УДК 502.35

ЭКОНОМИКО-СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАХВАТА И ЗАХОРОНЕНИЯ CO_2 В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

А.Е.ЧЕРЕПОВИЦЫН, *д-р экон. наук, профессор, alekseicherepov@inbox.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

Определено место природоохранных технологий в современной парадигме устойчивого развития нефтегазового комплекса (НГК). Обозначена роль технологий захвата и захоронения углекислого газа (ЗЗУ) как механизма снижения эмиссии CO_2. Разработана концепция возможностей технологий повышения нефтеотдачи с закачкой углекислого газа (ПНО-CO_2) в контексте устойчивого развития НГК. Предложена типология экономических стимулов развития и внедрения технологий ЗЗУ. Определены стратегические задачи в области научных исследований по развитию технологий ЗЗУ.

Ключевые слова: устойчивое развитие, технологии захвата и захоронения, нефтегазовый комплекс, закачка углекислого газа для повышения нефтеотдачи, экономические стимулы, углеродный рынок.

Ключевые вызовы глобальной энергетики: ухудшение качества запасов, увеличение роли энерго- и ресурсосберегающих технологий, экологические ограничения, освоение нетрадиционных источников углеводородного сырья, экономические и технологические санкции – заставляют задуматься о новой концепции устойчивого развития нефтегазового комплекса (НГК). Современная модель развития НГК должна отражать смену приоритетов и переход к инновационно-ресурсной концепции, где основой освоения ресурсной базы должно стать рациональное недропользование, оптимизация энергетических затрат и более полное извлечение углеводородов.

Современная парадигма устойчивого развития НГК России должна основываться на инновационной составляющей, которая формирует высокотехнологичную, рациональную, экологосбалансированную систему функционирования предприятий нефтегазодобычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья [3].

Принципы функционирования российского НГК в современных экономических реалиях могут и должны предусматривать использование комплекса организационно-технических и экономических решений по внедрению природоохранных технологий, позволяющих использовать опции снижения парниковых газов, имеющих распространение в западных странах и обеспечивающих энергоэффективное развитие и рациональное недропользование.

Развитие технологий секвестрации углекислого газа путем захвата и закачки его в подземные резервуары является перспективным механизмом снижения концентрации CO_2. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), вклад этой технологии в общемировое снижение эмиссии к 2050 г. может достигнуть 1,5 млрд т CO_2 в год [1]. Доля технологий захвата и захоронения углекислого газа (ЗЗУ) в сокращении глобальной эмиссии прогнозируется от 20 до 28 %, что свидетельствует о перспективах развития и масштабного внедрения таких технологий [1].

Технологии секвестрации (технологии ЗЗУ) включают следующие технологические процессы: улавливание, транспортировку, геологическое захоронение.

Геологическое захоронение связано с возможностью закачки CO_2 в соленосные формации (водоносные слои), нефтегазовые месторождения, угольные пласты.

При закачке CO_2 в соленосные формации или нефтегазовые месторождения на глубину более 800 м необходимо оценивать горно-геологические свойства пород. Резервуары должны иметь высокую пористость, чтобы накапливать большое количество углекислого газа. Породы внутри водоносных пластов, как правило, проницаемые, что позволяет CO_2 проникать в подземные резервуары. В то же время резервуары для хранения должны быть покрыты непроницаемыми вышележащими породами, чтобы избежать утечек на поверхность.

Хранение в угольном пласте может осуществляться на малых глубинах. Оно основано на адсорбции CO_2 в угле, техническая осуществимость такой технологии в значительной степени зависит от проницаемости угольного пласта.

Хранение CO_2 в нефтегазовых месторождениях, находящихся на завершающем этапе добычи, может использоваться для повышения нефтеотдачи (ПНО-CO_2). Данная технология позволяет повысить нефтеотдачу и увеличить добычу нефти посредством нефтяного вытягивания и снижения вязкости нефти [2].

Повышение нефтеотдачи методом ПНО-CO_2 сопровождается добавленной ценностью посредством использования техногенного CO_2, улавливаемого на электростанциях и промышленных предприятиях. Работы, выполненные американскими экспертами, показали, что мировой потенциал ПНО-CO_2 составляет 340 млрд баррелей технически извлекаемых нефтяных ресурсов, а емкостной потенциал захоронения CO_2 достигает 120000 млн т. Огромные объемы возможного захоронения углекислого газа в нефтяных пластах подчеркивают интерес к технологиям ПНО-CO_2 [5].

Утилизированный в подземных резервуарах CO_2 может считаться сокращенным выбросом парниковых газов и при наличии действующего углеродного рынка позволяет получать дополнительные доходы от утилизации углекислоты.

