

*Шевель Никита Михайлович  
студент гр. ЭП-1 -07*

*Научный руководитель: Петров Иван Васильевич  
проф., д.т.н.  
Московский государственный горный университет*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬСТВА БЕСШАХТНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ В КАМЕННОЙ СОЛИ**

### **DESIGN AND CONSTRUCTION OF ECONOMIC ASSESSMENT BESSHAHTNYH UNDERGROUND STORAGE FACILITIES IN ROCK SALT**

Актуальность поиска наиболее выгодных способов хранения газа в мире обусловлена тем, что на данный момент происходит значительный рост газопотребления, что, безусловно, требует быстрой и качественной доставки энергоресурса странам импортерам. Данная задача требует решения проблем непосредственно связанных с хранением газа и с созданием его буферных объемов. Россия является одним из основных экспортеров газонефтепродуктов, а так же партнером, участвующим в разработке и развитии месторождений нефти и газа в странах ближнего и дальнего зарубежья (ЕС, СНГ, Китай, Венесуэла, Индия и др.).

Для России существенным признаком является неравномерный характер потребления газонефтепродуктов. Резко различающиеся климатические условия и географическая разобщенность районов добычи, переработки и максимального потребления жидких и газообразных углеводородов.

Также стоит отметить совпадение по времени спроса на электро и тепловую энергию. [1]

Надежность систем энергообеспечения можно повысить путем резервирования газонефтепродуктов на промыслах, нефтегазоперерабатывающих заводах, по трассам магистральных трубопроводов и у потребителя.

В наибольшей степени условиям крупномасштабного аккумулирования газа и нефти отвечают подземные хранилища, создаваемые в горных породах и пригодных для этих целей пластах. [2]

В качестве природной среды, вмещающей подземные резервуары, используют устойчивые непроницаемые породы слоев земной коры, при этом они не должны влиять на качество хранимых продуктов в процессе длительного контакта. [4]

Сами резервуары должны отвечать требованиям длительной устойчивости и герметичности при заданных геометрических параметрах.

Этим требованиям удовлетворяют многие горные породы, широко распространенные на территории России (каменная соль, гипс, ангидрит, гранит, известняки, доломиты, многолетние мерзлые и др.). [4] Из перечисленных выше горных пород наиболее предпочтительной для надежного хранения и использования подземных хранилищ является каменная соль. Каменная соль обладает рядом преимуществ: проницаемость практически равна 0; высокая устойчивость при правильной эксплуатации; процент влаги в среднем составляет 1–3% от общей мощности; высокой пластическое течение пластов, что позволяет с легкостью ликвидировать дефекты, полученные в ходе эксплуатации. [3]

Мировая практика свидетельствует о большом спросе на ПГХ в каменной соли как экспортеров, так и импортеров газонефтепродуктов (табл. 1).

Таблица 1.

Общие сведения по добыче, запасам газа и количеству ПГХ в мире. [5]

Страна	Доказанные Запасы, %	Добыча, %	ПГХ, %
Россия	36	28	41
ЕС	3	6	27
Ближний восток	51	32	2
США	2	6	18
Китай	1	3	5
остальные	7	25	7

Подземные хранилища используют для покрытия пиковых нагрузок и компенсации кратковременных колебаний газопотребления в целях подстраховки в ЧС и предотвращении штрафов. [1]

ПГХ могут работать в рывковом режиме со значительно большей производительностью при отборе газа, при неравномерном потреблении связанного с похолоданиями и авариями на газопроводах. Цикличная работа в течение года включая зимние месяцы позволяет произвести закачку и отбор в среднем 6 раз в год (максимальная 20 раз).

По сравнению с надземными хранилищами, ПГХ имеет ряд преимуществ. К техническим аспектам можно причислить несложную, по сравнению с надземными хранилищами, конструкцию, которая требует значительно меньших капиталовложений и рабочей силы. Идея разработки верхних слоев земной коры под хранилища впервые была использована в начале 20 века и свое развитие получила лишь в 1940 – 1950 гг. Большая часть технологий была позаимствована из гидроциркуляционной технологии рассолодобычи.

Основной задачей строительства ПГХ является создание наиболее правильной геометрической формы, которая способствует максимальной устойчивости объекта.

Основной проблемой, с которой сталкиваются при разработке подземного хранилища в каменной соли, является небольшая разница по вязкости и значительная по плотности воды и рассола, способствующей возникновению интенсивного конвективного движения рассола по всему объему выработки а также расслоение рассола в процессе выработки. [4]

Это приводит к росту преимущественно верхней части, что негативно влияет на устойчивость ПГХ. Решением является разработка объекта несколькими ступенями: снизу вверх, сверху вниз и комбинированно.

