

Отрасль CCUS в России: от государства ждут правила игры, сокращение рисков и финансирование

Улавливание, хранение и утилизация углерода CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) становится самостоятельной отраслью, как в своё время газовая или нефтехимическая промышленность. Крупные предприятия объявили пилотные проекты и уже выбрали площадки под их реализацию. Однако вовлеченность государства на данном этапе не достаточна, а экономика проектов остается неясной из-за непрозрачного ценообразования на CO₂ и отсутствия внятных механизмов финансирования и возврата инвестиций.

Алексей Кнелъц

Creon Energy провела 19 апреля 2022 г. вторую российскую конференцию по CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage). Эти технологии будут играть ключевую роль в достижении углеродной нейтральности РФ к 2060 году, их применение заложено в Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (СНУР). Для достижения углеродной нейтральности российской экономике нужно сократить выбросы на 1,83 млрд т CO₂ в год, развивая параллельно сразу два направления: лесные проекты для увеличения природной поглощаемости CO₂ (пассивное поглощение), и проекты CCUS, которые позволяют увеличить активное поглощение.

Привлекательность и высокий потенциал рынка CCUS оценил «Газпромбанк»: декарбонизация создает мировой рынок услуг по улавливанию и утилизации CO₂, и к 2050 году объем рынка утилизации CO₂ может составить до 1,3 трлн долларов. К тому времени предстоит создать более 2000 CCUS-полигонов по всему миру, а сами CCUS-проекты обеспечат не менее 25% вклада в утилизацию CO₂. По подсчетам «Газпромбанка», глобальная эмиссия CO₂ в настоящее время составляет 40 млрд тонн, к 2050 году эта цифра должна сократиться в четыре раза до 10 млрд тонн.

В то же время, мощности по утилизации CO₂ должны быть увеличены в более чем 100 раз, с текущих 0,05 млрд тонн в год до 5,6 млрд тонн к 2050 году. «Капитальные инвестиции во все проекты составляют 9 млрд долларов, а всего необходимо инвестировать 1,3 трлн, поэтому никакой высшей математики для оценки перспективности этого рынка не нужно: заработать можно», – считает **Максим Зимаков, исполнительный директор центра анализа «Газпромбанк».**

«Создание полномасштабной отрасли CCUS в России как отдельного направления промышленности неизбежно. И хотя темп создания этой отрасли при нынешней конъюнктуре замедлился, он открывает и новые возможности. Россия должна формировать новую отрасль под себя без оглядки на западные технологии и оборудование», – заявил **Санджар Тургунов, генеральный директор Creon Energy и организатор конференции.**

Главный потенциал российской CCUS-отрасли – в развитии новых направлений

Декарбонизация мировой экономики невозможна без улавливания и хранения CO₂, а возможности России в этой новой сфере огромны: страна обладает уникальным геологическим потенциалом для развития отрасли CCUS, который составляет до 16% от общемировых объемов (для сравнения – в США этот показатель достигает 10%, в Европе – около 4%). На данный момент в странах с системными мерами климатического регулирования запущены уже более 20 проектов CCS. 12 из них работают в США, 4 в Канаде, 3 в Китае и один в странах ЕС. Все проекты отличаются относительно небольшими объемами поглощения в пределах 1-1,5 млн тонн CO₂ в год. И фактически, все эти

проекты нацелены на торговлю карбоновыми единицами и в перспективе подпадают под углеродный налог.

«На сегодняшний день проекты CCUS имеют перспективы развития или в странах с жестким климатическим регулированием, где цены на CO₂ превышают 60-70\$/тонну или в странах, где государство напрямую финансирует подобные проекты за счет различных мер поддержки», - заявил в своем докладе **Денис Дерюшкин, заместитель генерального директора ФГБУ «РЭА» Минэнерго России.**

На сегодняшний день в мире уже более 40 млн тонн CO₂ в год закачиваются в пласт, но большинство этих проектов существуют благодаря господдержке. В США проекты CCUS компенсируются за счет налогового вычета по системе 45Q, что по сути является прямым бюджетным финансированием. Другие же страны развивают комплексное климатическое регулирование.

Бизнес сможет сформировать реальную, рыночную цену на тонну CO₂ только там, где уже работает комплексное климатическое регулирование на госуровне и реализуются проекты CCUS, которые в России пока все еще находятся на бумаге. «CCUS-проекты смогут окупиться только там, где уже существует обязательный углеродный рынок. В первую очередь это касается проектов в ЕС, где цены за тонну CO₂ благодаря обязательному углеродному рынку либо соответствуют уровню окупаемости, либо даже уже превышают его», – подчеркнул Дерюшкин.

По мнению эксперта, потенциал России в новой отрасли огромен: на сегодняшний день российская промышленность выбрасывает в атмосферу 2,1 млрд тонн CO₂ в год. Примерно половину из этого объема можно улавливать и сохранять. В долгосрочной перспективе на 300 лет этот потенциал даже выше, поскольку газовые месторождения будут постепенно опустошаться, освобождая объемы под потенциальное захоронение CO₂, считает Дерюшкин.

Сколько будет стоить сокращение выбросов CO₂

Однако ключевой вопрос, который остается открытым: во сколько обойдется сокращение 1 млрд тонн выбросов CO₂ в год? На данном этапе в мире проекты CCUS окупаются при цене за тонну CO₂ от 60 до 100 долларов и выше. По мнению эксперта, это некий индикативный порог безубыточности, поэтому в России цены плюс-минус сопоставимы. Технически Россия также готова к реализации CCUS-проектов, поскольку все технологические цепочки давно известны и широко применяются. Но на данном этапе все упирается в бизнес-модель. «Кто заплатит за проекты CCUS? Ответить на этот вопрос без комплексной климатической политики, то есть системного регулирования торговли углеродными единицами либо карбоновыми кредитами, не получится», – сказал Дерюшкин.

Также стоит отметить, что на данный момент проекты CCUS пока не являются климатическими даже на добровольном рынке, а стандарты для отрасли пока только разрабатываются. Какими будут индикативные цены на CO₂ после принятия этих стандартов, и что будет выгоднее для бизнеса – платить углеродный налог или же покупать сертификаты CO₂ – пока также не известно. «Однако без CCUS или альтернативных способов поглощения CO₂ достижение углеродной нейтральности невозможно. Офсетов же в России к сожалению, не так много: это либо леса, либо покупка компенсирующих углеродных единиц на открытом рынке, либо реализация CCUS проектов», – подытожил Дерюшкин.