Необходимо отметить, что Энергетическая стратегия-2030 формирует ряд целевых ориентиров технологического развития нефтедобычи, среди которых увеличение масштабов промышленного внедрения инновационных технологий повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти. В качестве приоритетных методов повышения нефтеотдачи выделены газовые, водогазовые, термогазовые, реогазохимические и тепловые [4]. Эксперты оценивают газовое стимулирование пласта, включающее закачку в пласт двуокиси углерода, попутного нефтяного газа (ПНГ), углеводородных и дымовых газов, как одно из наиболее эффективных и рациональных технологических процессов с точки зрения энерго- и ресурсосбережения и повышения коэффициента извлечения нефти.

Концепция устойчивого развития НГК в рамках стратегического видения возможного масштабного использования технологий ЗЗУ представлена на рис.1. Для НГК технологии ЗЗУ связаны прежде всего с закачкой техногенного CO_2 в пласт.

Основной проблемой использования ПНО-CO_2 является высокая стоимость техногенного CO_2. Технологии ЗЗУ, как уже отмечалось, представляют собой комбинацию трех процессов: захват CO_2, транспортировка, захоронение. Эти процессы (этапы) существенно отличаются друг от друга в плане технико-технологической осуществимости и опыта использования. В настоящее время большинство проектов носит демонстрационный характер, а потому однозначной оценки стоимостных параметров технологии ЗЗУ нет.

Стоимость внедрения технологий ЗЗУ будет зависеть от конкретного проекта, от технологических особенностей захвата на промышленном предприятии, горно-геологических параметров месторождения, дальности транспортировки и др. По оценкам экспертов стоимость технологий ЗЗУ находится в пределах 1440-2136 руб./т CO_2, при этом стоимость технологий улавливания 1087-1392 руб./т CO_2, транспортировки 179-266 руб./т CO_2, стоимость захоронения в нефтегазовых резервуарах 174-478 руб./т CO_2. Таким образом, стоимость захоронения на месторождениях суши составляет примерно12 %, а на море около 22 % от общей стоимости технологий ЗЗУ[6].



Рис.1. Концептуальное представление возможностей технологий ПНО-CO_2 в контексте устойчивого развития НГК

Эффективность использования технологи ПНО-CO_2 будет также зависеть от цены CO_2 на углеродном рынке.

Необходимо отметить, что затраты на секвестрацию CO_2 различны на разных стадиях развития технологии. Так, на демонстрационной стадии проекты незначительны по объему и имеют целью привлечь внимание всех заинтересованных сторон к данным технологиям и доказать их эффективность и безопасность. На этом этапе стоимость таких проектов будет достаточно высокой, особенно на этапе захвата CO_2.

В дальнейшем, когда ЗЗУ войдет в раннюю коммерческую стадию за счет эффектов масштаба и обучения затраты на внедрение технологии сократятся более чем на 35 %. К наступлению стадии коммерческой зрелости затраты на ЗЗУ могут еще снизиться на 10-12 %.

Для отечественного нефтегазового комплекса важно выявить экономические ограничения использования технологии CO_2-ПНО в рамках потенциально возможного создания национального углеродного рынка или при интеграции в механизмы европейского рынка углеродных кредитов. Это позволит определить диапазон цен и критические ценовые параметры проектов ЗЗУ.

Закачка CO_2 в нефтяные резервуары – сложный процесс, и точная прогнозная величина потенциала ПНО-CO_2 для российских месторождений может быть определена посредством геолого-экономического моделирования и детального исследования потенциальной емкости резервуаров. Экономический анализ схем ПНО-CO_2 представляет собой исследование, сопряженное с дополнительными трудностями, связанными с необходимостью усовершенствования технико-технологических подходов, включая выбор и использование нефтедобывающего оборудования, учет специфических капитальных и эксплуатационных затрат, оценку геологических и инвестиционных рисков.

Большинство нефтегазовых месторождений России (Западная Сибирь) находятся в районах, удаленных от основных источников промышленных выбросов CO_2. Наиболее актуальным для использования методов ПНО-CO_2 представляются старопромысловые нефтегазовые районы (Татарстан, Башкортостан), а также Северо-Западный регион (включая Калининградскую область). Оценка геолого-технического потенциала технологии ПНО-CO_2 и захоронения CO_2 важна прежде всего для старопромысловых нефтяных районов.

Формирование эффективной стимулирующей государственной политики для масштабного внедрения проектов ЗЗУ сдерживается высокой капиталоемкостью таких технологий, а также неопределенностью дальнейшего развития мировых углеродных рынков. Поэтому необходимы стимулы и поддержка стратегических инициатив компаний нефтегазового комплекса в ресурсосберегающей и природоохранной сферах, связанных с реализацией проектов ЗЗУ.

В исследовании разработана типология инструментов стимулирования для продвижения технологий ЗЗУ, которая основывается на принципах инновационного ресурсосберегающего и энергоэффективного развития отраслей экономики в целом и НГК в частности (рис.2). Помимо организационно-административных и экономических стимулов предлагается большое внимание уделить общественным стимулам. В виду того, что технологии ЗЗУ инновационны по своей природе и связаны с рациональным природопользованием, необходимо формировать общественное сознание в пользу компаний как социально ответственных.