Стандартное ПГХ представлено на рис. 1

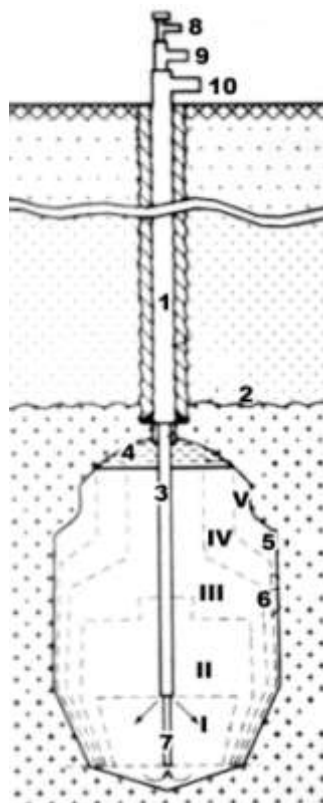


Рис.1 Создание выработки емкости по комбинированному способу без применения подвесных колонн при противоточном режиме подачи растворителя:

- 1 – основная обсадная колонна;
- 2 – кровля соляного пласта;
- 3 – внешняя подвесная водоподающая колонна;
- 4 – слой нерастворителя;
- 5 – окончательный контур;
- 6 – контур промежуточных ступеней развития выработки;
- 7 – центральная подвесная рассоло-подъемная колонна;
- 8 – выход рассола;
- 9 – вход воды;
- 10 – вход нерастворителя;
- I, II, III, IV, V – ступени строительства выработки.

Устанавливается три колонны: обсадная – основная и две подвесные для воды и рассола.

По основной обсадной колонне подается нейтральное вещество – нерастворитель для защиты верхней части выработки от неуправляемого стихийного размыва. По внешней колонне поступает вода, а из внутренней колонны откачивают рассол. [2]

В течение всего процесса следят за объемом, температурой, расходом и концентрацией поступающих в ПГХ веществ.

Буферное давление составляет в среднем 5 Мпа (макс 21 Мпа). Высота объясняется тем, что подача газа из хранилищ в магистральный газопровод происходит без применения компрессоров.

Вода изымается из подземных водоносных горизонтов, рассол идет на переработку или подготавливается к сбрасыванию в глубоководные пористые структуры 850–1200 м. Это добавляет положительный эффект в ограничении загрязнения окружающей среды, что в свою очередь приводит к уменьшению штрафных санкций. Часть рассола идет в дальнейшую переработку, что приносит дополнительный доход. [3]

К экономическим эффектам можно отнести большую экономию на стройматериалах, так как основная часть ПГХ состоит из непосредственно горной массы или пласта. Само создание подземного газового хранилища нуждается в меньших капиталовложениях в отличие от надземных разработок. Как уже упоминалось выше, большая экономия денежных средств достигается благодаря сравнительно малым площадям объектов (1-2 Га), что по сравнению с надземными объектами, меньше загрязняет окружающую среду. Высокая герметичность резервуаров не требует создания обширной сети контрольных и наблюдательных скважин.

Одно из важнейших преимуществ подземных хранилищ, на фоне политической картины мира, является возможность создания засекреченных объектов стратегического назначения. Большинство ПГХ сконструировано таким образом, что защищенность от ударов любых видов оружия равна практически 90%. На фоне этого, особый интерес на рынке подземных хранилищ проявляют Китай, США и Россия.

В 2004 г. было подписано соглашение о стратегическом сотрудничестве между ОАО «Газпром» и КННК (Китайская Национальная Нефтегазовая Корпорация - крупнейшая государственная нефтегазовая компания Китая, доля участия государства - 100% , одна из ведущих интегрированных нефтегазодобывающих компаний в мире). На данный момент идет активное внедрение подземных хранилищ в нефтегазовую отрасль Китая.

### **Заключение.**

В зарубежной практике в последние годы отмечается устойчивая тенденция к приоритетному развитию ПХГ в каменной соли. Темпы отбора газа из ПХГ в каменной соли обычно ограничены только

мощностью наземных установок осушки газа и составляют 4,0–10,0 млн. м<sup>3</sup>/сутки из одной скважины, что сравнимо с темпами отбора из крупного ПХГ в структурах. Важным преимуществом ПХГ в солях является тот фактор, что объем буферного газа составляет 20–25% от общего объема хранимого газа. Для ПХГ в пористых структурах – порядка 50% от общего объема и более.

### **Литература**

1. Смирнов В.И. Строительство подземных газонефтехранилищ, 2000. – С. 15; 87-88.
2. Цыбульский П.Ц., Казарян В.А. Практика подземного хранения газонефтепродуктов. – Подземгазпром, 2009. – С. 26-27.
3. Познякевич З.Л., Синичка А.М., Азаренко Ф.С. Геология и нефтегазоносность запада Восточноевропейской платформы, 2008. –С. 18-20.
4. Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки в непроницаемых и устойчивых горных породах. СТО Газпром. 2-3.5-153-2007 – С. 67-69.
5. Интернет-источник: Статистические данные независимого форума по газу на 2008 г. [geo.1september.ru/2008/01/23.htm](http://geo.1september.ru/2008/01/23.htm)

### **Аннотация**

В статье рассмотрены преимущества подземных хранилищ над наземными. Описана схема строительства и функционирования ПГХ. Приведены строительнотехнические аспекты и экономическая выгода данных объектов. Рассмотрено стратегическое значение подземных хранилищ в мировом политическом сообществе.

The article discusses the advantages of underground storage above ground. We describe the construction and operation of the scheme underground gas storage. Given construction and technical aspects and the economic benefits of these facilities. We consider the strategic importance of underground gas storage facilities in the world political community.

### **Ключевые слова**

ПГХ, подземное газовое хранилище, подземное хранение газа, каменная соль, газ, нефть, пиковые нагрузки

underground gas storage, gas storage, underground storage of gas, rock salt, gas, oil, peak load