

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе  
ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа  
(НИУ) имени И.М. Губкина», к.т.н.

 П.К. Калашников

« 12 » апреля 2024 г.

## ОТЗЫВ

**ведущей организации -**

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина» на диссертационную работу **ЛОКШИНОЙ Евгении Александровны** на тему: «Совершенствование технологии строительства подземных хранилищ углеводородов в соляных пластах», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

### **1. Актуальность темы выполненной работы**

Кандидатская диссертация Локшиной Е.А. посвящена исследованию создания замкнутого водооборотного цикла при строительстве подземных хранилищ газа (ПХГ) в соляных куполах, а также использованию полученных решений по подготовке воды на объектах транспорта и хранения нефти и газа. Развитие газотранспортной системы и газификации территорий требует решения проблемы сезонных и суточных колебаний потребления газа. Наиболее эффективными и надежными хранилищами для этих целей являются ПХГ, в том числе создаваемые в массивах (куполах) каменной соли.

На современном этапе развития этой проблемы наиболее остро ставится вопрос о повышении энергоэффективности, что отражено в государственных программах и нормативных документах. В частности, одной из ключевых задач на 2020-2030 гг. в области подземного хранения газа в системе ПАО «Газпром» является повышение гибкости работы системы ПХГ за счет создания подземных хранилищ с относительно небольшим объемом активного газа, обладающих, однако, высоким оборотом. Такими хранилищами являются ПХГ, создаваемые в соляных куполах методом выщелачивания.

Одним из существенных вопросов устройства ПХГ в соляных массивах является отсутствие низко минерализованных вод и проблема со сбросом высококонцентрированных соляных рассолов без ущерба для экологии.

Соискатель утверждает, что только соответствующим образом подготовленная вода для процессов растворения и разбавления позволяет интенсифицировать эту технологию и оптимизировать условия составляющих ее процессов. Соискатель ставит цель создания замкнутого водооборотного цикла для экологически приемлемой и экономически выгодной технологии создания ПХГ в соляных массивах.

Для решения поставленной задачи соискатель выполнило критический анализ исследований, в области разработки подземных хранилищ углеводородов и физико-химических основ подготовки технической воды с целью выявления основных параметров, влияющих на эффективность строительства ПХГ в соляных пластах. Автор определил оптимальные параметры размыва пласта каменной соли при строительстве ПХГ с целью сокращение сроков разработки полостей в массивах каменной соли и подготовил технические решения подготовки воды для строительства хранилищ углеводородов в соляных пластах с учетом условий использования высокоцветных вод в условиях низких температур.

Использование соискателем в качестве источника высокоцветных, низкоминерализованных вод рек Сибири и Дальнего Востока, с учетом

перемещения газификации в Сибирь и поворота газотранспортной системы на Восток, является безусловно своевременным и актуальным решением.

Диссертационная работа Локшиной Е. А. посвящена исследованию и разработке методов совершенствования технологии строительства подземных газохранилищ в соляных пластах, а более конкретно – возможности сокращения времени строительства подземной емкости и потребления воды для размыва полости в соляном массиве для создания в ней подземного хранилища газа. Диссертантом предложен и исследован замкнутый водооборотный цикл при размыве пласта соли, включающий в себя обессоливание рассола и его возврат в технологический процесс.

В связи со сказанным, можно утверждать, что диссертационная работа Е. А. Локшиной является актуальной.

## **2. Научная значимость результатов диссертации**

Научная новизна диссертации определяется оригинальной разработкой водооборотного цикла с нулевым сбросом при строительстве подземных газохранилищ в соляных пластах, снижающий в несколько раз потребление водных ресурсов по сравнению с традиционными методами разработки. Автором установлена аналитическая зависимость времени растворения соли от концентрирования рассола. С этой точки зрения, результаты работы соответствуют критериям научной новизны для получения ученой степени кандидата технических наук. В ходе выполненных соискателем исследований получены следующие новые научные результаты:

1. Установлена новая закономерность в виде уравнения аналитической зависимости времени растворения пласта каменной соли от степени концентрирования рассола, что позволяет обеспечить наиболее эффективный размыв пласта каменной соли для разработки подземного хранилища газа в сложных климатических условиях.

2. Разработан водооборотный цикл с нулевым сбросом при строительстве подземных газохранилищ в соляных пластах, снижающий потребление водных ресурсов в 4 раза по сравнению с традиционными методами разработки.

3. Разработана методика подготовки технической воды для размыва пласта каменной соли при строительстве ПХГ в условиях низких температур (0-5°C) без предварительного подогрева.

Также в работе рассмотрены вопросы эффективности применения ПТП в зависимости от технологических режимов эксплуатации магистральных трубопроводов, в том числе представлены расчеты влияния таких режимов течения на изменение эффективности ПТП.

### **3. Практическая значимость результатов диссертации**

Разработанная технологическая схема строительства подземного хранилища углеводородов в соляных массивах с возвратом обессоленной воды в процесс растворения позволяет снизить стоимость технологического процесса. (предложенная схема защищена патентом RU2023118912 А).

Полученные рекомендации по выбору реагентов для удаления цветности речных вод позволяют использовать техническую воду, соответствующую требованиям без предварительного нагрева в условиях низких температур.

Разработанные автором рекомендации по комбинированию различных типов реагентов для условий низких температур (0 – 5°C) позволяют увеличить эффективность подготовки воды при меньших дозировках реагентов. Как следует из материалов диссертации, результаты исследований автора были успешно внедрены при проектировании «Станции водоподготовки речной воды» для Амурского газохимического комплекса и могут быть использованы при проектировании объекта транспорта УВ.

