

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА
ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА В КАМЕННОЙ СОЛИ НА
ПРИМЕРЕ КАЛИНИНГРАДСКОГО ПХГ
TECHNOLOGICAL ASPECTS OF UNDERGROUND GAS
STORAGE CONSTRUCTION IN ROCK SALT: A CASE STUDY OF THE
KALININGRAD UGS FACILITY**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Студент 2 курса магистратуры Спетницкий Алексей Андреевич

Ufa State Petroleum Technological University

2nd-year Master's Student Spetnitskii Aleksei Andreevich

В статье рассматриваются комплексные технологические решения для строительства и ввода в эксплуатацию подземных хранилищ газа (ПХГ) в отложениях каменной соли. На примере первого в России Калининградского ПХГ, созданного в соляных кавернах, проанализированы преимущества данного типа хранилищ для покрытия пиковых нагрузок в газоснабжении. Освещены вопросы геологического обоснования выбора площадок, инженерно-технические особенности создания каверн, экологические аспекты строительства и эксплуатации, а также перспективы развития технологии в контексте планов «Газпрома» по строительству новых аналогичных объектов. Показано, что хранилища в каменной соли обладают уникальными эксплуатационными характеристиками, включая высокую суточную производительность и способность к многократным циклам закачки-отбора в течение года, что делает их стратегически важным элементом обеспечения надежности и гибкости Единой системы газоснабжения России.

Ключевые слова: *подземное хранилище газа, ПХГ, каменная соль, соляная каверна, Калининградское ПХГ, технология строительства, хранение газа, пиковые нагрузки, газоснабжение.*

The article examines integrated technological solutions for the construction and commissioning of underground gas storage (UGS) facilities in rock salt formations. Using the example of the first Russian UGS facility in Kaliningrad, created in salt caverns, the advantages of this type of storage for covering peak loads in gas supply are analyzed. The article covers the geological substantiation of site selection, the engineering and technical features of cavern creation, environmental aspects of construction and operation, as well as the prospects for technology development in the context of Gazprom's plans to build new similar facilities. It is shown that rock salt storage facilities possess unique operational characteristics, including high daily productivity and the ability to perform multiple injection-withdrawal cycles throughout the year, making them a strategically important element for ensuring the reliability and flexibility of the Unified Gas Supply System of Russia.

Keywords: *underground gas storage, UGS, rock salt, salt cavern, Kaliningrad UGS, construction technology, gas storage, peak loads, gas supply.*

Эффективность и надежность работы любой системы газоснабжения напрямую зависят от способности компенсировать сезонную и суточную неравномерность потребления топлива. Природный газ в России добывается в стабильных объемах, тогда как его потребление подвержено значительным колебаниям: в зимний период спрос резко возрастает, летом — снижается. Строительство дополнительных магистральных газопроводов, рассчитанных на пиковую нагрузку, экономически нецелесообразно, а наземное хранение сжиженного газа чрезвычайно затратно. Оптимальным решением данной проблемы является организация подземных хранилищ газа (ПХГ) [1].

Среди различных типов ПХГ (в истощенных месторождениях, водоносных пластах) особое место занимают хранилища, создаваемые в отложениях каменной соли. Эти объекты характеризуются уникальными

эксплуатационными параметрами, позволяющими оперативно реагировать на резкие изменения спроса. Актуальность развития данного направления в России подтверждается планами «Газпрома» по строительству четырех новых ПХГ в соляных резервуарах [2]. Первым и успешно реализованным проектом такого рода в стране стало Калининградское ПХГ, опыт которого служит ценным источником данных для разработки перспективных технологических решений.

Подземные хранилища в каменной соли представляют собой искусственные полости (каверны), создаваемые путем выщелачивания соляных пластов. Ключевое преимущество этой технологии — высочайшая герметичность, обеспечиваемая свойствами самой соли. Соляной купол непроницаем для газа, а сама порода обладает способностью самостоятельно «заживлять» возникающие трещины и разломы. Это делает подобные резервуары исключительно надежными и безопасными для окружающей среды.

