# Казанский Федеральный Университет

**Кафедра технологии нефти, газа и углеродных материалов**

 **Kazan Federal University,**

# Department of high-viscosity oils and natural bitumen

**Оценка эффективности создания подземного хранилища газа на примере Южно-Луговского месторождения**

**Assessment of the effectiveness of creating an underground gas storage facility using the example of the Yuzhno-Lugovskoye field**

Валиев Динар Зиннурович, Valiev Dinar Zinnurovich a,

Кемалов Руслан Алимович, Kemalov Ruslan Alimovich b,

Хабибуллин Артем Рамилевич, Khabibullin Artem Ramilevich c,

старший преподаватель кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов a

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов, Член Экспертного совета Российского газового общества (РГО), и.о. руководителя группы «Водородная и альтернативная РГО, профессор РАЕ b

магистрант кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов c

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, Россия

E-mail: valievdz@bk.ru a, kemalov@mail.ru b, khabibullin.kfu@mail.ru c

**Аннотация:** в работе проанализирован процесс создания подземного хранилища газа на примере Южно-Луговского месторождения. В работе также была проведена оценка экономической эффективности создания подземного хранилища газа на примере Южно-Луговского месторождения. Экономическая эффективность проекта оценивается с учетом различных факторов, таких как капитальные затраты на строительство хранилища, операционные расходы, доходы от хранения и продажи газа, а также возможные риски и неопределенности. Для оценки капитальных затрат были учтены расходы на проектирование, бурение скважин, строительство инфраструктуры и закупку необходимого оборудования. Операционные расходы включают затраты на эксплуатацию и обслуживание хранилища, оплату труда персонала, а также налоги и сборы. Доходы от хранения и продажи газа рассчитываются исходя из объемов хранимого газа, тарифов на услуги по хранению и прогнозируемых цен на газ. При выполнении данной задачи были использованы положения, требования и информация из различных нормативных, методических и руководящих документов, справочников, а также учебных и научных работ, которые были учтены в библиографическом списке. Полученные в результате исследования выводы и рекомендации могут быть практически применимы на производстве, особенно при разработке и реализации мероприятий, направленных на эффективность подземного хранения газа. Приведены экономические расчеты проведенного мероприятия, а также результаты расчетов экономической рентабельности и целесообразности проекта.

**Ключевые слова:** подземное хранилище газа, экономические показатели, практическое применение, рентабельность проекта, исследование эффективности.

**Abstract:** The paper analyzes the process of creating an underground gas storage facility using the Yuzhno-Lugovskoye field as an example.

The paper also assesses the economic efficiency of creating an underground gas storage facility using the Yuzhno-Lugovskoye field as an example. The economic efficiency of the project is assessed taking into account various factors, such as capital expenditures on the construction of the storage facility, operating expenses, revenues from storing and selling gas, as well as possible risks and uncertainties. To assess capital expenditures, the costs of designing, drilling wells, building infrastructure, and purchasing the necessary equipment were taken into account. Operating expenses include the costs of operating and maintaining the storage facility, paying staff salaries, as well as taxes and fees. Revenues from storing and selling gas are calculated based on the volumes of stored gas, tariffs for storage services, and projected gas prices.

When completing this task, provisions, requirements, and information from various regulatory, methodological, and guidance documents, reference books, as well as educational and scientific works were used, which were taken into account in the bibliography. The conclusions and recommendations obtained as a result of the study can be practically applied in production, especially in the development and implementation of measures aimed at the efficiency of underground gas storage. Economic calculations of the carried out measure, as well as the results of calculations of the economic profitability and feasibility of the project are given.

**Keywords:** underground gas storage, economic indicators, practical application, project profitability, efficiency research.

