

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ»
(МГРИ)

На правах рукописи

МАСЛОВА ЛЮБОВЬ ВАЛЕНТИНОВНА

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТИПИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ПОИСКА МЕСТ
РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА ПО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМ
КРИТЕРИЯМ

Специальность 25.00.36

«Геоэкология»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
доктор геолого-минералогических наук,
профессор Экзарьян В.Н.

Москва, 2021 г.

Содержание

ВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗУЧЕННОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА В СССР И РОССИИ	8
1.1. История развития отрасли подземного хранения газа в СССР и России	8
1.2. Анализ современного состояния исследований в области создания ПХГ и их размещения 21	
2. ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗА.....	33
2.1. Варианты сооружения, порядок эксплуатации.....	33
2.2. Нормативная база размещения ПХГ.....	46
2.3. Воздействие подземных хранилищ газа на окружающую среду.....	56
3. ТИПИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ПОИСКЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ПХГ	64
3.1. Анализ расположения существующих ПХГ.....	64
3.2. Методика типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ	72
4. ТИПИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ДЛЯ ПОИСКА МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ПХГ	83
4.1. Типизация территорий Приморского края.....	83
4.2. Типизация территорий Камчатского края	87
4.3. Типизация территории Магаданской области для поиска мест размещения ПХГ и другие варианты газификации.....	94
4.4. Типизация территорий Чукотского АО.....	103
4.5. Поиск мест размещения ПХГ в Сахалинской области	109
ВЫВОДЫ.....	116
Список литературы.....	118

ВЕДЕНИЕ

В 2007 году вышел приказ Министерства Промышленности и энергетики российской федерации «О программе создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР» [62]. В соответствии с Восточной газовой программой планируется организация центров добычи газа в Красноярском крае, Иркутской области, Республике Саха (Якутия), Сахалинской области и Камчатском крае. По словам Президента Российской Федерации Владимира Путина «все дальневосточные субъекты Федерации должны выйти на уровень выше среднероссийского по ключевым социально-экономическим показателям, по качеству жизни людей. Это общенациональная задача и стратегическое направление – Восточная Сибирь и Дальний восток».

В России отмечается нехватка подземных хранилищ газа (ПХГ), особенно в северо-западных регионах, в Сибири и на Дальнем востоке. Это связано с продолжительным зимним периодом, характеризующимся крайне низкими температурами, наличием месторождений и экспортных потребителей. Условия обоснования мест расположения ПХГ крайне специфичны и требуют многоаспектного (системного) анализа. В нормативных документах довольно кратко перечислены критерии, исключающие возможность их создания с точки зрения охраны окружающей среды. Срок службы подземных газохранилищ исчисляется десятилетиями, а значит, подобные объекты должны быть расположены с учетом последующего долговременного негативного экологического воздействия. ПХГ не только оказывает воздействие на недра, но и само находится под воздействием процессов, протекающих в геологической среде. Типизация территорий на предынвестиционной стадии позволяет выделить наиболее подходящие участки для размещения ПХГ с учетом экологических последствий его долгосрочной эксплуатации.

Актуальность работы состоит в необходимости поиска мест размещения новых подземных хранилищ газа (ПХГ) для развития газовой отрасли в РФ. В условиях большой протяженности газопроводов, необходимости газификации субъектов РФ, сложных геологических и климатических условий и важности экспорта газа для экономики страны, требуется определение рационального и экологически безопасного размещения объектов ПХГ. Проблема выбора мест размещения ПХГ крайне актуальна особенно для России, где на данный момент функционирует лишь 24 объекта ПХГ. Использование газа является безальтернативным по экологичности видом топлива. На сегодняшний момент поиск и разведка территорий для сооружения ПХГ учитывает в основном геологические характеристики территории, оценивая техническую возможность сооружения ПХГ. Подземное газохранилище - объект повышенной

опасности, его эксплуатация связана с риском возникновения чрезвычайных ситуаций как для окружающей среды, так и для человека. Успешный выбор подходящего месторасположения ПХГ не только позволит снизить степень экологического риска для окружающей среды, но и поможет избежать негативного воздействия природно-техногенных процессов на работу газохранилища. Вышеуказанные обстоятельства, а также трудно-прогнозируемые негативные геоэкологические последствия долгосрочной эксплуатации ПХГ делают тему исследования особенно актуальной.

Целью работы является разработка методологических основ типизации территорий для выбора мест размещения ПХГ по геоэкологическим критериям.

Основные задачи:

- установление геоэкологических и социально-экономических критериев размещения ПХГ с учетом долговременной эксплуатации ПХГ и соответствующего характера воздействия на окружающую среду;

- анализ нормативных документов, касающихся экологического аспекта разведки, создания и эксплуатации ПХГ;

- разработка геоэкологических основ и принципов типизации территорий в целях выделения первоочередных территорий для строительства ПХГ;

- создание геоинформационной цифровой модели Единой системы газоснабжения и размещения ПХГ в РФ;

- анализ геоэкологических проблем эксплуатации действующих ПХГ в РФ;

- подготовка картографического материала и опробование методики, визуальное отображение результатов работы.

Методы исследований:

При выполнении исследования применялись следующие методы: анализ практического опыта и научно-технической литературы, системный подход, картографические методы с применением современного программного обеспечения, метод балльной оценки. В качестве инструмента оценки использовалась разработанная методика.

Научная новизна работы:

- 1) Впервые предложена методологическая основа для комплексной оценки территорий с целью выбора мест размещения ПХГ, которая позволяет сравнивать различные характеристики по единой оценочной шкале;
- 2) Научно обоснованы геоэкологические критерии выбора мест расположения ПХГ (геологические, экологические и социально-экономические), положенные в основу разработанной методики;

- 3) Проведена типизация ряда территорий Дальневосточного ФО и выявлены районы возможного размещения ПХГ;
- 4) Предложен новый подход к созданию Единой Системы Газоснабжения Дальневосточного ФО за счет создания новых ПХГ с позиции предупреждения негативных экологических последствий;
- 5) Впервые сформулирована мысль о создании подводных подземных хранилищ газа в природных геологических коллекторах в районе острова Сахалин.