По сравнению с хранилищами в пористых структурах, соляные каверны имеют иные эксплуатационные характеристики. Они менее емкие по общему объему активного газа, но обладают непревзойденной гибкостью. Их суточная производительность при отборе «на порядок превышает производительность отбора из ПХГ в пористых структурах», а количество рабочих циклов (закачка-отбор) может достигать 20 в год. Это позволяет использовать их не для сезонного, а для пикового регулирования, компенсации краткосрочных колебаний спроса и ликвидации аварийных ситуаций в газотранспортной системе.

Процесс создания ПХГ в каменной соли является сложным, многоэтапным и занимает несколько лет. Он начинается с комплексных инженерных изысканий, направленных на выявление подходящего соляного купола и оценку состояния окружающей среды. Как показывает пример Калининградского ПХГ, программа изысканий включает геохимические и

гидрохимические исследования, оценку состояния растительного покрова и животного мира. Это необходимо для минимизации экологического ущерба на этапах строительства и последующей эксплуатации.

Основной технологический процесс — сооружение самой каверны — осуществляется путем бурения скважины в соляной пласт и закачки в нее пресной воды. Вода растворяет соль, образуя подземную полость. Полученный рассол затем вытесняется на поверхность и утилизируется. Этот процесс, известный как выщелачивание, требует точного контроля для формирования каверны заданного объема и геометрии, обеспечивающей устойчивость конструкции. Физические свойства каменной соли, такие как плотность (1000–1150 кг/м³) и низкая проницаемость, являются определяющими факторами при проектировании.

Калининградское ПХГ, введенное в эксплуатацию в 2013 году, стало первым в России подземным хранилищем газа, созданным в отложениях каменной соли. Его строительство было обусловлено необходимостью обеспечения надежного газоснабжения изолированного Калининградского региона, который в силу своего географического положения не может напрямую получать газ из единой системы газоснабжения России. Объект предназначен для компенсации сезонной и пиковой неравномерности газопотребления области.

Исторически создание этого ПХГ ознаменовало новый этап в развитии газовой отрасли страны, доказав возможность и эффективность использования технологии соляных каверн в российских геологических условиях. До этого в России доминировали ПХГ в истощенных месторождениях (первое из которых было создано в 1958 году в Куйбышевской области) и водоносных пластах (первое — Калужское ПХГ в 1955 году).

Изначально газ на Калининградское ПХГ поступал по магистральному газопроводу Минск-Вильнюс-Каунас-Калининград. Однако истечение срока

действия договора о транзите через территорию Литвы в 2025 году потребовало диверсификации путей поставок. Для обеспечения энергетической безопасности региона в январе 2019 года была введена в эксплуатацию дополнительная инфраструктура — морской терминал для приема сжиженного природного газа (СПГ). Этот терминал предоставляет возможность получать газ, в том числе с плавучей регазификационной установки FSRU «Маршал Василевский». Таким образом, Калининградское ПХГ интегрировано в гибридную систему снабжения, сочетающую традиционные трубопроводные поставки и современные технологии СПГ.

Как отмечается в отчете о работах, проведенных компанией «ШАНЭКО», на стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) строительства Калининградского ПХГ особое внимание уделялось экологическим изысканиям. Целью этих работ было определение состояния компонентов окружающей среды для установления экологических и санитарно-гигиенических условий реализации проекта. Такой комплексный подход, включавший геохимические, гидрохимические исследования и оценку биоразнообразия, позволил заложить основы экологически безопасной эксплуатации хранилища.

Опыт успешной эксплуатации Калининградского ПХГ продемонстрировал стратегические преимущества технологии и стимулировал планы по ее дальнейшему распространению. В 2024 году «Газпром» анонсировал разработку проектов четырех новых подземных хранилищ газа в соляных резервуарах [2]:

- новомосковское ПХГ в Тульской области (находится на стадии проектирования);
- ангарское ПХГ в Иркутской области (ведется геологоразведка);
- серпуховское ПХГ в Калужской области (проводится технико-экономический анализ);

– сереговское ПХГ в республике Коми (также на этапе технико-экономического анализа).

Размещение новых объектов в различных регионах страны свидетельствует о стремлении оптимизировать работу всей газотранспортной системы (ГТС) путем создания распределенной сети пиковых мощностей. Как отметил начальник управления по подземному хранению газа «Газпрома» С. Хан, ПХГ, расположенные рядом с потребителями, кардинально повышают гибкость системы. Если команда на увеличение добычи на месторождении будет выполнена только через несколько суток (скорость распространения газа по трубопроводу составляет около 40 км/ч), то ПХГ могут отдать газ практически мгновенно [3].