Господдержка и госучастие: мировой опыт реализации проектов CCUS

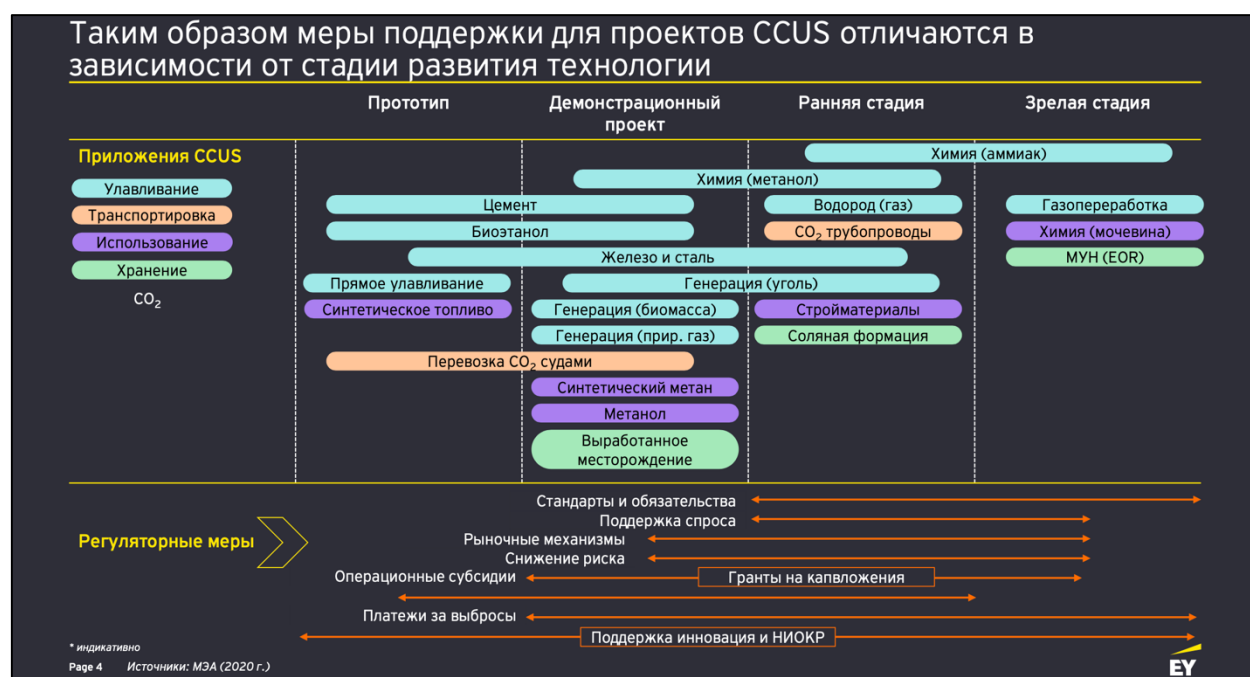
Об инструментах финансовой поддержки и инвестиционных стимулах для проектов CCUS рассказала **Ольга Белоглазова, руководитель Московского энергетического центра ЕУ**. «CCUS как инновационная и новая технология зависима от господдержки, так же как ранее от нее зависели электромобили или сектор ВИЭ. В начале становления отрасли предоставлялись существенные госсубсидии, которые постепенно снижались», - подчеркнула эксперт.

По существующим коммерческим проектам CCUS во всем мире не было принято ни одного инвестиционного решения без уверенности вливания капитала со стороны государства. При этом часть проектов CCUS, по сути, реализуются едва ли не целиком на государственные средства – например, проекты компании Equinor, - в то время как полностью частные проекты получали безвозмездные государственные деньги из грантов или фондов.

По опыту исследований ЕУ, ключевые драйверы развития проектов CCUS часто пересекаются. «Дополнительную ценность проектам создавала возможность использования углекислого газа в качестве метода по увеличению нефтеотдачи, как, например, в США. И конечно, никакого пряника без кнута, то есть без платежей за углеродные выбросы, быть не может», - заявила Белоглазова.

По мере диверсификации источников улавливания потребуется дополнительная финансовая поддержка на фоне растущих и более высоких издержек. Кроме того, меры поддержки для проектов CCUS отличаются в зависимости от стадии развития технологии.

Большинство уже реализуемых CCUS-проектов изначально были ассоциированы с базой улавливания, локализованной в точках высокой концентрации углеродных производств – таких, как ГПЗ, производств этанола, газопереработки, нефтехимии. Будущие же проекты диверсифицированы и ориентируются на металлургию, угольную и газовую генерацию, а также цементные предприятия, где выбросы CO₂ существенно ниже. Если у ГПЗ и этаноловых производств концентрация углерода в выбросах составляет около 100%, то в угольной генерации – 15%, в производстве цемента 25%, в черной металлургии менее 30%, а в производстве голубого водорода в районе 50%.



