

**ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТЕХНОГЕННОГО CO<sub>2</sub>  
НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
ENHANCED OIL RECOVERY USING INDUSTRIAL CO<sub>2</sub>  
IN OIL AND GAS FIELDS**

ЩигOLEV К.В., магистрант, Горный университет, Санкт-Петербург,  
shchigolev.kv@gmail.com  
Shchigolev Kirill, Master's student, Mining University, Saint-Petersburg  
shchigolev.kv@gmail.com

**Аннотация.** Достижение высокого КИН является первоочередной задачей всех нефтегазовых компаний. Особенно остро этот вопрос стоит в коллекторах с высокой геологической неоднородностью. Обоснование эффективных технологий, увеличивающих выработку запасов нефти из пластов, и направленных на снижение выбросов парниковых газов в атмосферу – важнейшие задачи на современном этапе развития нефтегазовой отрасли.

Углекислый газ, чаще всего встречающийся в промышленных выбросах, считается главным виновником глобального потепления.

**Ключевые слова:** CO<sub>2</sub>-EOR, увеличение нефтеотдачи, нефтегазовый сектор.

**Abstract.** Achieving a high oil recovery factor is a priority for all oil and gas companies. This issue is especially acute in reservoirs with high geological heterogeneity. Justification of effective technologies, increasing the recovery of oil reserves from reservoirs and aimed at reducing greenhouse gas emissions into the atmosphere are the most important tasks at the present stage of oil and gas industry development.

Carbon dioxide, which is most often found in industrial emissions, is considered to be the main culprit of global warming.

**Key words:** CO<sub>2</sub>-EOR, enhanced oil recovery, oil and gas sector.

**Введение.** Важнейшей экологической проблемой на сегодняшний день является глобальное изменение климата, причиной этой проблемы являются выбросы в атмосферу парниковых газов. Параллельно с этим с каждым годом увеличивается число нефтегазовых месторождений с трудноизвлекаемыми запасами.

Рассматриваемые в исследовании методы CO<sub>2</sub>-МУН позволяют решить эти проблемы, но требуют больших капитальных вложений и нуждаются в развитии и популяризации на месторождениях Российской Федерации.

Целью научного исследования является обзор существующих способов улавливания, закачки, хранения техногенного CO<sub>2</sub> с целью повышения нефтеотдачи и оценка перспектив их использования на месторождениях РФ.

**Технологии повышения нефтеотдачи с использованием диоксида углерода**

Одним из перспективных методов CCUS является использование диоксида углерода в качестве агента для закачки в пласт с целью увеличения нефтеотдачи нефтегазовых месторождений.

Данная методика получила название CO<sub>2</sub>-МУН (CO<sub>2</sub>-EOR) и впервые была применена в промышленном секторе в 70-х годах прошлого века. Основным механизмом повышения нефтеотдачи CO<sub>2</sub> (EOR) заключается в уменьшении межфазного натяжения, снижении вязкости нефти, расширении нефти и экстракционном воздействии на легкие углеводородные компоненты. По сравнению с другими типичными газами, такими как природный газ, воздух, азот (N<sub>2</sub>) и т. д., CO<sub>2</sub> демонстрирует более низкие минимальные давления смешивания (МДС) с пластовой нефтью.

Первые опытно-промышленные работы по закачке  $\text{CO}_2$  в пласт были проведены в Республике Башкортостан на Александровской площади Туймазинского месторождения в 1965 г. До 1990 года данная технология была опробована на 5 нефтегазовых месторождениях, но промышленного применения так и не нашла.

В 1975 г. на территории США стартовал первый коммерческий проект по улавливанию  $\text{CO}_2$  на ГПЗ Террел в Техасе. Технология улавливания диоксида углерода из техногенных источников с дальнейшей закачкой его в пласты получила широкое применение во всем мире.

На 2022 год в промышленной эксплуатации находится 21 проект  $\text{CO}_2$ -EOR, 2 проекта находятся в строительстве и 8 на стадии разработки, все они расположены за пределами России. География проектов  $\text{CO}_2$ -EOR представлена на рис. 1.

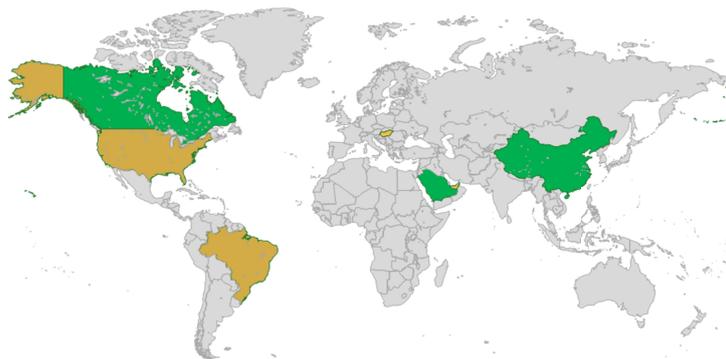


Рис. 1. География проектов  $\text{CO}_2$ -EOR

Одной из важнейших нерешенных проблем на сегодняшний день является оптимизация стоимости процесса улавливания техногенного  $\text{CO}_2$ . Весь технологический процесс включает в себя улавливание, транспортировку и закачку  $\text{CO}_2$  в пласт. Процесс улавливания связан с использованием высокотехнологичных мембранных установок высокой стоимости. Процесс транспортировки и закачки сопровождается высокими затратами на сооружение трубопроводов, компрессорных станций и наземной инфраструктуры повышенной коррозионной стойкости.