Объекты исследований:

Объектами исследования являлись территории Дальневосточного ФО: Магаданская область, Чукотский АО, Камчатский, Приморский край и Сахалинская область.

Положения, выносимые на защиту:

1. При поиске мест размещения ПХГ на предпроектной стадии необходимо проведение геоэкологической оценки по ряду критериев для выбора оптимальной площади сооружения ПХГ.

2. Геоэкологическая оценка должна проводиться путем последовательного анализа и исключения территорий, имеющих повышенную экологическую значимость и территорий, на которых развиты процессы, препятствующие безопасной эксплуатации ПХГ. Комплексный анализ территорий значительно упрощен благодаря разработанной методике.

3. Разработанная методика опирается на анализ картографических материалов, в том числе геологических карт и разрезов, присвоение коэффициента каждому критерию в зависимости от условий. Затем формируется таблица, в которой на основе совокупности коэффициентов, выделяется 5 типов пригодности условий. С использованием разработанной методики проведена типизация ряда территорий Дальневосточного ФО, выделены участки, благоприятные для размещения ПХГ.

4. При планировании строительства ПХГ на территории Дальневосточного ФО необходимо опираться на результаты типизации территорий по геоэкологическим критериям. На данный момент поиск и разведка структур для ПХГ опирается лишь на геологические особенности и опыт закачки газа, при этом экологические факторы учитываются недостаточно.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты работы носят как теоретический, так и прикладной характер. Методика разработана для выявления наиболее благоприятных мест размещения ПХГ с учетом не только геологических, но и экологических критериев. Выделены соответствующие критерии, они охарактеризованы в количественных показателях, представлена система их оценки. Выполнена типизация Приморского края,

Камчатского края, Магаданской области, Сахалинской области и Чукотского АО, по результатам которой выявлены варианты возможного размещения ПХГ.

Обоснованность и достоверность результатов. Исследование опирается на фундаментальные российские и зарубежные работы, касающиеся создания и эксплуатации ПХГ и геоэкологических проблем их функционирования. Достоверность подтверждается конкретными примерами применения методики типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ для ряда субъектов Дальневосточного ФО с использованием цифровых Государственных Геологических карт в масштабе 1:200 000, утвержденных схем территориального планирования изучаемых территорий, применением современных методов обработки пространственных данных, апробацией исследований на международных и Всероссийских конференциях, а также публикацией статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Практическое значение работы заключается разработке методологических основ типизации территорий для выбора мест размещения ПХГ по геоэкологическим критериям и её апробации на объектах.

Личный вклад состоит в обобщении и анализе научных информационных источников по теме диссертации. Автором были разработаны геоэкологические критерии оценки, методика типизации территорий при поиске мест размещения подземных хранилищ газа и порядок ее применения. Был собран и проанализирован большой объем фактического материала и нормативных документов, создано 5 оригинальных авторских карт-схем типизации ряда территорий Дальневосточного ФО.

Научные результаты, установленные в процессе проведения исследований, получены лично автором и являются оригинальными. Задачи, поставленные в диссертации, и сделанные выводы также принадлежат лично автору.

Апробация работы: основные результаты исследований докладывались и обсуждались на V международной научно-практической конференции «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование» (Москва, МПГУ, 2017 г.), XIII Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, МГРИ, 2017), XXV Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Ломоносов-2018 (Москва, МГУ, 2018 г.), международной научно-практической конференции «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» (к 100-летию МГРИ-РГГРУ) (Москва, МГРИ, 2018). Все материалы конференций опубликованы в качестве тезисов докладов.

Публикации: основные положения диссертации опубликованы в 10 работах, из них 3 статьи в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ.

Структура работы: Диссертация объемом 125 страниц машинописного текста состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 29 иллюстраций, 28 таблиц, 1 графическое приложение и список литературы из 65 наименований.

Автор выражает глубокую признательность за руководство при написании работы научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору Экзарьяну Владимиру Нишановичу, за ценные советы и консультации — доктору технических наук, профессору Скопинцевой Ольге Васильевне. Автор искренне благодарен за помощь и поддержку Мазаеву Антону Викторовичу, а также коллективу кафедры «Экологии и природопользования» МГРИ, за формирование базовой платформы знаний, которые явились основой для написания диссертационной работы.

1. ИЗУЧЕННОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА В СССР И РОССИИ

1.1. История развития отрасли подземного хранения газа в СССР и России

12 сентября 1955 года было подписано Постановление Совета Министров № 1673 «О мероприятиях по обеспечению приема ставропольского газа потребителями города Москвы». Документ определил дату отсчета истории подземного хранения газа [31] в Советском Союзе, так как создание ПХГ стало одним из условий выполнения поставленной в нем стратегической задачи. в Москве к 1955 году были построены семь газгольдерных станций, где в металлических цилиндрах под давлением до 12 атмосфер находилось чуть более 1 млн кубометров газа.

В 1959 году вышло постановление Совета Министров СССР №84 от 20 января о развитии работ по подземному хранению. 2 июля 1959 года по предложению Главгаза СССР Совет Министров СССР принимает Постановление № 719 «Об организации подземного хранения газа в СССР» за подписью Н. Хрущева и Управляющего Делами Совета Министров СССР Г. Степанова [38].

Было необходимо предотвратить возможные перебои в энергоснабжении и подаче тепла в крупные города в осенне-зимний период и увеличить загрузку магистральных газопроводов. Для ускорения процессов создания и обустройства ПХГ Совет Министров Союза ССР постановляет:

1. Обязать Главгаз СССР:

а) построить и ввести в эксплуатацию подземные хранилища газа для г. Москвы - к 1962 году, для г. Ленинграда - к 1963 году, для гг. Киева и Горького - к 1965 году [38];

б) провести разведку структур, пригодных для подземного хранения газа, и при положительных результатах приступить к устройству подземных хранилищ газа в районах гг. Свердловска, Брянска, Челябинска, Магнитогорска, Луганска, Риги, Тбилиси и Минска [38];

в) выполнить в 1959-1965 годах определенный объем буровых работ по поискам и разведке структур, пригодных для подземных хранилищ газа

2. Обязать Госплан СССР и Главгаз СССР представить предложения о дальнейшем расширении подземного хранения газа с учетом выявленных в 1959 и 1960 годах структур, пригодных для устройства подземных хранилищ газа в районах других крупных промышленных центров, кроме перечисленных в пункте 1 настоящего постановления [38].