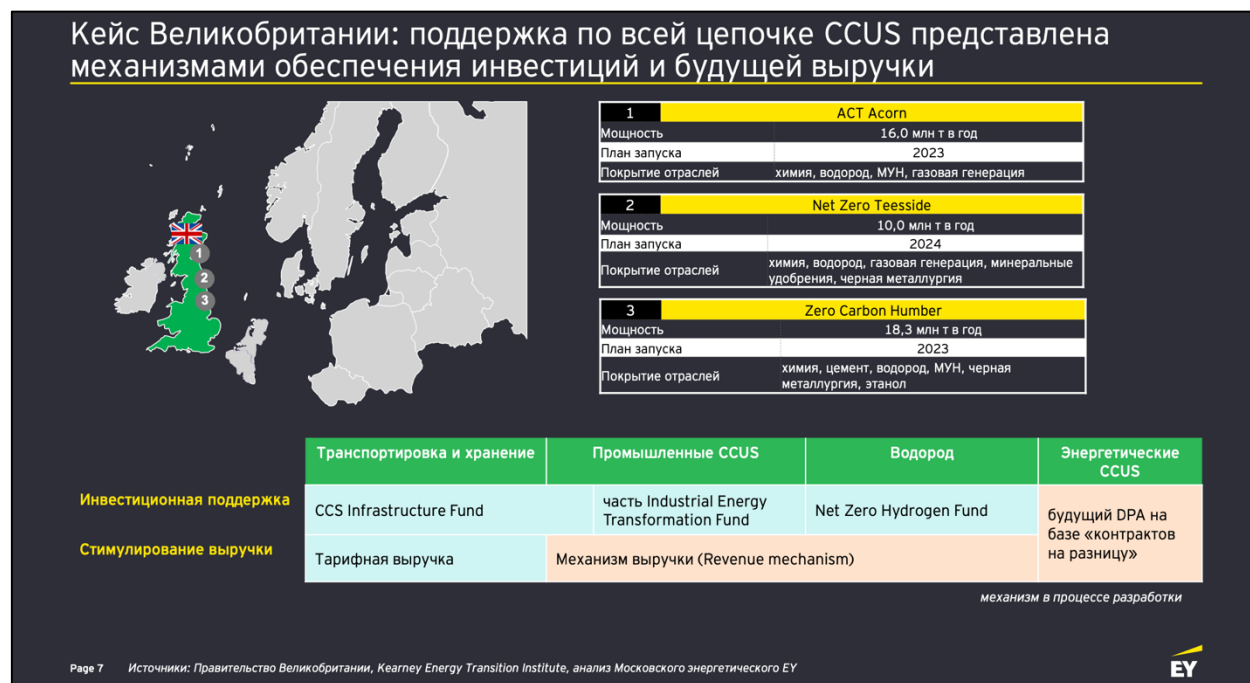
Как государства финансируют проекты CCUS и сокращают риски

Правительства по всему миру используют различные регуляторные инструменты для разработки и развития проектов CCUS – например, через поддержку НИОКР, гранты, субсидии для операционной деятельности, стимулирование спроса и другие меры поддержки.

Любопытен механизм грантовой поддержки всей цепочки CCUS. Финансирование предоставляется непосредственно целевым проектам или через программы на конкурсной основе для преодоления высоких первоначальных затрат. Например, в Австралии существует CCUS Development Fund, объем которого составляет 18 млрд австралийских долларов, а гранты варьируются от 360 тыс. до 18 млн долларов. «По сути, такие фонды – государственные, поскольку они формируются за счет средств бюджета. Доходная часть госбюджета за прошедший год частично распределяется в расходную часть фонда на следующий год», - рассказала Белоглазова.

В некоторых случаях фонды формируются за счет платежей за выбросы углерода, которые, в свою очередь, оказывают поддержку экономике проектов в силу экономии на «штрафах». Примеры таких механизмов – европейская система торговли квотами EU ETS, система ценообразования на основе результатов (OBPS) в Канаде, углеродный налог в Норвегии, а также недавно запущенная в Китае система торговли сертификатами на выбросы.

Второй ключевой задачей государства после финансирования является сокращение рисков. В странах, где уже реализуются либо только планируются проекты, популярен формат государственно-частного партнерства, когда государство берет часть финансовых или технологических рисков на себя, что привлекает частных инвесторов в такие проекты.



Успешным может также считаться кейс Великобритании, где поддержка всей цепочке CCUS представлена механизмами обеспечения инвестиций и будущей выручки. Британцы решили реализовывать CCUS-проекты в хабах и кластерах, что позволяет снизить риски и будет стимулировать спрос со стороны эмитентов. На сегодня заявлены три крупных хаба, к которым позже

будут подключены также производители голубого водорода. На каждом этапе CCUS проект получает как инвестиционную поддержку, так и гарантии выручки. А компании, занимающиеся транспортировкой и хранением, априори могут рассчитывать на тарифную выручку.

Есть ли бизнес-кейс: сколько стоят CCUS-проекты?

Алексей Чибриков, технический директор ИЛФ Инжиниринг и Проектное управление, поделился концептуальным методом для обсчета проектов CCUS, который разработала его компания. Конфигуратор ИЛФ разделен на пять основных составляющих: сбор и очистку, улавливание CO₂, осушку и компримирование, транспортировку через трубопроводы и захоронение в пласт. Этот «конструктор» позволил детально оценивать проекты во всех подробностях, просчитывать их экономики, а также быстро оценивать бизнес-кейсы на уровне бенчмарков.

В ИЛФ оценивали CCUS-проекты для трех отраслей – черной металлургии, сталелитейного производства, а также угольной и газовой тепло-энергогенерации. Чтобы получить сравнимые данные, команда ILF проработала несколько кейсов. Для газовых ТЭЦ мощностью электрогенерации от 135 до 500 МВт, для угольных ТЭЦ мощности от 250 МВт до 1 ГВт и объекты черной металлургии – сталелитейное производство на 4 млн стали в год.

Эти проекты сталкиваются на практике с различными требованиями к технологиям CCUS. Так, разброс исходной концентрации CO₂ составляет от 3-5% для газовой ТЭС и до 30% для доменных печей в черной металлургии. Этот разброс обусловлен рядом технических особенностей – в первую очередь высокой температурой улавливаемых дымовых газов и их низким давлением. Еще одна особенность объектов черной металлургии как и угольной тепло-электрогенерации заключается в существенном содержании оксидов серы и азота в дымовых газах, которые нежелательны как для извлечения CO₂, так и для его последующего захоронения.