**Введение (Introduction)**

В наши дни ценность хранения газа в подземных хранилищах растёт. Стоит обратить внимание на то, какие социальные, экономические и экологические проблемы решает данная тема. Например, создание подземных хранилищ газа может помочь решить проблему обеспечения энергетической безопасности региона, а также повысить экономическую эффективность использования природного ресурса. Создание подземных хранилищ газа может привести к снижению эксплуатационных расходов на транспортировку и хранение газа, что приведет к экономической выгоде для государства и потребителей. Создание подземных хранилищ газа может снизить вредные выбросы в атмосферу, что является актуальной задачей в современном мире с позиции борьбы с изменением климата и сохранения экологической безопасности. Практическое значение будет иметь изучение технических и геологических условий подземных хранилищ газа. От этого исследования может зависеть разработка и внедрение новых технологий, связанных с газохранилищами, что может повысить эффективность эксплуатации и сохранность таких объектов. Кроме того, данная тема имеет актуальность в свете растущей потребности в использовании газа как экологически более чистого вида топлива, в отличие от других источников энергии, таких как нефть и уголь, которые могут оказывать негативное влияние на окружающую среду.

**Цель работы** – изучение эффективности подземного хранения газа.

Для достижения назначенной цели работы необходимо поставить **задачи** исследования:

1. Изучить геологические условия месторождения: структуру грунта и

горных пор, проанализировать проницаемость и водонасыщение.

2. Оценить возможность использования ПХГ в контексте технических

и экономических показателей.

3. Подготовить предложения по оптимизации технического процесса

и улучшению его эксплуатации.

4. Оценить возможные воздействия на окружающую среду.

5. Разработать меры по минимизации негативных последствий.

В качестве объекта исследования выбрано подземное хранилище газа.

6. Провести экономический анализ проекта создания подземного

хранилища газа, включающий оценку капитальных затрат,

эксплуатационных расходов и потенциальных доходов от хранения и

транспортировки газа.

**Объектом** исследования является подземное хранилище газа.

**Предметом** исследования является процесс создания подземного хранилища газа на примере Южно-Луговского месторождения.

Теоретическая значимость работы - в результате выполнения работы предполагается рассмотреть подземные хранилища газа. Практическая значимость работы - результатом настоящего дипломного проекта будут являться обоснованное создание подземного хранилища газа.

**Материалы и методы исследования (Materials and Methods):**

Материалы и методы исследования подземных хранилищ газа включают различные инструменты и подходы, используемые для оценки геологической среды, проектирования хранилищ, мониторинга состояния резервуаров и обеспечения безопасности. Ниже приведены основные компоненты материалов и методов, используемых в исследованиях подземных хранилищ газа. Материалы Геофизические данные: Сейсморазведочные данные: используются для определения структуры и свойств породных слоев, выявления зон трещин и пустот. Гравиметрические и магнитометрические измерения: помогают оценить плотность и магнитные свойства пород, что важно для обнаружения аномалий. Гидрогеологические данные: анализ грунтовых вод: включает оценку уровня воды, химического состава и гидродинамических характеристик. Гидрохимические анализы: определяют состав растворенных веществ в воде, что помогает оценить потенциал коррозии и загрязнения. Образцы кернов: керны, извлеченные из скважин, анализируются для определения механических свойств пород, пористости, проницаемости и содержания флюидов. Химические реагенты: используются для обработки скважин и улучшения проницаемости пород, например, кислоты для стимуляции трещиноватости. Методы бурения и испытания скважин: бурение разведочных и эксплуатационных скважин для получения информации о структуре и составе пород. Испытания на приток и отдачу для оценки производительности скважины. Моделирование и симуляция: компьютерное моделирование потоков газа и жидкости в пористых средах для прогнозирования поведения хранилища. Использование программных пакетов для моделирования динамики подземных резервуаров. Мониторинг и контроль: установка датчиков давления, температуры и уровня жидкости для постоянного контроля за состоянием хранилища. Регулярные проверки герметичности и целостности конструкций. Лабораторные исследования: физико-химический анализ образцов пород и жидкостей для определения их свойств. Эксперименты по оценке устойчивости пород к различным условиям эксплуатации. Экономический анализ: оценка затрат на строительство и эксплуатацию хранилища. Анализ экономической эффективности различных вариантов размещения и использования хранилищ. Эти материалы и методы обеспечивают комплексный подход к исследованию подземных хранилищ газа, позволяя максимально эффективно использовать ресурсы и минимизировать риски.