3. Обязать Госплан СССР предусмотреть на 1959-1965 годы выделение Главгазу СССР 30 газомоторных компрессоров мощностью по 1000 л/с и на давление до 150 атм. каждый, из них 12 компрессоров с поставкой в 1960-1961 годах.

4. Обязать Министерство геологии и охраны недр СССР довести количество геологоразведочных партий, работающих по разведке структур, пригодных для подземного хранения газа, к 1965 году до 20 [38], в том числе в 1959 году - до 5 и в 1960 году - до 10.

В мае 1961 года в Москве проводилось Всесоюзное научно-исследовательское совещание по подземному хранению нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов.

За период 1962-1965 годов территориальными геологическими управлениями и другими организациями Советского Союза были проведены детальные геологопоисковые и геологоразведочные работы с целью выбора участков строительства и получения исходных данных для проектирования подземных хранилищ в ряде районов СССР.

Строительство газопроводов в СССР пришлось на военное время. В освоение первого крупного отечественного газопровода (Саратов - Москва) много сил вложили инженеры П.Л. Кузнецов, К.М. Сульженко, Д.А. Сидоров, С.А. Джобадзе, В.А. Кеменев, М.А. Розин, М.Д. Джафаров, В.С. Меншутин, А.Г. Бронштейн, Р.П. Полянский, О.А. Бутаев. К январю 1946 г в столицу поступало 800 тыс. м³ газа в сутки.

С 1954 г. заместителем министра нефтяной промышленности в СССР был Михаил Васильевич Сидоренко, он возглавлял Главнефтегаз, на базе которого в 1956 г. было создано Главное управление газовой промышленности при Совете Министров СССР (Главгаз СССР, в дальнейшем — Госгазпром, Мингазпром СССР). История отечественного подземного хранения газа ведет свою летопись практически с конца 50-х годов XX века, с начала интенсивного развития добычи и транспортировки газа. 2 июля 1959 года по предложению Главгаза СССР Совет Министров СССР принимает Постановление № 719 «Об организации подземного хранения газа в СССР».

Становление и развитие отечественного ПХГ неразрывно связано с легендарной личностью газовой отрасли – М.В. Сидоренко. Этот государственный в значительной мере способствовал созданию Единой газотранспортной системы, оптимизации транспорта газа, выводу страны на мировую газовую арену, решению проблемы надежности газоснабжения за счет создания подземных хранилищ газа в водоносных структурах, в связи с отсутствием в работе крупных потребителей газа в Центральном (г. Москва) и Северо–Западном (г. Ленинград) регионах страны истощенных нефтяных и газовых месторождений, где обычно создавались ПХГ (США, Канада).

Сооружение ПХГ в водоносных структурах тогда было еще не изучено. Для создания ПХГ такого типа потребовалось привлечь множество специалистов и научных институтов. Для слаженной совместной работы требовалось найти человека, который бы разбирался во всех вопросах и смог бы грамотно руководить этой системой, а М.В. Сидоренко был как раз таким человеком.

12 сентября 1955 года было подписано Постановление Совета Министров № 1673 «О мероприятиях по обеспечению приема ставропольского газа потребителями города Москвы». Документ определил дату отсчета истории подземного хранения газа в Советском Союзе, так как создание ПХГ стало одним из условий выполнения поставленной в нем стратегической задачи.

В Советском Союзе первым стало Башкатовское ПХГ. Оно появилось в 1958 году в истощенном Башкатовском газовом месторождении рядом с Бугурусланом в Оренбургской области.

Чем быстрее росли объемы добычи и использования природного газа, тем больше нарастала проблема неравномерности его подачи, которая в отсутствие ПХГ решается при помощи резервирования пропускной способности магистрального газопровода. Газопровод Саратов-Москва, который строился с 1945 по 1947 год, должен был обеспечивать ежедневную подачу в Москву 1,2 – 1,35 млн. кубометров природного газа. Тогда было решено построить в посёлке Развилка Московской области завод по сжижению природного газа, где избытки газа подвергались бы сжижению с попутным извлечением гелия. Сжиженный газ планировалось хранить в наземных изотермических хранилищах, а при необходимости снова превращать в газ и подаваться потребителям.

Однако, из-за холодной войны проект не был реализован, потому как США не осуществили поставки оборудования для завода по сжижению газа, а СССР в то время не располагал собственным производством изотермических газгольдеров для хранения в них сжиженного природного газа при температуре -165 С.

Было принято другое решение. За период с 1946 по 1955 год в Москве построили семь газгольдерных станций, на которых были установлены цилиндрические металлические резервуары диаметром 3 м и длиной около 17 метров, с рабочим давлением до 1,2 МПа (12 атмосфер). Их общая активная ёмкость составляла около 1,1 млн. м³ газа. В них саратовский газ накапливался ночью, чтобы днём, в часы максимального расхода (потребления), бесперебойно поступать потребителям. Для регулирования суточной неравномерности газоснабжения столицы эти газоёмы использовались вплоть до конца 1960-х годов [38].

В 1955 г. Михаил Васильевич Сидоренко работал заместителем Министра нефтяной промышленности СССР. В Миннефтепроме (МНП) занимались также вопросами добычи

природного газа. Совет Министров СССР в 1955 г. принимает постановление «О начале работ по созданию подземных хранилищ газа в СССР». На основании этого постановления МНП издается приказ от 17 сентября 1955 г. № 552, в котором конкретизировались объёмы и сроки геолого-разведочных работ по поиску структур для создания подземных хранилищ газа: «2. Главнефтегазразведке закончить во II квартале 1957г. в районе г. Москвы разведку двух структур, пригодных для подземного хранения газа; 3. Техническому Управлению с привлечением Геологического Управления, Главнефтегазразведке и Главнефтегазу обобщить результаты разведок, указанных в пункте 2 структур и подготовить во втором квартале 1957г. предложения о возможности подземного хранения газа в этом районе для направления в Совет Министров СССР» [38].