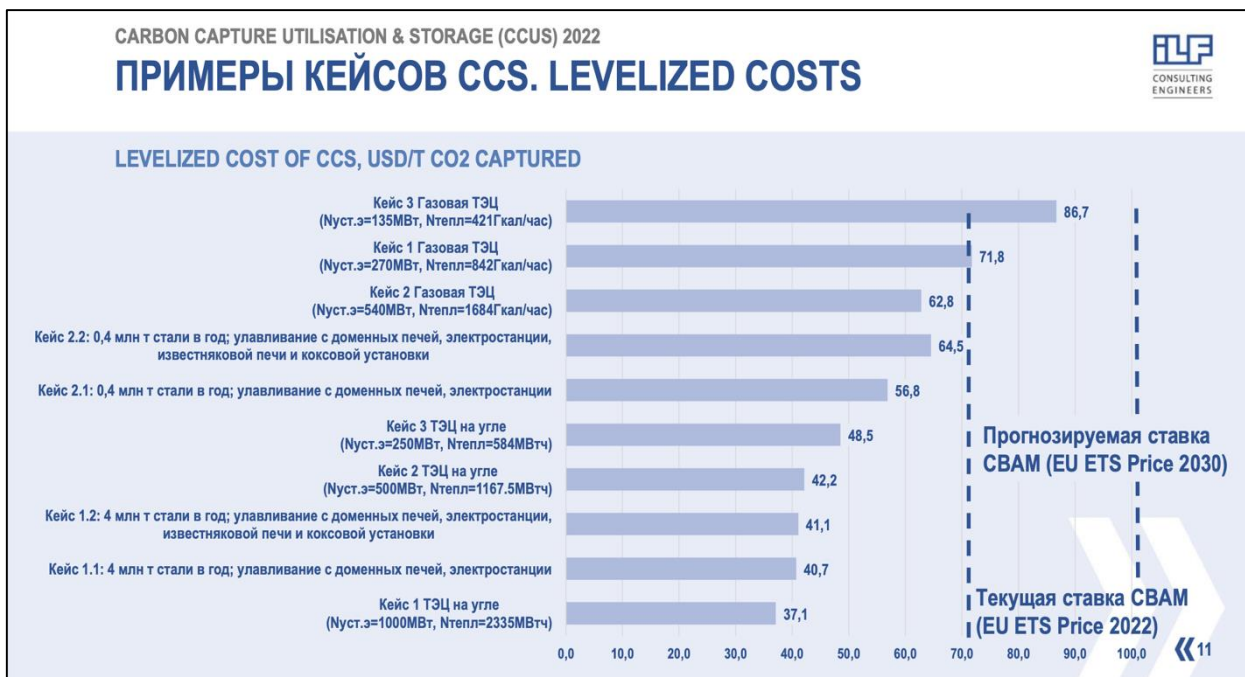


Исследуемые объекты металлургии были разделены на 2 субкейса. В первом случае рассматривалось улавливание углекислого газа исключительно из доменных печей как основных источников CO₂. Во втором случае к доменным печам добавили коксовую установку и известняковую

Так, в сталелитейном производстве концентрация CO₂ может составлять до 50%, а в газовой генерации всего 3-5%. Но на улавливание и очистку в обеих отраслях приходится значительная доля затрат, так как в процесс очистки углекислого газа нужно внедрять технологии по очистке от оксидов серы и оксидов азота.

Как любой высокотехнологичный проект, CCUS подвержены эффекту масштаба: чем выше эмиссии углекислого газа, тем крупнее объем улавливаемого CO₂ и ниже удельные затраты на тонну. При этом разброс капитальных затрат для разных проектов может отличаться в 3 и более раз. «Драйвер любого проекта CCUS – это его масштаб: уловить и захоронить 5 млн тонн CO₂ в год будет экономически целесообразнее, чем 10 тысяч тонн CO₂ в год», - подытожил Чибриков. Но «предугадать» сколько будет стоить реализация подобных проектов в России пока очень сложно из-за отсутствия российских технологий. В ИЛФ надеются на их скорое развитие и испытание на площадках лидеров отрасли – например, на площадках «Атомэнергомаша» и «Газпрома». «Развитие технологий жизненно необходимо, потому что с их развитием будет снижаться удельная капиталоемкость проектов, как мы наблюдали во всех остальных отраслях – от классического нефтегаза до ВИЭ и водородной энергетики», - подчеркнул Чибриков.

Что касается окупаемости проектов, то сравнительных параметров на данном этапе недостаточно. И если сейчас за основу подсчета взять текущие ставки европейской ETS 70-80 долларов за тонну CO₂, то к 2030 году, по мнению аналитиков, цена за тонну может превысить 100 долларов, а усредненная стоимость улавливания может быть ниже расценок ETS. «Таким образом, некоторые компании, которые хотели бы реализовывать проект, не могут его начать, поскольку у них нет гарантий экономического успеха», – считает Чибриков.



Для таких кейсов ILF рассчитали такую цену за тонну CO₂, при которой NPV проекта будет равна 0, то есть без убытков. В этой ситуации становится очевидным, что большие эмитенты могут оказаться лучше по экономике прогнозируемых ставок европейского ETS при мягких экономических условиях - ставке дисконтирования 7% и периодом владения 20 лет. Если мы решим проблемы больших объемов CO₂, проекты могут быть окупаемы. Но CCUS-проекты на 10 тысяч тонн в год вряд ли что-то дадут, кроме имиджа для компании», - подытожил Чибриков.

Пилотные проекты: «Газпром нефть» создаст пилотный проект CCS в Оренбурге

Именно над такими масштабными и окупаемыми CCUS-проектами уже работает ряд российских компаний. Так, «Газпром нефть» изучает различные варианты реализации CCS-проектов в России. Компания рассматривает как локальные проекты декарбонизации конкретных эмитентов CO₂, так и создание крупных хабов или центров хранения под нескольких крупных эмитентов CO₂ – энергетических, металлургических, химических компаний, рассказала **Александра Вертлюгина, директор бизнес-программ по улавливанию, транспорту и хранению CO₂ «Газпром нефть».**

«Мировая тенденция развития отрасли связана с формированием крупных центров хранения в радиусе действия крупных промышленных эмитентов, формируя цепочку участников из промышленных предприятий, компаний по транспортировке CO₂, операторов хранилищ CO₂», - считает Вертлюгина.

Пример реализации такой концепции – проект Northern Lighthts, который развивают Equinor, Shell и Total под юрисдикцией Норвегии в Северном Море. Проект призван создать возможность европейским компаниям консервировать CO₂ в истощенных месторождениях. Для этого компания строит два танкера для транспортировки CO₂ на береговой терминал на западном побережье Норвегии. Далее CO₂ будет закачиваться по трубопроводу в морское подземное хранилище в Северном море. Первая фаза проекта мощностью до 1,5 млн тонн CO₂ в год будет завершена в середине 2024 года. В дальнейшем мощность может быть увеличена еще на 3,5 миллиона тонн до 5 миллионов тонн, в зависимости от рыночного спроса.