#### **4. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать:

- в проектных организациях при проектировании подземных хранилищ углеводородов в соляных пластах (например, ООО «Газпром ПХГ» и «Газпром Геотехника»);
- в проектных организациях при проектировании систем обеспечения объектов транспорта, хранения нефти и газа (например, ПАО «Транснефть», АО «Гипротрубопровод»);
- в научно-исследовательских организациях при выполнении исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке новых технологических схем строительства ПХГ в пластах каменной соли, например, ООО «Газпром ВНИИГаз» научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий, ООО «Газпром Геотехнологии» или других компаний нефтегазового комплекса;
- в образовательных организациях высшего образования, осуществляющих подготовку бакалавров и магистров по направлениям, соответственно, 21.04.01 и 21.03.01 «Нефтегазовое дело», и в образовательных организациях дополнительного профессионального образования (подразделениях образовательных организаций высшего образования) для обучения слушателей нефтегазовых компаний, а также при разработке рабочих программ дисциплин (учебно-методических материалов) и фондов оценочных средств по соответствующим образовательным дисциплинам профессионального профиля.

#### **5. Замечания по диссертационной работе**

В процессе изучения и обсуждения работы выявлены замечания.

1. Наиболее существенное замечание касается диапазона концентраций (40-50) г/л, функционирующее в системе хранилища и подвергаемые, по замыслу автора, обессоливаю мембранами. В реальности, эти концентрации значительно выше и составляют (320-400) г/л.

Вопрос в том, смогут ли мембраны справиться с рассолом таких концентраций? Этот вопрос может являться предметом научной дискуссии на совете при защите диссертации.

2. В диссертации не сказано, как расходы воды, подаваемой в создаваемое хранилище, влияют на концентрацию рассола, и при каких значениях расхода получается рассол с оптимальной (для обессоливания по предлагаемому методу) концентрацией.

3. Остается непонятным кинетика процесса обессоливания. Каково уравнение этой кинетики, Уравнение (1) автореферата является лишь решением некоторого дифференциального уравнения кинетики процесса, но каково само это уравнение, неизвестно? Что такое коэффициент  $K$  и какова его размерность?

4. Часть исследователей, работавших в области создания ПХГ в соляных массивах (например, Р.В. Башкарева, О.Е. Аксютин, А.Е. Гриценко, С.Г. Едигаров и др.) указана без должного на то основания.

Сделанные замечания могут служить предметом дискуссии на совете, однако принципиально не изменяют общей положительной оценки, научной и практической значимости диссертационной работы в целом.

## **6. Общая оценка диссертационной работы**

Диссертационная работа Локшиной Е. А. посвящена актуальной теме – совершенствованию технологии строительства подземных хранилищ углеводородов в соляных куполах. Диссертация представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, состоит из четырех глав, в которых описаны решения научных и практических задач, имеющих весомое значение для газотранспортной отрасли.

Полученные результаты соответствуют поставленным целям и задачам. Основные излагаемые положения для облегчения восприятия иллюстрируют соответствующие рисунки, схемы, диаграммы. По каждой главе и работе в целом подведены итоги исследований. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

Достоверность результатов обеспечивается корректным использованием средств и методов измерений и анализа физико-химических показателей состава воды; экспериментальной проверкой с многократным повторением и положительным опытом применения предложенных методов обессоливания высокоминерализованных рассолов и осветления высокоцветных речных вод в условиях строительства и эксплуатации объектов транспорта и хранения углеводородов.

Приведенные выше замечания и дискуссионные моменты не влияют на общую положительную оценку и не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы. Результаты и выводы, полученные в ходе исследования, могут быть практически использованы ООО «Газпром ПХГ» с целью сокращения потребления водных ресурсов при разработке ПХГ в соляных пластах, увеличения скорости строительства, а также снижения стоимости.

По материалам диссертации опубликованы 22 научные работы, в том числе 9 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в список ВАК при Минобрнауки России, 6 из них по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки), 2 статьи в журналах, входящих в список Scopus, 1 патент на изобретение.

Тема работы и содержание исследований, представленных в диссертации, соответствуют пунктам 1, 2 и 3 паспорта специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», так как в диссертации изложено решение научной задачи совершенствования технологии строительства подземных хранилищ углеводородов в соляных пластах, что имеет важное значение для развития системы транспорта и хранения углеводородов в нашей стране.

Диссертационная работа Локшиной Евгении Александровны отвечает критериям, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 (п.9-14), Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 года №335 (п.9-14, п.32) «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования Российской

Федерации, предъявляемых к кандидатским диссертациям. Соискатель Локшина Евгения Александровна *заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук* по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

Отзыв на диссертацию Локшиной Е.А. обсуждался и утвержден на расширенном заседании кафедры проектирования и эксплуатации газонефтепроводов факультета проектирования, сооружения и эксплуатации систем трубопроводного транспорта ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет)» имени И.М. Губкина», протокол № 7 от 01.04.2024 г.

Заведующий кафедрой проектирования и эксплуатации газонефтепроводов, к.т.н. по специальности 25.00.19 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

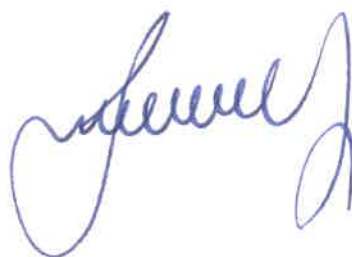


Никита Николаевич Голунов

Подпись Н. Н. Голунова заверяю:

Начальник отдела кадров

12.04.2024



Юрий Егорович Ширяев

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов, адрес: 119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1.

Контактный телефон +7(499)507-88-88. E-mail: com@gubkin.ru. Официальный сайт: www.gubkin.ru

Контакты: Никита Николаевич Голунов; +7(499) 507-88-00 (golunov.n@gubkin.ru)



РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина  
Пер. № 2/466  
от «12» 04 2024 г.