4 июля 1956 г. выходит приказ Миннефтепрома СССР № 414: «1. Начальнику Главнефтегазразведки товарищу Гришину и управляющему Союзной геолого-поисковой конторой товарищу Афанасенкову:

а) в течение 1956 г. и первого полугодия 1957 г. пробурить 4 глубоких скважины на Калужской и Зарайской площадях;

б) По Калужской площади в течение III квартала 1956 г ввести в бурение 3 станка и закончить бурение трех скважин к 1 января 1957 года

в) По Зарайской площади закончить структурное бурение к 01.10.1956 г. В 1956 г ввести в глубокое бурение 2 станка, закончить бурение одной глубокой скважины 1 января 1957 г и остальных трех глубоких скважин к 01.06.1957 г

г) Начать структурное бурение на Щелковской площади в III квартале 1956 г. И на Московско-Рязанской площади в I полугодии 1957 г...» [38].

С 1956 г. все вопросы, касающиеся разработки газовых месторождений, резервирования газа и его транспортировки перешли в ведомство Главного Управления газовой промышленности. Научное руководство осуществлял ВНИИГАЗ, а поисково-разведочные работы проводились Союзной геолого-поисковой конторой (ОАО «Подзембургаз»).

В декабре 1956 г. Главгаз СССР принимает в эксплуатацию новый газопровод Ставрополь – Москва длиной более тысячи километров. Благодаря этому газопроводу, голубым топливом обеспечивались Ростов-на-Дону, Донецкая область и Москва.

Настоящей проверкой эффективности и работоспособности газопровода оказалась первая зима после его запуска. Тогда оказалось, что до столицы доходит лишь малая часть газа, потому что происходит попутный отбор в населенных пунктах по пути следования газопровода сверх нормы, хотя на других газопроводах это не практиковалось.

Газотранспортная инфраструктура и газификация городов и сел, которая стремительно формировалась после запуска газотранспортной магистрали Ставрополь - Москва, могла бы стать надежной только при сооружении ПХГ на небольшом расстоянии от потребляющих центров. Самым рациональным и простым выходом для такой ситуации было сооружение ПХГ в выработанных месторождениях углеводородов, однако за неимением таковых в Европейской части страны, где размещались основные и первоочередные потребители газа. При таких обстоятельствах оставалось лишь одно решение - хранение газа в водонасыщенных пластах. В то время их еще почти не строили, поэтому не было никаких наработок и негде было почерпнуть опыт. При этом, поскольку ранее такие задачи не ставились, в районах, которые необходимо было обеспечить газом не было разведанных водоносных структур, подходящих по всем параметрам для закачки газа. Исследования и экспериментальные работы в области создания ПХГ в водоносных структурах в проектных и научно-исследовательских институтах, в ВУЗах страны почти не проводились.

Были установлены соотношения между объемами потребления и объемами газа, который необходимо хранить – около 10% от коммерческого газопотребления. К 1960 году планировалось довести объемы добычи газа до 45 млрд м³, и это означало, что необходимо создание новых ПХГ. Для поиска мест размещения ПХГ, Главгаз возложил поисково-разведочные работы на Союзную геолого-поисковую контору, которая затем стала геологическим трестом «Союзбургаз».

Научное обеспечение работ по созданию ПХГ было возложено на Всесоюзный НИИ газовой промышленности – ВНИИГАЗ, директором которого был А.К. Иванов. Во главе научной работы стояли заместитель директора института Владимир Николаевич Раабен и Абрам Львович Хейн – заведующий лабораторией ПХГ, где проводились специальные исследования. В.Н. Раабен на долгие годы становится одним из научных консультантов М.В. Сидоренко по этому вопросу. Они вместе посетили французскую фирму Газ де Франс в Бейне, где ознакомились с работой подземного хранилища газа неподалеку от Парижа, созданного в водоносном пласте для хранения 300 млн м³ искусственного газа [38].

В пятидесятые годы группа советских ученых во главе с И.А. Чарным в Московском институте нефтехимической и газовой промышленности им. И.М. Губкина проводит научно-исследовательские работы в области ПХГ. Киевский институт «Укргазпроект» был назначен ведущим проектным институтом, где стали заниматься технико-экономическими вопросами создания ПХГ. У главного инженера по проектированию ПХГ А.Д. Андреева был опыт работы с системами газообеспечения, который он приобрел, будучи главным инженером на строительстве газопроводов Краснодарский край – Серпухов и Ставрополь – Москва. Геологоразведочные работы по поиску структур, пригодных для размещения ПХГ, проводились во главе с Н.С.

Ерофеевым – главным геологом в аппарате Главгаза СССР. Таким образом была налажена оперативная и эффективная работа по поискам мест размещения ПХГ в различных регионах СССР.

В 1957 и 1958 году пробурены первые скважины на Калужском и Щелковском ПХГ, но уже тогда начальник Главгаза А.К. Картунов подписал приказ об организации Калужской опытной станции ПХГ. К этому времени остро необходим практический опыт, поскольку имелись лишь теоретические разработки создания ПХГ. Вопросы обустройства эксплуатационных скважин, строительства газораспределительных пунктов и работы по подведению магистральных трубопроводов требовали экспериментальных данных. В частности, не были в полной мере изучены процессы распространения газа в пласте при нагнетании и распределения пластового давления.

Первым ПХГ в СССР в 1958 году стало Башкатовское ПХГ в истощенном газовом месторождении неподалеку от г. Бугуруслан. За 5 лет эксплуатации из залежи было добыто 18,4 млн м³ газа, после чего его переоборудовали под хранение газа и начали опытно-промышленную закачку. К 1959 году объем активного газа доведен до 5,7 млн м³, давление в пласте до 3,2 МПа. При этом были получены необходимые сведения о перераспределении нагнетаемого и отбираемого газа, которые были очень полезны на тот момент и послужили экспериментальной базой для реализации подобных проектов, как например – закачка газа в истощенную тульскую залежь Елшано-Курдюмского ПХГ.