Оренбургская область как главный хаб для CCS в России

Наиболее подходящие локации в России под проекты создания масштабных хранилищ CO₂ расположены в традиционных нефтегазоносных регионах Западной Сибири и Оренбургской области. «В данных локациях мы провели геологический скрининг, оценили характеристики коллекторов и потенциальные объемы утилизации CO₂, подтвердив перспективность организации там крупных хранилищ CO₂. По нашему мнению, Оренбургская область обладает качественными предпосылками для первого CCS-проекта в Российской Федерации и является приоритетным регионом для его реализации. С одной стороны, Оренбургское месторождение имеет значительный потенциал для хранения CO₂ порядка 50 млн т. в год. С другой стороны, на территории региона сконцентрированы промышленные предприятия с крупнотоннажной эмиссией CO₂ энергетических, металлургических и нефтегазохимических отраслей», – заявила Вертлюгина.

Вовлечение таких крупных промпредприятий позволит снижать удельные издержки на транспорт и хранение, оптимизировать капитальные затраты на этапе улавливания за счет эффекта масштаба. «Мы в своей работе сейчас в значительной степени сфокусированы на оренбургском проекте и прорабатываем возможности реализации пилотного проекта по улавливанию, транспорту и хранению более 1 млн т. CO₂ в год на базе Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения», - поделилась Вертлюгина.

Задача текущего этапа – оценить техническую реализуемость проекта

При реализации пилотного проекта «Газпром нефть» планирует отработать всю технологическую цепочку по улавливанию, транспортировке и хранению CO₂. «Новая актуальная задача – это изучение возможности локализации отечественных технологий улавливания», – заявила Вертлюгина. Дискуссии с крупными российскими компаниями-поставщиками уже ведутся, но главный вопрос заключается в реальной эффективности проекта в сравнении с канадскими или американскими аналогами на 1 млн тонн.



Для успешной реализации проекта критически важна настройка системы госрегулирования и взаимодействия участников процесса. «На текущей стадии мы как компания-инициатор готовы проводить камеральные работы и финансировать затраты на проектирование. Но уже в следующем году, когда станет вопрос о капиталоемких процессах, о миллиардных инвестициях на запуск и заказ оборудования, безусловно, возникнет вопрос окупаемости данных проектов и их целесообразности при нынешней конъюнктуре», – прогнозирует эксперт. Компания до конца года представит на рассмотрение правительства РФ предложения о мерах государственной поддержки данного проекта совместно с Минэнерго и правительством Оренбургской области.

Еще одна задача – техническая верификация проектов декарбонизации: «Мы должны подтвердить, что CO₂ будет не просто улавливаться и позже выбрасываться в атмосферу, а будет надежно законсервирован в недрах. А это – задача, которую могут решить только компании-недропользователи, поскольку они умеют не только добывать углеводородные ископаемые, но и закачивать сопоставимые объемы обратно в пласты», – считает Вертлюгина.

Наиболее крупными объектами для декарбонизации являются энергетические мощности. Однако капитальные затраты на такие проекты очень высоки. Так, в США и Канаде уже реализовали два проекта по улавливанию 1 млн тонн CO₂ в год на угольных станциях, которые обошлись в 1,5 млрд канадских долларов и 1 млрд долларов США соответственно.

Также «Газпром нефть» и «Русатом Оверсиз» совместно изучают возможности реализации проекта по производству «голубого» водорода на Сахалине, в рамках которого «Газпром нефть» проработает технические и коммерческие аспекты транспортировки и хранения углекислого газа образующегося при производстве водорода. Кроме того, на Сахалине изучается возможность создания хаба для хранения CO₂.

Перспективы CCUS – в хабах с крупными эмитентами CO₂

В пользу локальных хабов в качестве пилотных проектов высказался также **Максим Зимаков, исполнительный директор центра анализа «Газпромбанк»**. «Проекты CCUS по своей климатической сущности интернациональны: на данном этапе в мире запущено уже более 100 проектов. Тем не менее, в России пока ни один пилот не запущен, именно поэтому нужно выбирать и финансировать те проекты, которые проще монетизировать благодаря существующему спросу со стороны действующих крупных эмитентов CO₂», - считает Зимаков.

Самый крупный эмитент в России в настоящее время – Астраханский кластер газодобычи, где добывается 12 млрд кубометров газа в год. 16% из этого объема ежегодно улетучиваются в атмосферу в виде CO₂, и 26% – в виде сероводорода. Потенциально избыточный сероводород можно частично перенаправить на производство гранулированной серы. Однако такой объем рынок, скорее всего, не переработает, поэтому было бы целесообразно рассматривать модель закачки сероводорода (H₂S) сразу в пласт, считает Зимаков.

«Мы как «Газпромбанк» могли бы стать интегратором, локомотивом и драйвером такого проекта – той компанией, которая бы структурировала процесс взаимодействия всех эмитентов с точки зрения создания полигона закачки именно смеси углекислого газа и сероводорода», - предложил Зимаков. Банк не готов рассматривать прямые кредиты для таких проектов, но готов участвовать в проектном финансировании при наличии гарантированных offtake-заказчиков, которыми могут выступать промышленные компании и консорциумы вокруг Астраханского кластера.

Предложение «Газпромбанка» поддержала **Ольга Каратун, заместитель начальника технического отдела «Газпром Добыча Астрахань»**. Астраханское газоконденсатное месторождение по составу пластовой смеси является уникальным и содержит 26% сероводорода и от 14 до 16% углекислого газа. «Даже если брать существующие мощности по добыче и переработке в 12 млрд кубометров отсепарированного газа в год, то получается, что в атмосферу выбрасывается около 1,7 млрд кубометров CO₂ ежегодно. Мало того, что тратятся средства на его добычу и выделение, он еще влияет на увеличение объема оборудования и аппаратуры технологических установок, а после выделения из пластовой смеси просто уходит в атмосферу», – поделилась эксперт.