Обеспечение рентабельности таких проектов при существующей цене на нефть возможно только за счет механизмов государственной поддержки, стимулирования, а также за счет организации совместных предприятий.

**Заключение.** Рассматриваемые технологии увеличения нефтеотдачи могут применяться в широком диапазоне геолого-физических характеристик пласта и физико-химических свойств нефти.

Механизм повышения нефтеотдачи  $\text{CO}_2$  (EOR) заключается в уменьшении межфазного натяжения, снижении вязкости нефти, расширении нефти и экстракционном воздействии на легкие углеводородные компоненты.

Для оценки экономической эффективности внедрения методов увеличения нефтеотдачи с помощью техногенного  $\text{CO}_2$  необходимо выявить основные регионы-эмитенты и предложить рациональные методы улавливания и транспортировки  $\text{CO}_2$  для закачки в пласт.

Экономическая целесообразность применения методов  $\text{CO}_2$ -EOR будет зависеть от конкретного проекта, затрат на улавливания и цен на нефть.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хромых Л.Н., Литвин А.Т., Никитин А.В. Применение углекислого газа в процессах повышения нефтеотдачи пластов // Вестник Евразийской науки. – 2018. – № 5. URL: <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf> (Дата обращения: 23.04.2022).

2. Череповицын А.Е., Маринина О.А. Методические подходы к экономической оценке проектов повышения нефтеотдачи на основе закачки CO<sub>2</sub> // Записки Горного института. – 2011. – № 194. URL: <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6210/4118> (Дата обращения: 23.04.2022).

3. Cherepovitsyn A., Ilinova A. Ecological, economic and social issues of implementing carbon dioxide sequestration technologies in the oil and gas industry in Russia // Journal of Ecological Engineering. – 2016. – № 2 (17). – С. 19–23.

4. Jiang J. et al. An integrated technical-economic model for evaluating CO<sub>2</sub> enhanced oil recovery development // Applied Energy. 2019.

5. Massarweh O., Abushaikha A. S. A review of recent developments in CO<sub>2</sub> mobility control in enhanced oil recovery // Petroleum. 2021.

6. Tang Y. et al. Review on Pore Structure Characterization and Microscopic Flow Mechanism of CO<sub>2</sub> Flooding in Porous Media // Energy Technology. – 2021. – № 1 (9).

7. Wei B. et al. Interactions and phase behaviors between oleic phase and CO<sub>2</sub> from swelling to miscibility in CO<sub>2</sub>-based enhanced oil recovery (EOR) process: A comprehensive visualization study // Journal of Molecular Liquids. – 2017. (232). – P. 277–284.

УДК 69.05

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ MODELING AS A BASIS OF TECHNOLOGICAL EDUCATION

Медведев Л.Ю., ассистент, кафедра «ГиСМ», Белорусский национальный  
технический университет, sm@bntu.by  
Medvedev L.U., assistant, department “G&SM”, Belarusian National  
Technical University, sm@bntu.by

**Аннотация.** В работе предложен вариант наглядного обучения студентов строительных специальностей практическим основам проектирования, производства конструкций, организации работ, связанных с армированием, опалубкой, бетонированием конструкции. В современном процессе обучения студентов моделирование конструкций применяется крайне редко, в основном на стадии дипломного проектирования. Можно, воспользовавшись «миниатюрными аналогами», создать модель конструкции с армированием, бетоном, опалубкой, которыми будут являться проволока различного диаметра, соответствующего эквиваленту реальным арматурным элементам, непосредственно бетон, и тонкий шпон.

**Ключевые слова:** модель, обучение, строительство, конструкция, арматура, бетон, опалубка.

**Abstract.** In this work there is a suggested variant of demonstrative teaching of students with civil engineering specializations of practical design fundamentals, constructions production, projects organizing regarding reinforcement, formwork, construction concreting. In modern students' education process application of constructions' modeling is extremely rare, mostly during the diploma designing phase. By means of “miniatures analogs” it is possible to create a construction model with fittings, concrete, formwork, which are wires of different diameters, concrete, and thin wood veneer.

**Key words:** model, teaching, civil engineering, building, construction, fittings, concrete, formwork.