По предложению Главгаза Совет Министров СССР принимает Постановление № 719 от 2 июля 1959 г. «Об организации подземного хранения газа в СССР». Это постановление разрабатывалось при личной поддержке Председателя Совета Министров СССР Н.С. Хрущева. Принятый правительственный документ обязывал: Главгаз СССР «построить и ввести в эксплуатацию ПХГ для г. Москвы - к 1962 г., для г. Ленинграда – к 1963 г., для гг. Киева и Горького - к 1965 г.», за семь лет выполнить буровых работ в объёме 1200 тыс. м проходки и др.; Госплан «предусмотреть выделение на 1959 – 1965 гг. 30 газомоторных компрессоров мощность 1000 л.с. и на давление до 150 атм, каждый, из них 12 компрессоров с поставкой в 1960 – 1961 гг.»... ; Министерство геологии и охраны недр СССР «довести количество геологоразведочных партий, работающих по разведке структур, пригодных для подземного хранения газа, к 1965 г. до 20»... Этим постановлением Совет Министров СССР поднял проблему создания в стране подземных хранилищ газа на правительственный уровень. И уже 31 августа 1959 г. началась опытная закачка газа в Калужское подземное хранилище газа, а в 1960 году — в Щёлковское ПХГ [38].

В 1956-58 годах в районе г. Гатчины проводятся геологоразведочные работы, в результате которых было установлено наличие полого-валообразного поднятия с амплитудой 6-7 м. Незначительная амплитуда, малые размеры не позволяли использовать эти площади для создания ПХГ. К теоретическим работам по созданию ПХГ в пологих пластах приступили уже в 1958 году. В Московском ИНХ и ГП имени академика И.М. Губкина под руководством профессора д.т.н. И.А. Чарного, ученого с мировым именем в области подземной гидродинамики, Лауреата Сталинской премии и его учениками Д.И. Астраханом, А.М. Власовым, А.Е. Евгеньевым, М.В. Филипповым разрабатывается методика хранения газа в полого-залегающих пластах. Благодаря авторитету И.А. Чарного и личной поддержке А.К. Кортунова, уже в 1959-61 годах проводятся строительство КС и опытные работы по закачке и отбору воздуха для определения возможности создания ПХГ.

На основании опытных работ по закачке воздуха и теоретических исследований сотрудники МИНХ и ГП под руководством И.А. Чарного выполнили технологический проект, а институт Гипроспецгаз – технический проект Гатчинского ПХГ. В 1961 году началось строительство объектов ПХГ. Эти работы были инновационными в то время, поскольку для закачки газа подготовили малоамплитудные ловушки в пологозалегающих пластах. Несмотря на отсутствие практики эксплуатации таких хранилищ, под него сразу заложили и газопровод.

Эксплуатация Калужского ПХГ началась в 1960 году, а из Щелковского — в 1961 году. Уже при запуске первых ПХГ предполагалось их различное назначение. Калужское и Щелковское ПХГ должны были покрывать неравномерность потребления и поставлять необходимые объемы газа в зимний период при значительных похолоданиях, то есть они были пиковыми. В зимний период потребление газа в городах вырастает почти в три раза, поэтому ввод в эксплуатацию этих хранилищ дал мощную основу для энергоснабжения Москвы.

При создании Калужского и Щелковского ПХГ был накоплен достаточный опыт для проектирования подобных объектов. На основе этого опыта с привлечением тех же специалистов за два года было создано Гатчинское ПХГ в Ленинградской области. Пласт-коллектор приурочен песчано-глинистым отложениям гдовского горизонта. Надо отметить, что по сей день, Гатчинское ПХГ остается единственным в мире, созданным в пологозалегающем водоносном пласте.

Таким образом, вслед за созданием двух подземных хранилищ газа в водоносных структурах под Москвой в 1960-е годы создается несколько ПХГ: под Ленинградом – Гатчинское и Колпинское; под Киевом – Олишевское; под Ташкентом – Полторацкое; в Латвии – Инчукалнское.

Так, в шестидесятые годы были созданы два ПХГ в Ленинградской области: Колпинское и Гатчинское. Колпинское ПХГ работало 26 лет, после чего было ликвидировано. Для газоснабжения Киева разведывались сразу две водоносные структуры на пути следования газопровода Дашава-Киев-Брянск-Москва. Сначала появилось Олишевское ПХГ, затем Краснопартизанское. Для газоснабжения Риги было построено Инчукалнское ПХГ емкостью 2,3 млрд. кубометров активного газа. ПХГ наполнялось и расширялось в несколько этапов, но большая часть газа поступала с месторождений в Сибири. Инчукалнское ПХГ обеспечивало газом Латвию и Эстонию. В зимнее время оно также покрывало пиковые нагрузки Псковской, Новгородской областей и Санкт-Петербурга. В 1961 году приступили к строительству Полторацкого ПХГ под Ташкентом на 430 млн кубометров газа. Оно расположено на глубине 520-959 м в прослоях песчано-гравелитовых пород.

В 60-е – начале 70-х годов наиболее крупными объектами проектирования на Севере Европейской части СССР, в центральном районе РСФСР и в Западной Сибири лет являлись месторождения: Березовское, Игримское, Пунгинское, Вуктыльское, Пахромское, Вуктыльское, Мессояхское; магистральные газопроводы Саратов – Горький – Череповец, Игрим – Пунга – Серов, Мессояха – Норильск, Вуктыл – Ухта и другие объекты.

В 1962 году Геолого-поисковая Контора (СГПК) выполняет поиск подходящих геологических условий для создания ПХГ в районе гг. Ярославль, Иваново, Владимир, Чебоксары. В 1964 Союзбургаз изучает условия создания подземных хранилищ газа по трассе газопровода Горький-Череповец на участке Иваново-Ярославль. Район работ включал всю Ивановскую, северную часть Владимирской, южную часть Ярославской и юго-западную часть Костромской областей. Анализ литолого-стратиграфических разрезов глубоких скважин, расположенных в пределах территории работ и в сопредельных районах, и данные каротажа, показали, что лучшие пласты коллекторы могут быть выделены в песчаных прослоях нижнешигровского горизонта верхнего девона, залегающего на глубинах 1135 м и до 1454 м. Кроме того, возможными пластами-коллекторами могут быть трещиноватые карбонатные разности в данково-лебединских слоях верхнего девона, в каменноугольных отложениях, в казанских породах.