В глобальном масштабе Россия активно развивает данное направление. Если в мире насчитывается около 70 ПХГ в отложениях каменной соли с общей активной емкостью примерно 30 млрд м³, то лидерами в этой области являются США (31 ПХГ) и Германия (19 ПХГ) [4]. Строительство новых объектов в России позволит не только укрепить энергобезопасность, но и повысить конкурентоспособность российского газа на международном рынке, обеспечивая более гибкое планирование поставок.

Таблица 1– Сравнительная характеристика типов ПХГ

Характеристика	ПХГ в каменной соли	ПХГ в истощенных месторождениях	ПХГ в водоносных пластах
Суточная производительность	Очень высокая	Средняя	Относительно низкая
Количество циклов в год	До 20	1 (сезонный)	1 (сезонный)
Скорость ввода в эксплуатацию	Несколько лет	Относительно быстро	Длительно
Затраты на обустройство	Высокие	Ниже среднего	Высокие
Расположение относительно потребителей	Возможно вблизи	Привязано к месторождениям	Возможно вблизи
Основное назначение	Пиковое регулирование	Сезонное регулирование, стратегический резерв	Сезонное регулирование

Разработка технологических решений по строительству и вводу в эксплуатацию подземных хранилищ газа в каменной соли представляет собой стратегически важное направление для российской газовой отрасли. Практическая реализация этих решений на примере Калининградского ПХГ подтвердила их высокую эффективность для обеспечения надежного и гибкого газоснабжения, особенно в изолированных энергосистемах и для покрытия пиковых нагрузок.

Ключевыми технологическими преимуществами соляных каверн являются их высочайшая герметичность, обусловленная свойствами породы-

коллектора, и исключительная оперативность отбора газа. Эти характеристики делают данный тип хранилищ незаменимым инструментом для балансировки суточных и недельных колебаний потребления, а также для оперативного реагирования на аварийные ситуации в газотранспортной системе.

Опыт Калининградского ПХГ, включавший тщательные геолого-экологические изыскания и создание гибридной инфраструктуры, заложил прочный фундамент для дальнейшего развития технологии в России. Анонсированные «Газпромом» проекты новых хранилищ в Тульской, Иркутской, Калужской областях и республике Коми свидетельствуют о переходе к системному развитию сети пиковых ПХГ по всей стране [5]. Это позволит оптимизировать работу всей Единой системы газоснабжения, снизив нагрузку на магистральные газопроводы и добывающие активы, и в конечном счете повысит энергетическую безопасность России.

Список использованных источников

1. Подземное хранение газа [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Подземное_хранение_газа (дата обращения: 25.11.2025).
2. Газпром планирует построить 4 новых ПХГ в соляных резервуарах [Электронный ресурс] // [Neftegaz.RU](https://nangs.org/news/midstream/storage/gazprom-planiruet-postroit-4-novykh-pkhg-v-solyanykh-rezervuarakh). – 2024. – 28 августа. – URL: <https://nangs.org/news/midstream/storage/gazprom-planiruet-postroit-4-novykh-pkhg-v-solyanykh-rezervuarakh> (дата обращения: 25.11.2025).
3. Физические свойства технической соли [Электронный ресурс] // [Thermalinfo.ru](http://thermalinfo.ru). – URL: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/mineraly/fizicheskie-svoystva-tehnicheskoy-soli> (дата обращения: 25.11.2025).
4. Калининградское ПХГ [Электронный ресурс] // [Shaneco.ru](https://www.shaneco.ru). – URL: <https://www.shaneco.ru/projects/1105/> (дата обращения: 25.11.2025).
5. Фролов А. Зачем природный газ закачивают обратно в месторождения и как устроены эти подземные хранилища [Электронный ресурс] // [E-plus.media](https://e-plus.media). – 2023. – 7 сентября. – URL: <https://e-plus.media/technologies/zachem-prirodnyj-gaz-zakachivayut-obratno-v-mestorozhdeniya-i-kak-ustroeny-eti-podzemnye-hranilishha/> (дата обращения: 25.11.2025).