Кроме того, длительное захоронение углекислого газа в геологических резервуарах предполагает создание механизмов отслеживания состояния подземной среды и оценку рисков возможного выхода CO_2 на поверхность. Необходимо определить, кто будет заниматься мониторингом и контролировать процесс диффузии CO_2 в подземных пластах в течение долгих десятилетий.

Интересной и важной стратегической задачей является разработка механизмов взаимодействия государства, нефтегазовых компаний, научно-исследовательских институтов и экологических организаций по популяризации технологий ЗЗУ и ПНО-CO_2.



Рис.2. Стимулы реализации проектов ЗЗУ

Целесообразным представляется выделить ряд направлений в области научных исследований по развитию технологий ЗЗУ:

• генерация знаний для формирования научных задач и приоритетов использования технологий ЗЗУ в Российской Федерации;

• разработка методических подходов к оценке и переоценке геологических резервуаров, пригодных для консервации парниковых газов;

• создание системы геолого-экологических карт с указанием мест и потенциала захоронения CO_2 в геологических структурах, источников эмиссии, необходимой инфраструктуры;

• формирование концептуальных основ национального углеродного рынка;

• моделирование предельных текущих и капитальных затрат на внедрение технологий ЗЗУ в зависимости от прогнозов развития углеродных рынков и технологического совершенствования;

• разработка механизмов взаимодействия государства и бизнеса при реализации проектов ЗЗУ;

• разработка методик оценки геологических, экологических и инвестиционных рисков проектов ЗЗУ.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, проект МД-3181.2013.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы энергетических технологий. Стратегии и сценарии до 2050 г. Международное энергетическое агентство. 2011. http://www.iea.org/

2. *Череповицын А.* О захоронении CO_2 в геологических формациях: экономико-общественные аспекты / А.Череповицын, Н.Смирнова, А.Ильинова // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2013. № 4.

3. *Череповицын А.Е.* Стратегия инновационного развития нефтегазового комплекса Северо-Запада России: Автореф. ... д-ра экон. наук. СПб, 2009.

4. Энергетическая стратегия на период до 2030 года. http://www.energystrategy.ru/

5. *Beecy D.* Basin strategies for linking CO_2 enhanced oil recovery and storage of CO_2 emissions / D.Beecy, V.Kuuskraa // 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Vancouver. Canada, 2004.

6. *Naucler T.* Carbon Capture & Storage: Assessing the Economics / T.Naucler, W.Campbell, J.Ruijs // Report of McKinsey & Company. 2008. URL: http: // assets. wwf.ch / downloads / mckinsey 2008.pdf

REFERENCES

1. Perspektivy energeticheskikh tekhnologii. Strategii i stsenarii do 2050 g (*Energy Technology Perspectives. Strategies and scenarios to 2050*). Mezhdunarodnoe energeticheskoe agentstvo. 2011. http://www.iea.org/

2. *Cherepovitsyn A.*, *Smirnova N.*, *Il'inova A.* O zakhoronenii SO_2 v geologicheskikh formatsiyakh: ekonomiko-obshchestvennye aspekty (*About CO_2 storage in geological formations: ecnomic and public aspects*). RISK: Resursy, Informatsiya, Snabzhenie, Konkurentsiya. 2013. N 4.

3. *Cherepovitsyn A.E.* Strategiya innovatsionnogo razvitiya neftegazovogo kompleksa Severo-Zapada Rossii (*The Strategy of Innovative Development of Oil and Gas Complex of North-West Russia*): The autor ... PhD in Economics. St Petersburg, 2009.

4. Energeticheskaya strategiya na period do 2030 goda (*Energy strategy for the period until 2030*) http://www.energystrategy.ru/

5. *Beecy D.*, *Kuuskraa V.* Basin strategies for linking CO_2 enhanced oil recovery and storage of CO_2 emissions. 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Vancouver. Canada, 2004.

6. *Naucler T.*, *Campbell W.*, *Ruijs J.* Carbon Capture & Storage: Assessing the Economics. Report of McKinsey & Company. 2008. URL: http://assets.wwf.ch/downloads/mckinsey2008.pdf

ECONOMIC AND SOCIAL ASPECTS OF CO_2 CAPTURE AND STORAGE TECHNOLOGIES DEVELOPMENT IN THE OIL AND GAS COMPLEX OF RUSSIA

A.E.CHEREPOVITCYN, *Dr. of Economics, Professor, alekseicherepov@inbox.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia

The position of environmental technologies in the modern paradigm of sustainable development of oil and gas industry (OGI) is determined. The role of carbon dioxide capture and storage (CCS) technology as the mechanism of reducing CO_2 emissions is defined. The concept of enhanced oil recovery technologies to the injection of carbon dioxide (EOR-CO_2) in the context of OGI sustainable development is developed. The typology of economic incentives for the development and adoption of CCS technologies is suggested. The strategic objectives in the field of scientific research of the CCS technologies development are defined.

Key words: sustainable development, technology capture and storage, oil and gas, injection of carbon dioxide for enhanced oil recovery, economic incentives, the carbon market.