В 1963 году при участии Владимира Николаевича Раабена совместно с И.А. Чарным было введено в эксплуатацию Гатчинское ПХГ. ПО «Союзбургаз», начиная с 1963 г. проводит работы, связанные с поисками локальных поднятий, благоприятных для создания ПХГ, в пределах Окско-Цнинского вала. Пробурено большое количество структурных скважин, которыми закартированы по кровле верейского горизонта и подготовлены к разведочному бурению ряд

поднятий: Лапсинское, Даньковское, Касимовское, Увязовское, Гремячевское, Беднодемьяновское, Zubovo-Полянское.

Проведенный объем поисковых работ привел к открытию многих газовых месторождений и к 1969 году СССР по запасам газа (около 10 трлн. кубометров) был мировым лидером. На открытых месторождениях непрерывно возрастали объемы добычи газа. Первые годы все объекты ПХГ эксплуатировались в ручном управлении, не хватало кадров, квалификация была низкой, поэтому, начиная с 1969 года, началась большая кропотливая работа по автоматизации всех объектов ПХГ.

Полученный опыт позволил приступить к строительству Касимовского ПХГ, которые сейчас играют важную роль в энергообеспечении Москвы. Его отличительная черта – наличие группы поднятий со схожим геологическим строением, пригодных для целей ПХГ. В качестве пласта-коллектора используется песчаная пачка щигровского горизонта на глубине 760-820 м.

С **1973** г. ведется эксплуатационное бурение на Касимовском поднятии.

В период **1975 – 1980** гг. во исполнение Постановления Совета Министров СССР от 25 февраля 1974 г. №131 Министерство газовой промышленности обеспечило обустройство ПХГ по активному газу до 31 млрд м³.

В 1978 г. приступили к заполнению Касимовского ПХГ природным газом. На начальной стадии общий объем закачанного газа насчитывал около 5 млрд. м³. После нескольких этапов расширения хранилища за 16 лет объем хранимого газа возрос до 15 млрд м³.

В **1981** ЦК КПСС и Совет Министров постановили увеличить объемы активного газа в ПХГ на 19 млрд м³ в период с 1981 по 1985 г. Развитие ПХГ открыло новые возможности ЕСГ за счет выравнивания давлений в газопроводах и повышения маневренности поставок газа. Было к этому времени создано уже 13 ПХГ и стала очевидна их экономическая и промышленная эффективность. Но все же для нормальной работы в сезонном разрезе при круглогодичном газоснабжении необходимы запасы в объеме 10-11% годового потребления (с учетом экспорта) [20]. Реально были достигнуты уровни 0,5% в 1965 г., 2% - в 1970 г., 3,1% - в 1975 г., 4,6% - в 1980 г., 5,3% - в 1985 г. В подобных условиях компенсация неравномерности во многом обеспечивалась за счет больших объемов буферного регулирования на электростанциях. Однако в 80-е годы резкое увеличение доли газа в топливопотреблении электростанций и быстрое сокращение ресурсов мазута снизили возможности буферного регулирования. В те же годы были приняты меры по ускорению развития системы подземных хранилищ газа, что позволило довести объем хранения до 10,6% годового потребления, то есть впервые выйти на уровень сезонных запасов [20].

С **1988** г. ведется опережающее эксплуатационное бурение на Увязовском ПХГ.

Оптимизация параметров систем газопроводов, сооружаемых начиная с 1990 года, выполняется на уровне технологического взаимодействия всех газопроводов одного коридора. Совместный режим работы компрессорных цехов позволяет рационально использовать компрессорную мощность; на ряде компрессорных станций (КС) за счет этого становится возможным сократить число установленных рабочих газоперекачивающих агрегатов. Также значительно повышается надежность работы компрессорных цехов, т. к. сокращается число резервных агрегатов без снижения надежности компрессорной станции.

Единая система газоснабжения начала выполнять свои функции в конце 80-х годов. Аналогов по размерам ей не было в других странах. За год ЕСГ обеспечивала транспортировку более чем 600 млрд. м³ природного газа.

В 1990 году основана компания Газпром, которая берет на себя управление, эксплуатацию, обслуживание и работы по сооружению новых газотранспортных объектов и ПХГ. С тех пор и по настоящее время транснациональная энергетическая компания, 50% акций которой принадлежат государству, занимается планомерным развитием ЕГС и строительством новых объектов (Кущевское – 1991 г.; Михайловское – 1996 г.; Дмитриевское – 1996 г.; Увязовское – 1999 г.; Карашурское – 2003 г.; Мусинское – 2004 г.; в том числе в Европе и странах СНГ. В последние годы введены в эксплуатацию следующие ПХГ: Калининградское – 2013 г., Волгоградское – 2018 г.

По состоянию на 2019 год - в стадии строительства находятся ПХГ:

- Удмуртский резервирующий комплекс
- Шатровское
- Арбузовское
- Новомосковское
- Беднодемьяновское

Идет разведка площадей для целей ПХГ в Архангельской, Ярославской, Томской, Новосибирской областях и в районе городов Свободный и Благовещенск в Амурской области.

