

УДК 658.18

## УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ В РАМКАХ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аллаххах Хади (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**Научный руководитель – д.э.н., проф., профессор факультета технологического менеджмента и инноваций Максимова Т.Г.** (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**Аннотация** Статья посвящается решению проблемы декарбонизации нефтяной промышленности путем внедрения инновационных технологий по захвату, транспортировке хранению и использованию углекислого газа. Данные технологии являются перспективной темой, обсуждаемой мировым научным сообществом, поскольку страны по всему миру борются за сокращение выбросов углекислого газа для предотвращения стремительного сценария глобального потепления. Имеющиеся ресурсы природных хранилищ и развитый нефтегазовый комплекс делают данные технологии еще более привлекательными для России для выполнения обязательств по сокращению удельных выбросов парниковых газов на единицу выпускаемой энергии.

**Введение.** Нефтегазовая промышленность является важной частью мировой экономики. Хотя на ее долю приходится значительная часть глобальных выбросов углекислого газа, инновационные технологии, позволяющие улавливать и хранить выбросы углекислого газа открыли новые возможности для снижения углеродного следа отрасли. Инвестируя в развитие этих технологий, нефтегазовые компании могут сократить выбросы и получить выгоду от роста мировой экономики. Актуальность таких инвестиций связана с глобальными процессами в мировой экономике, целью которых является борьба с глобальным потеплением путем снижения выбросов парниковых газов – декарбонизация. Более 125 стран мира поддержали данную инициативу и готовы выполнять обязательства по развитию возобновляемых источников энергии и снижению удельных выбросов углекислого газа на единицу энергии. При этом российская экономика в рамках процессов декарбонизации сталкивается с большими потерями, т.к. базируется на углеродоемких отраслях. По данным Росстата, доля нефтегазового сектора в структуре ВВП России в 2022 года выросла до 21,7% с 17,4% в 2020. Полный отказ от традиционной энергетики и переход на возобновляемые источники энергии к 2050 г. немыслим для российской экономики. Однако адаптироваться под существующие условия «зеленого» перехода все же придется. Адаптации экономики к будет способствовать грамотное управление инновациями в процессах улавливания, утилизации и хранения углерода (CCUS) в нефтяной промышленности.

**Основная часть.** Технология CCUS представляет систему альтернативных технологических цепочек, основными из которых являются захват, транспортировка и захоронение углекислого газа. В настоящее время в мире реализуется 88 пилотных и 38 крупномасштабных проектов, преимущественно в США, Канаде и Китае.

Для реализации этих проектов необходима консолидация между разными субъектами: органами государственной власти, энергогенерирующими объектами и предприятиями-эмитентами в промышленности, нефтедобывающими предприятиями, природоохранными организациями, средствами массовой информации и общественностью. Наиболее эффективно данные технологии применяются при использовании CO<sub>2</sub> для повышения нефтеотдачи месторождений (CCS-EOR). Отдельные элементы технологии применяются нефтяными компаниями уже давно, но комплекс технологий, пока недостаточно используется. Есть сведения о 23 экономически эффективных крупномасштабных проектах в CCS-EOR мире. Общая мощность всех проектов, использующих данные технологии в мире составляет 40 млн.

т CO<sub>2</sub>. Это значения слишком мало в мировых масштабах. Необходимо увеличить эти показатели как минимум в 100 раз для выполнения условий углеродной нейтральности. Эти технологии одновременно преследуют две цели: повышение эффективности добычи нефти (нефтеотдачи пластов), и утилизация углекислого газа.

Самая затратная часть комплексных проектов CCS-EOR – захват углерода. Она занимает до 70% стоимости проекта. Реализуется захват на энергетических объектах, которые сжигают углеводородное топливо. Технология имеет три разновидности: до сжигания, во время сжигания или после сжигания. Они основаны на механизмах физической и химической абсорбции, каталитического гидрирования, применения мембран и ферментов, электрохимическом извлечении, спектроскопии.

После улавливания углекислый газ необходимо транспортировать. Для этого могут использоваться трубопроводы, аналогичные как при перекачке природного газа. В мире существует порядка 7 тыс. км таких трубопроводов, но должно стать еще больше. Для малых объемов целесообразнее использовать газовозы и малотоннажные суда. Эффективность каждого вида транспорта определяется в каждом конкретном случае. Для достижения синергического эффекта в рамках таких проектов возможно объединение в кластеры и создание хабов.

Утилизация промышленных выбросов может производиться путем их захоронения в глубокие геологические структуры: истощенные нефтяные и газовые месторождения, а также в слабопроницаемые отложения (например, соляные каверны). Нефтяные резервуары являются потенциально пригодными для хранения при условии, что к моменту эксплуатации доказана герметичность резервуара. Наибольшее количество ПХГ в соляных кавернах эксплуатируется в США — 31 ПХГ, их общая активная емкость составляет порядка 8 млрд м<sup>3</sup>, а суммарный объем более 200 млн м<sup>3</sup>/сут. В России пока нет серьезных проектов по захоронению углекислого газа, однако ее природные возможности дают большой потенциал данному направлению.

Еще одна перспективная технология – захоронение углекислого газа в газогидратном состоянии на дне Мирового океана. Для перевода CO<sub>2</sub> в состояние гидрата необходимо снизить её температуру ниже +12°C и сообразно конфигурации пограничной кривой САЕ поднять давление. Привлекательность описанного выше способа повышает наличие на дне Мирового океана скоплений гидрата метана в количествах, превышающих его запасы в свободном газообразном состоянии. Одним из наиболее рациональных способов является способ замещения гидрата метана в толще морского дна гидратом CO<sub>2</sub>.

Передовая аналитика и большие данные также все чаще используются для повышения эффективности нефтегазовой отрасли. Это включает в себя использование данных для выявления областей, требующих улучшения, а также использование предиктивной аналитики для прогнозирования будущих условий.

**Выводы.** Инновационные технологии играют важную роль в снижении воздействия нефтегазовой отрасли на окружающую среду и создании новых экономических возможностей. Перспективными для реализации являются CCUS проекты, в особенности проекты для повышения нефтеотдачи месторождений (CCS-EOR). Наиболее затратным является захват углекислого газа. Для транспортировки необходима разветвленная сеть трубопроводов. Захоронение помимо действующих скважин может проводиться в отработанных скважинах и соляных кавернах. В России опыт реализации таких проектов небольшой, но имеются условия для использования CCUS для снижения углеродного следа.

Аллаххах Хади  
(автор)

Подпись

Максимова Татьяна Геннадьевна  
(научный руководитель)

Подпись