с момента получения первого импульса в результате энергетических потрясений 1970-х годов. Для того чтобы метод УХУ способствовал достижению углеродного нейтралитета энергетического сектора к 2050 году, потребуется такой же уровень поддержки, которую получили возобновляемые источники энергии. Следует отметить, что производство электроэнергии с применением УХУ необходимо для углеродного нейтралитета именно потому, что оно имеет отличительные особенности по сравнению с возобновляемыми источниками энергии; соответственно, особенности поддержки, которую оно требует, также отличаются.

13. В более долгосрочной перспективе можно ожидать, что рынки электроэнергии будут скорректированы для стимулирования всех форм производства электроэнергии, способствующих углеродной нейтральности, однако в краткосрочной перспективе срочно требуются прагматические меры, отличающиеся в конкретных деталях от мер в отношении возобновляемых источников энергии, с тем чтобы получить новый транш ГВт, полученных на электростанциях на основе УХУ с использованием угля, газа, биомассы и других видов топлива, которые могут стать основой для дальнейшего быстрого расширения производства электроэнергии.

14. Хотя особенности национальных рынков электроэнергии в разных странах и регионах ЕЭК отличаются друг от друга, четкий набор принципов, учитывающих неотъемлемые издержки, связанные с электростанциями, работающими на базе УХУ, и выгоды, которые они могут предоставить, может помочь регулирующим органам и разработчикам проектов во всем мире сформулировать эффективные механизмы поддержки при одновременном удовлетворении потребностей местных рынков электроэнергии.

---