Таблица 1 – Периоды развития газовой отрасли и ПХГ в СССР и РФ

<p>1906-1940</p> <p>Создание первичной газовой инфраструктуры</p>	<p>1906 – проложен газопровод Баку-Батуми протяженностью 760 км диаметром 203 мм с 16-ю газоперекачивающими станциями.</p> <p>В 1930 -х годах добыча газа в стране составляла не более 300 млн м³ в год.</p> <p>В начале 40-х столица пользовалась газом, получаемым в результате заводской переработки угля.</p>
<p>1941-1945</p> <p>ВОВ</p> <p>Ускоренное освоение месторождений и газификация предприятий.</p>	<p>В 1942 началась разработка Елшано-Курдюмского месторождения, построен газопровод Елшанка – Саратов</p> <p>1943 – запуск магистрального газопровода Бугуруслан-Куйбышев</p> <p>В сентябре 1944 г. Гос. комитет обороны принял решение о строительстве газопровода Саратов-Москва.</p>
<p>1946-1953</p> <p>Восстановление промышленности.</p> <p>Создание газовой отрасли.</p>	<p>К 1946 году саратовский газ по трубопроводу длиной 800 км пришел в Москву. К этому времени в столице соорудили сеть газопроводов и несколько газгольдеров, в которых газ накапливался ночью для регулировки среднесуточного давления. К январю 1946 г в столицу поступало 800 тыс. м³ газа в сутки.</p> <p>В Саратове в 1948 году образован один из ведущих проектно-изыскательских институтов нефтегазового комплекса России «ВНИПИгаздобыча».</p> <p>Этап характеризуется освоением отдельных групп саратовских, краснодарских, ставропольских, восточноукраинских (район Шебелинки), западноукраинских (район Дашавы-Львова) и ряда других газовых месторождений, а также попутного газа нефтяных месторождений (районы Поволжья и Закавказья). Это относительно небольшие по объему и расположению недалеко от возможных потребителей источники газа. В каждом случае проектировался и сооружался отдельный газопровод (группа газопроводов), связывающий с потребителями газа - газопроводы Саратов-Москва, Дашава-Минск, Дашава-Киев-Брянск-Москва, Северный Кавказ-Центр (начиная с газопровода Ставрополь- Москва), Шебелинка-Курск-Смоленск-Брянск, Шебелинка-Полтава-Киев, Шебелинка-Днепропетровск-Одесса и пр. [12].</p>

Продолжение таблицы 1 – Периоды развития газовой отрасли и ПХГ в СССР и РФ

<p>1954-1965</p> <p>Развитие газовой отрасли.</p> <p>Создание государственных органов управления газовой отраслью.</p> <p>Создание ПХГ для ключевых областей.</p>	<p>12 сентября 1955 года было подписано Постановление Совета Министров № 1673 «О мероприятиях по обеспечению приема ставропольского газа потребителями города Москвы». Документ определил дату отсчета истории подземного хранения газа в Советском Союзе, так как создание ПХГ стало одним из условий выполнения поставленной в нем стратегической задачи.</p> <p>2 августа 1956 г. Совет Министров СССР принимает постановление от 2 августа №1038 о создании Главгаза, Главного Управления газовой промышленности при Совете Министров СССР.</p> <p>В декабре 1956 г. Главгаз СССР принимает в эксплуатацию новый газопровод Ставрополь – Москва протяженностью 1200 км. Газ поступает не только в Москву, но и потребителям, подключенным к нему на пути следования - Ростов-на-Дону, Донбасс. Ввод в эксплуатацию первого в СССР ПХГ в истощенном газовом месторождении – Елшано-Курдюмского. В мае 1958 впервые в стране произведена закачка газа в Башкатовскую истощённую газовую залежь. 2 июля 1959 г. Совет Министров СССР принимает Постановление № 719 «Об организации подземного хранения газа в СССР». Принятый правительственный документ обязывал: Главгаз СССР «построить и ввести в эксплуатацию ПХГ для г. Москвы - к 1962 г., для г. Ленинграда – к 1963 г., для гг. Киева и Горького - к 1965 г.», за семь лет выполнить буровых работ в объёме 1200 тыс. м проходки и др.; Госплан «предусмотреть выделение на 1959 – 1965 гг. 30 газомоторных компрессоров; Министерство геологии и охраны недр СССР «довести количество геологоразведочных партий, работающих по разведке структур, пригодных для подземного хранения газа, к 1965 г. до 20»...</p> <p>В 60-е годы начали разработку крупных газовых месторождений в Средней Азии и в Республике Коми. Основные потребительские центры были расположены в Европейской части и на Урале, т.е. сильно удалены от этих месторождений, поэтому встал вопрос о строительстве первых сверхдальних газопроводов Бухара-Урал, Вуктыл – Торжок, и Средняя Азия-Центр. При сооружении этих газопроводов были задействованы трубы диаметром 10-12 см, которые могли обеспечить производительность около 15 млрд. м³ газа в год. Построенные газопроводы должны были обеспечить бесперебойную подачу газа крупным потребителям, поэтому было заложено сразу несколько ниток по каждому направлению. Развитие ЕГС позволило соединить разрозненные отрезки газопроводов, что в свою очередь, дало возможность перераспределить газовые потоки. Так, в 60-е годы СССР сделал рывок и нарастил уровни добычи газа в пять раз, обеспечив газом многих потребителей.</p>
--	---

Продолжение таблицы 1 – Периоды развития газовой отрасли и ПХГ в СССР и РФ

	<p>Ввод в эксплуатацию ПХГ:</p> <p>Калужское – 1959 г.</p> <p>Аманакское – 1959 г.</p> <p>Щелковское – 1960 г.</p> <p>Гатчинское – 1963 г.</p> <p>Песчано-Уметское – 1967 г.</p> <p>Канчуринское – 1969 г.</p>
<p>1966-1984</p> <p>Форсированное развитие подземного хранения газа в СССР, Активное создание ПХГ, изучение геологического строения регионов</p>	<p>Начало семидесятых годов связано с быстрым развитием отрасли добычи и транспортировки газа. Было установлено, что большие запасы газа сосредоточены в Западной Сибири, в районе Оренбурга и в Средней Азии. В этот период проходит сооружение тысяч километров магистральных газопроводов от месторождений к потребителям.</p> <p>В строительстве начинают применять новые технические решения - используют трубы диаметром 1420 мм с рабочим давлением 7,5 МПа и единичной производительностью свыше 30 млрд. куб. м в год. Структура ЕСГ значительно усложняется, однако получает расширение возможностей маневрирования потоками газа за счет многочисленных пересечений и связей различных газотранспортных систем. В 1981 выходит постановление ЦК КРПСС и Совета Министров №609 «Об увеличении объема активного газа в подземных хранилищах в период 1981-1985 г на 19 млрд м³»</p> <p>Ввод в эксплуатацию ПХГ:</p> <p>Песчано-Уметское – 1967 г.</p> <p>Канчуринское – 1969 г.</p> <p>Степновское – 1973 г.</p> <p>Кирюшкинское – 1973 г.</p> <p>Совхозное – 1974 г.</p> <p>Невское – 1975 г.</p> <p>Касимовское – 1977 г.</p> <p>Краснодарское – 1984 г.</p> <p>Северо-Ставропольское – 1984 г.</p>
<p>1985-1991</p> <p>Период наращивания объема газа в хранилищах.</p>	<p>Ввод в эксплуатацию ПХГ:</p> <p>Пунгинское – 1985 г.</p>