Геотермальная энергетика: как интегрировать климатические и CCUS-проекты

Как интегрировать климатические и CCUS-проекты, рассказал **Вячеслав Терентьев, генеральный директор АО «ВНИИнефть»**. В последнее время институт изучает вопросы, связанные с геотермальной энергетикой: команда исследует гейзеры, выходы перегретой в недрах земли воды в виде смеси пара с водой на поверхность под давлением с высокой температурой. Вода из скважин, пробуренных на данных локациях, может быть добыта и использоваться для производства электро- и теплоэнергии.

Именно этот вид энергетики активно развивают в Исландии, в том числе и в контексте CCUS. «Мы посетили одну теплоэлектрическую станцию рядом с курортом Blue Lagoon с огромным

геотермальным бассейном. Выручка курорта превышает более чем в полтора раза показатель самой теплоэлектростанции от генерации тепла и электричества. Если взяться за этот вопрос интегрированно и довести процесс утилизации до такого же масштаба, как в Исландии, то КПД может получиться весьма высоким», – поделился Терентьев.

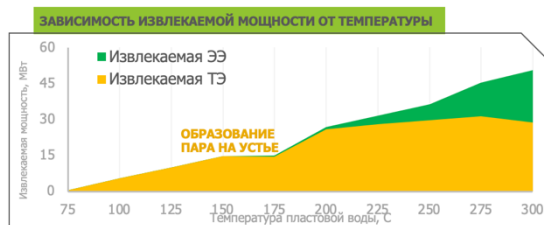
В Исландии используют геотермальную воду повсеместно, в том числе для подогрева дорожных покрытий. Благодаря геотермам Исландия экономит ежегодно до 7 % своего ВВП. Термальная энергия настолько доступна, что позволила наладить в Исландии энергоёмкое производство алюминия в качестве одного из самых значимых секторов экономики. Алюминиевая руда поставляется из Австралии за 19 тысяч километров по морю и перерабатывается на местном предприятии с использованием дешевой и почти полностью «зеленой» электроэнергии с минимальными выбросами CO₂. На одном из проектов эти выбросы сепарируются при добыче, а после этого закачиваются в надежные базальтовые пласты с высокой пористостью и в них надежно консервируются.

«В России очень большой потенциал для развития такой энергетики, практически все ее месторождения сконцентрированы на Дальнем Востоке, Сахалине и Камчатке. Но мы ее не очень-то используем», - поделился Терентьев. На Камчатке есть несколько действующих проектов, в частности станции «РусГидро» установленной мощностью около 70 МВт. По мнению Терентьева, ее лучше вырабатывать по принципу когенерации, когда и тепловая и электроэнергия вырабатываются одновременно, пар на турбине генерирует электроэнергию, а горячая вода используется для производства тепла. «Это очень интересная цепочка создания ценности: горячую воду можно использовать для отопления, электроэнергию – для курорта или рыбного хозяйства, а CO₂ улавливать и закачивать обратно в пласт», - предлагает Терентьев.

ОПЫТ ОБУСТРОЙСТВА НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И ТЕПЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТЕМПЕРАТУРОЙ БОЛЕЕ 230-250°C В РЕЖИМЕ КОГЕНЕРАЦИИ ПОЗВОЛЯЕТ УВЕЛИЧИТЬ КПД СИСТЕМЫ НА 20-35% ПО СРАВНЕНИЮ С ГЕНЕРАЦИЕЙ ТОЛЬКО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

- ▶ **КОГЕНЕРАЦИЯ ТЕПЛА**
на высокотемпературных месторождениях, когенерация электроэнергии и тепла составляет более 80% от установленной мощности ГеоЭС для максимизации извлекаемой энергии из добываемого теплоносителя
- ▶ **ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ ГЕОЭС БОЛЕЕ 2,8 ГВТ**
Суммарная установленная электрическая и тепловая мощность ГеоЭС более 2,8 ГВт (26% ЭЭ, 74% ТЭ). В режиме когенерации – 1,2 ГВт
- ▶ **УВЕЛИЧЕНИЕ КПД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**
за счет применения вторичного пара (низкого давления) и бинарных циклов



ПРОЕКТ КОГЕНЕРАЦИИ НА ГЕОЭС NESJAVELLIR (ФАЗА 3, 2000г.)

ДОБЫВАЕМЫЙ ФЛЮИД	МОЩНОСТЬ НА УСТЬЕ, МВт	ИЗВЛЕКАЕМАЯ МОЩНОСТЬ, МВт	КПД, %
Пар	320	53 ЭЭ	16
Вода	170	128 ТЭ	26*
Итого:	490	181	37



* Расчетное значение учитывает энергетическую мощность пара на устье поскольку пар также применяется в процессе генерации тепловой энергии

Таким образом можно организовать полностью замкнутый цикл обеспечения углеродно-нейтральной теплоэлектроэнергией: «Понятно, что от 800 млн тонн CO₂ мы не избавимся, но какую-то часть генерации можно организовать таким способом, который также может решить проблему с CCUS по крайней мере в отдаленных районах нашей Родины», – подытожил Терентьев.

CCUS в металлургии: водород менее рентабелен

О развитии проектов CCUS в отрасли металлургии рассказал **Илья Павлов, директор направления «Водород и инновационная декарбонизация, «Северсталь»**. Компания стала активно развивать тематику CCUS в 2021 году, после того как Евросоюз анонсировал введение трансграничного углеродного сбора.

На Череповецком металлургическом комбинате компании при производстве около 10 млн тонн стали в год выбрасывается порядка 22 млн тонн углекислого газа. «Мы понимаем, что проекты улавливания и захоронения CO₂ реализуются в течение 5-8 лет, это очень длинные циклы проектов, и нам пока сложно понять, что будет к 2030 году, а также как именно будет работать экономика захоронения», - поделился эксперт. Разумеется, к теме CCUS интерес в компании повышен и сохраняется. Компания работала последние полгода вместе с участниками ассоциации «Русская сталь» над стратегией декарбонизации отрасли.