**Результаты (Results):**

К основным технологическим параметрам ПХГ, от которых зависят затраты на его создание и эксплуатацию, относятся: объем буферного газа, число и конструкция добывающих скважин, мощность КС. Все эти параметры взаимосвязаны. Так, с ростом объема буферного газа уменьшаются число добывающих скважин и мощность КС, используемой в процессе отбора газа, но увеличивается мощность КС на закачку газа. Увеличение радиуса скважин, гидродинамически совершенных по степени и характеру вскрытия пласта при постоянной максимально допустимой скорости фильтрации на поверхности забоя скважин, приводит к пропорциональному увеличению их дебита, уменьшению числа скважин, что в свою очередь влияет на объем буферного газа и мощность КС. С другой стороны, использование различных типов компрессоров (поршневых, центробежных или винтовых с разным типом привода) вызывает изменение стоимости закачиваемого буферного газа, а следовательно, сказывается на основных параметрах ПХГ.

**Расчет объема капиталовложений на сооружение подземного хранилища газа и их экономической эффективности**

Для сооружения ПХГ активным объемом 211 млн.куб. метров необходимо приобретение и сооружение следующего оборудования: Бурение пяти скважин с обустройством - по цене 159,8 млн.руб, компрессор с расходными материалами - по цене 3,1 млн.руб, стоимость буферного газа закачиваемый в ПХГ - по цене 12,08.

Таким образом общая сумма капиталовложений составит 174,984 млн.руб. Подробный расчет капиталовложений на сооружение ПХГ представлен в таблице 1.

*Таблица 1*

**Капитальные вложения на создание ПХГ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование статей затрат | млн.руб. |
| 1 | По скважинам |  |
| 1.1. | Количество скважин шт. | 5 |
| 1.2. | бурение скважины. | 28,53 |
| 1.3. | обустройство скважины | 3,43 |
| 2 | По компрессорной станции |  |
| 2.1. | количество компрессоров | 2 |
| 2.2. | Цена одного компрессора | 1,33 |
| 2.3. | Суммарная стоимость расходных материалов | 0,44 |
| 3 | По буферному газу |  |
| 3.1. | Буферный газ в ПХГ | 12,08 |
|  | Итого: | 174,984 |

Срок службы оборудования, эксплуатируемом в ПХГ 12 лет, но в связи с возрастающими потребностями потребителей добыча газа на данном месторождении ориентировочно сведется к 6 годам. В связи с этим расчет экономической эффективности данного инвестиционного проекта выполнен на 6 лет.

По причине ввода в эксплуатацию дополнительного дорогостоящего оборудования и увеличения стоимости основных фондов и объемов добычи природного газа эксплутационные расходы возрастут с 31,18 млн.руб. до 46,16 млн.руб. в год.

Объем добычи газа возрастет с 27,3 млн.куб. м в год до 102 млн.куб. м в первый и второй годы реализации проекта с некоторым постепенным снижением в последующие 4 года до 83 млн.куб. м в год.

Выручка от реализации газа возрастет с 34,06 млн.руб. в год до 99,79 млн.руб. в год. Это в свою очередь повысит суммы валовой и чистой прибыли соответственно с 2,88 и 2,17 млн.руб. до 53,85 и 40,25 млн.руб. в год.

К 6-му году реализации проекта накопленный денежный поток составит 139,41 млн.руб.

Срок окупаемости капитальных вложений составит 4 года. То есть в 5, 6 годы реализации проект будет приносить прибыль.

Таким образом, учитывая все полученные показатели экономической эффективности данный инвестиционный проект рекомендуется к принятию.