По мнению Павлова, для российской металлургии есть два предпочтительных пути декарбонизации. Первый путь предполагает замену углерода на водород с развитием наукоемкой и очень энергозатратной водородной металлургии. Но этот путь для металлургов менее привлекателен: «Даже если водород производить риформингом или пиролизом, то конъюнктура и цены на водород делают эти проекты едва рентабельными – по крайней мере, их рентабельность ниже, чем у проектов по улавливанию и захоронению CO₂», - поделился Павлов.

Именно поэтому второй и более очевидный путь – это внедрение технологий улавливания и захоронения на текущих или строящихся объектах в местах наибольших выбросов CO₂. Такой подход актуален для доменного производства, где CO₂ выбрасывается непосредственно с домен на коксовом производстве, либо для производства горячебрикетированного железа (ГБЖ) в электропечи, где выбросы CO₂ идут с паровых реформеров.

Где улавливать углекислый газ?

Технический вопрос, которым задаются металлурги: на какой именно стадии улавливать CO₂? Фактически, на всех интегрированных металлургических предприятиях, объединенных на одной площадке, организованы замкнутые энергетический и газовый потоки. Эти потоки интегрированы в газообмен всего комбината и потому малодоступны для улавливания. Однако коксовый доменный газ используется на ТЭЦ металлургических производств. Поэтому самый доступный сценарий – это улавливание CO₂ непосредственно из трубы ТЭЦ, либо с производств жидкой стали и металлопроката, где объемы выбросов составляют до 600-700 тонн в год. «Это привело нас к выводу, что тема улавливания CO₂ для металлургов настолько же актуальна, как и для энергетиков, поскольку обе отрасли инфраструктурно похожи», - отметил Павлов.

Практическая организация улавливания CO₂ сопряжена с трудностями. Первая сложность – нехватка площадей на предприятиях с плотной застройкой: «Понять, где построить завод по улавливанию CO₂ – серьезная задача», - поделился Павлов. Вторая сложность – большая энерговооруженность: по подсчетам «Северстали», на улавливание 1 млн тонн CO₂ необходимо 10 мВт дополнительных энерго мощностей. При этом металлургические комбинаты стремятся к полному самообеспечению электроэнергией за счет собственной электрогенерации при производстве, так как собственная энергия обходится дешевле забираемой из сети.

«Строя любой проект, мы вынуждены забирать много электричества из сети, и если такой проект требует большие объемы энергии из внешней генерации, его экономика становится сильно хуже, чем у проектов, запитываемых от внутренней генерации», - пояснил Павлов. «Если мы найдем варианты

декарбонизировать нашу внутреннюю генерацию, которая запитывается как природным газом, так и внутренними газами с производства, то CCUS может стать привлекательной историей, так как при увеличении собственной генерации более чем на 100 процентов энергию можно было бы использовать и в производстве водорода», - считает Павлов.

Компания продолжает изучать энергопроекты с производством водорода, однако большая часть из них сопряжена с огромными энергозатратами. Именно поэтому для металлургов более привлекательны и очевидны проекты улавливания CO₂ – в первую очередь, на производстве ГБЖ, где улавливаемый углекислый газ можно либо дешево транспортировать дальше, либо сразу закачивать в пласт. «Наиболее интересны новые проекты, при реализации которых улавливание интегрируется в процесс производства горячебрикетированного железа. Это позволит сэкономить приличные проценты как на CAPEX, так и на OPEX», - резюмировал Павлов.

Для захоронения CO₂ рассматриваются также два варианта – непосредственно вблизи комбинатов, если это позволяют геологические возможности, либо через транспортировку к крупным хабам, которые могли бы закрыть потребности сразу нескольких металлургических предприятий-эмитентов: «Хабы обеспечили бы и более короткие сроки реализации проектов, и потенциально более низкие расходы Capex в части захоронения», – считает Павлов. Кроме того, хабы могли бы быть интересны индустрии как крупные инфраструктурные стройки, как новый рынок труб большого диаметра, торговли сертификатами CO₂, производства новой продукции и оборудования, а также перспективных инвестиций.

Декарбонизация металлургии: ориентация на Ближний Восток и Азию

«Российским предприятиям газохимии и металлургии придется декарбонизироваться в любом случае, и без CCUS это невозможно», - заявил в своем выступлении **Никита Зотов, старший консультант VYGON Consulting**. Компания провела исследование по монетизации выбросов для отраслей металлургии и газохимии как ключевых эмитентов CO₂ с точки зрения технологической приспособленности, а также изучила наиболее перспективные рынки для этих отраслей.

Значительная часть российского экспорта азотной газохимии направляется в Европейский Союз. Она не подпадает под европейские санкции и входит в периметр будущего трансграничного углеродного регулирования, что уже является стимулом для декарбонизации отечественной газохимии.

Несколько иная ситуация обстоит с экспортом продукции российской черной металлургии: до введения санкций значительная его часть направлялась на рынки ЕС. В новых условиях перспективным рынком для российской стали может стать, например, Турция, которая собирается достигнуть углеродной нейтральности к 2053 году и уже работает с Всемирным банком над созданием собственной системы торговли квотами на выбросы CO₂. Такие же климатические амбиции заявляет и Бразилия, которая уже создает собственную торговлю квотами, а также Китай.

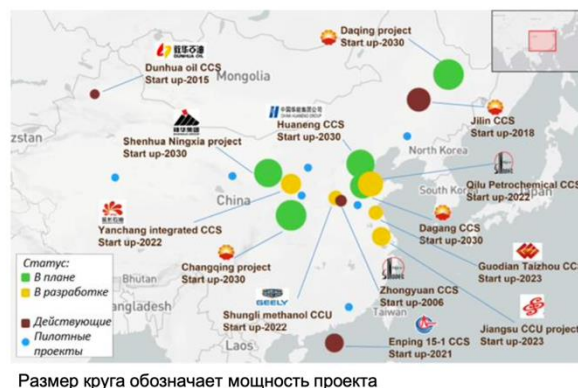
Китай активно инвестирует в CCUS

Именно Китай обладает большим опытом и амбициями в реализации проектов CCUS. Большинство действующих и часть будущих проектов в стране связаны с методами увеличения нефтеотдачи (МУН): «Китай является нефтеимпортирующей страной, это отвечает их политике энергобезопасности. В то же время МУНы являются одним из способов амортизации технологии, поскольку за счет наработок в сфере МУН можно частично покрыть затраты на разработку технологий и проведение демонстрационных проектов», - пояснил Зотов.