**Дискуссия (Discussion):**

Проект создания подземного хранилища газа (ПХГ) на Южно-Луговском месторождении продемонстрировал высокую техническую и экономическую целесообразность. Основные технологические параметры ПХГ, такие как объем буферного газа, количество и конструкция добывающих скважин, а также мощность компрессорных станций (КС), играют ключевую роль в определении затрат на создание и эксплуатацию хранилища. Эти параметры тесно взаимосвязаны, и их оптимальное сочетание позволяет минимизировать затраты и максимизировать эффективность работы ПХГ. Одним из важных факторов, влияющих на экономику проекта, является выбор типа компрессорного оборудования. Использование поршневых, центробежных или винтовых компрессоров с различными типами привода оказывает значительное воздействие на общую стоимость закачиваемого буферного газа, что в свою очередь отражается на основных параметрах ПХГ. Правильный подбор оборудования может существенно повысить экономическую эффективность проекта.

**Заключение (Conclusions)**

Проведенный анализ показал, что создание ПХГ на Южно-Луговском месторождении является экономически выгодным проектом. Общий объем капиталовложений составил 174,98 млн рублей, что включает затраты на бурение скважин, установку компрессорного оборудования и покупку буферного газа. Несмотря на увеличение эксплуатационных расходов, связанные с вводом нового оборудования и увеличением объемов добычи, выручка от продажи газа значительно возрастает, что ведет к росту валовой и чистой прибыли. Срок окупаемости проекта составляет 4 года, что свидетельствует о высокой инвестиционной привлекательности. Учитывая все полученные показатели экономической эффективности, данный проект рекомендуется к принятию. Реализация проекта позволит улучшить энергетическую безопасность региона, обеспечивая стабильные поставки газа в зимний период, а также снизит нагрузку на окружающую среду за счет газификации котельных.

**Список литературы** **(References)**:

1. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. - М.: Недра, 1997. - 483 с.

2. Глоба В.М. Сооружение подземных газонефтехранилищ: Научно-технический обзор ЦНТИ ВНИИСТ. - М.: 1976. - 257 с.

3. Глоуб М.В. Газопромысловое оборудование. - Уфа: Мад. Уфимск. нефт. ин-та, 1981.- 375 с.

4. Добина А.С., Евстропов Н.А. Сооружение подземных хранилищ. - М.: МГИ, 1967. - 361 с

5. Едигаров С.Г., Бобровский С.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и газохранилищ. - М.: Недра, 1973. - 312 с.

6. Жданов Р.А. Нефтебазы и газохранилища. - Уфа: Иед. Уфимс. нефт. ин-та, 1985. - 88 с.

7. Иванцов О.М. Подземное хранение жидких углеводородных газов. - М.: Гостоптехиздат, 1961. - 179 с.

8. Каримов М.Ф. Эксплуатация подземных хранилищ газа. - М.: Недра, 1981. - 248 с.

9. Касьянов В.М. Гидромашины и компрессоры. - 2-е изд. М.: Недра, 1985. 297 с.

10. Коротаев Ю.П., Гуревич Г.Р., Брусиловский А.И. Добыча, подготовка и транспорт природного газа и конденсата. Справочное руководство в 2-ух томах. Том I/Под редакцией Коротаев Ю.П. Маргулов Р.Д. - М.: Недра, 1984. 488с.

11. Коротоаев Ю.П., Ширковский А.И. Добыча, транспорт и подземное хранение газа. - М.: Недра, 1984. - 198 с.

12. Куцын П.В., Федоренко В.И., Султанович А.И. Организация работ по охране труда в газовой промышленности. - М., Недра, 1984. - 257 с.

13. Сохранский В.Б., Черкашенинов В.И. Оценка пригодности горных пород для строительства газонефтехранилищ. - Строительство трубопроводов, 1972, №10.

14. Черкашенинов В.И., Сохранский В.Б., Смирнов А.А. Хранение сжиженных газов и нефтепродуктов в подземных хранилищах. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1975. - 207 с

15. Ширковский А. И., Задора Г.И. Добыча и подземное хранение газа. - М.: Недра, 1974. - 264 с.