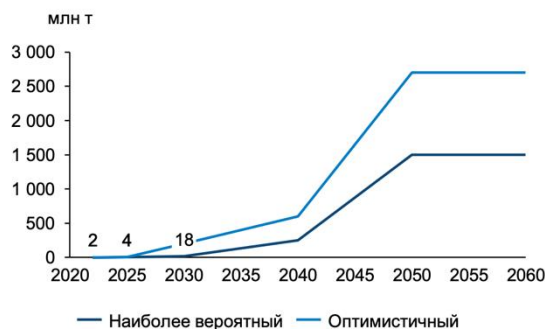
Китай обладает большим опытом и имеет большие амбиции в реализации CCS

VYGON
consulting

Карта действующих и будущих проектов CCS в Китае



Сценарии развития мощностей CCS в Китае



Большинство действующих и часть будущих проектов в Китае связаны с методами увеличения нефтеотдачи, что является проявлением политики энергетической независимости

Источник: Rystad Energy, OGCI, VYGON Consulting

10

Будущие китайские CCUS-проекты уже больше ориентированы на захоронение CO₂ в водоносных горизонтах почвы. Китай активно инвестирует в это направление. Так, 3,5 млрд юаней было выделено только в виде прямой господдержки различных НИОКРов и демонстрационных проектов. Кроме того, была создана система налоговых вычетов специально под CCUS-проекты, а также внедрены дополнительные налоговые стимулы для CCUS-проектов в сфере МУН, «хотя проекты МУН, строго говоря, не являются климатическими», - подчеркнул Зотов.

На российском Дальнем Востоке направление CCUS имеет туманные перспективы. Потенциалы захоронения пока недостаточно изучены, а риски для государства и бизнеса остаются высокими. Так, в Японии реализация проектов CCUS сталкивается с проблемой сейсмостойчивости. Сейчас на пилотных проектах изучаются такие факторы, как влияние закачки углекислого газа в недра на частоту землетрясений и их амплитуду. Это может стать вызовом и для российского Дальнего Востока. «Именно поэтому, согласно текущим строительным нормам, остров Сахалин мало подходит под реализацию проектов по захоронению CO₂, хотя там уже планируется проект по производству голубого водорода», - напомнил Зотов.

Вызовы для России: нужен атлас и обмен опытом с Китаем

Однако отсутствие понятного регулирования и финансирования – не единственные сложности, с которыми уже столкнулась зарождающаяся отрасль CCUS. В России необходимо провести всеобъемлющую оценку геологического потенциала хранения, считает Зотов: «Сейчас российская компания, условно говоря, не может взять атлас и посмотреть, какой потенциал захоронения доступен для ее предприятия и нужно ли ей вообще реализовывать проект».

VYGON Consulting также предлагает усиливать сотрудничество с китайскими партнерами, в первую очередь с нефтяниками и газохимиками, которые развивают проекты с 2006 года, а также активно приглашать их к участию в российских инвестпроектах, вовлекая их в том числе в работу над проектной документацией.

Но главное, отрасли необходимы серьезные экономические стимулы. «На примере Китая одним из стимулов для развития отрасли может стать распространение налога на дополнительный доход (НДД) на проекты CCUS с МУН и увеличение в НДД величин предельных затрат, связанных с CO₂, что при определенных условиях может стать стимулом для развития проектов захоронения на выработанных месторождениях», - подытожил Зотов. По оценкам эксперта, безусловным критерием реализации любого проекта будет являться его экономическая эффективность: «Если у нас в России стимулы будут лучше, чем в других странах Востока, проекты нужно реализовывать здесь. Главное, чтобы были деньги».

Технический регламент для российского CCUS в процессе

По каким техническим стандартам будет развиваться отрасль CCUS в России рассказал **Антон Лядов, председатель технического комитета по стандартизации 239, Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук**.

На Западе система стандартизации развивается уже более 10 лет, с 2011 года, когда был создан соответствующий международный комитет ISO, разработавший стандарты для практически всех элементов технологий CCUS. Начиная с 2011 года ведение дел секретариата этого комитета поручено Канаде, которая является одним из первопроходцев реализации более или менее коммерчески значимых проектов по выделению, транспортированию и хранению углекислого газа. Только за последний год комитетом ISO было отработано 19 стандартов.

Итоги работы комитета – описание наилучших практик, которые могут внедряться на уровне пилотных проектов в цементной промышленности. Для других отраслей на данном этапе ведутся переговоры и создаются рабочие группы. «Мы тоже участвует в этом комитете и имеем право голоса. С первых дней организации нашего комитета, мы решили, что будем активно участвовать в деятельности, чтобы владеть информацией и делиться нашим полезным опытом», – заявил эксперт. На данном этапе в России создается национальная система стандартизации CCUS, и пул соответствующих стандартов уже сформирован. За процессом их обсуждения можно наблюдать [на сайте комитета 239](#), где выкладывается вся официальная информация в оперативном режиме.

«По итогам 2-й конференции CCUS мы еще раз убедились в том, что отрасли необходим лидер в области ФОИВов, то есть ведомство с лидирующей ролью. Создание межведомственной рабочей группы для развития отрасли улавливания, хранения и утилизации углерода, возглавляемой заместителем председателя правительства Александром Новаком – это очень правильный шаг. И было бы логично, если бы бразды правления оставались в руках Минэнерго, поскольку в зарождающейся отрасли будет много интересных и противоречий на первом этапе, которые необходимо решать оперативно», - предложил по итогам конференции Санджар Тургунов.

«Любой проект CCUS очень долгосрочный и капиталоемкий, требующий существенных государственных инвестиций и субсидий. И сегодняшняя конъюнктура – не показатель: нужна долгосрочная стратегия развития новой отрасли, разработанная и согласованная всеми участниками рынка и носителями компетенций», – подытожил Тургунов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Все материалы, представленные в данном тексте, носят сугубо информационный характер и являются частным суждением авторов. Никакая информация из данного текста не может рассматриваться как призыв или рекомендация к совершению каких-либо действий.