Продолжение таблицы 1 – Периоды развития газовой отрасли и ПХГ в СССР и РФ

<p>1992 -2019</p> <p>Создание Единой Газотранспортной Системы РФ.</p> <p>Развитие ПХГ в отдаленных регионах РФ.</p> <p>Появление инфраструктуры для экспорта газа</p>	<p>Завершение формирования ЕГС</p> <p>Создание ПХГ:</p> <p>Кущевское – 1991 г.</p> <p>Михайловское – 1996 г.</p> <p>Дмитриевское – 1996 г.</p> <p>Увязовское – 1999 г.</p> <p>Карашурское – 2003 г.</p> <p>Мусинское – 2004 г.</p> <p>Введены в эксплуатацию следующие ПХГ:</p> <p>Калининградское – 2013 г.</p> <p>Волгоградское – 2018 г.</p> <p>По состоянию на 2019 год - в стадии строительства находятся ПХГ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Удмуртский резервирующий комплекс • Шатровское • Арбузовское • Новомосковское • Беднодемьяновское <p>Идет разведка площадей для целей ПХГ в Архангельской, Ярославской, Томской, Новосибирской областях и в районе городов Свободный и Благовещенск в Амурской области.</p>
--	---

1.2. Анализ современного состояния исследований в области создания ПХГ и их размещения

Теоретические основы создания ПХГ в пористых средах были заложены в работах С.Н. Бузинова, Д. Катца, Ю.П. Коротаева, Е.В. Левыкина, И.Г. Лоджевского, А.Л. Хейна, И.А. Чарного, А.И. Ширковского и др. Развитие теории проектирования и эксплуатации подземных хранилищ газа в нашей стране имеет более чем полувековую историю. Достижения в этой области связаны с именами известных ученых, таких как И.А. Чарный, А.И. Ширковский, М.В. Филинов, Д.И. Астрахан, А.М. Власов, Г.Г. Гершанович, Р.Ф. Гимер, А.Е. Евгеньев, Г.И. Задора, С.Н. Закиров, М.Ф. Каримов, М.В. Лурье, В.М. Максимов, А.А. Михайловский, Г.И. Солдаткин,

и др., а также зарубежных исследователей А. Ван Эвердингена, Е. Вудса, Г. Кречтмара, К. Кутса, М.Р.Тека, В. Херска и др. [46].

Благодаря основополагающим решениям выдающихся организаторов газовой промышленности А.К. Картунова, С.А. Оруджева, В.А. Динкова, Н.К. Байбакова, В.А. Каламкарлова, М.В. Сидоренко, К.К. Смирнова и др., в нашей стране создана и функционирует сеть подземных хранилищ газа общим объемом ~ 150 млрд. м³ хранимого газа [46]. Большая заслуга в проектировании подземных хранилищ газа принадлежит научно-исследовательским и проектным институтам ВНИИГАЗ и ВНИПИТРАНСГАЗ, а также ООО «ПОДЗЕМГАЗПРОМ».

Собственно методика поисково-разведочных работ при создании ПХГ разрабатывалась специалистами Мингазпрома, Союзбургаза, ВНИИГАЗа, МИНХ и ГП и других научно-исследовательских и производственных организаций. Принципиальные ее положения были изложены в работах И.И. Афанасенкова, В.Г. Васильева, Н.С. Ерофеева, А.В. Кацмана, М.С. Корочкина, Е.В. Левыкина, И.Г. Лоджевского, А.М. Мастеркова, В.Н. Раабена, С.И. Стражгородского, А.Л. Хейна и многих др.

С самого начала зарождения отрасли подземного хранения газа проводился поиск подходящих ловушек, позже стали производить пробные закачки – это было необходимо для сооружения ПХГ различных типов в различных условиях.

Проведение разведочных работ для поиска структур, пригодных для ПХГ, сравнительного анализа различных геологических условий и другие специфичные вопросы, возникающие при создании и использования ПХГ, рассматриваются в работах: А.Е. Арутюнова, В.Л. Бондарева, С.Н. Бузинова, В.П. Войцицкого, А.С. Гарайшина, О.Н. Грачевой, А.В. Григорьева, Э.Л. Гусева, Н.А. Егурцова, А.П. Зубарева, А.В. Кацмана, М.С. Корочкина, Г.С. Крапивиной, Н.И. Лазарева, Е.В. Левыкина, И.Г. Лоджевского, А.А. Михайловского, Г.Ф. Пантелеева, Б.А. Резника, О.Г. Семенова, Г.И. Солдаткина, С.И. Трегуба, С.А. Хана, А.Л. Хейна, И.А. Чарного, Е.В. Шеберстова многих других.

В 1939 г. В.Н. Щелкаев издал научный труд «Интерференция скважин и теория пластовых вод водонапорных систем». На время великой отечественной войны деятельность ученых была направлена на практическое применение своих знаний. Сразу после войны советские ученые стали разрабатывать тему использования недр и связанные с этим технические вопросы. В 1946 г. И.Н. Стрижов и И.Е. Ходанович публикуют научный труд «Добыча газа», в 1953 г. – «Подземная гидрогазодинамика». На эти исследования опирались все, кто работал над развитием системы газоснабжения страны.

Основополагающими по вопросам герметичности покрышек следует считать работы Савченко В.П. (1958), Ханина А.А. (1968).

В 1960 году А.Л. Хейн, С.Н. Бузинов, П.Я. Алтухов в журнале «Газовая промышленность» опубликовали статью «Экспериментальные исследования коэффициента вытеснения воды газом в связи с подземным хранением газа в водоносных структурах». Эти работы в институте ВНИИГАЗ проводились в целях разработки технологических регламентов создания хранилищ газа в водоносных структурах. Авторами были получены научные результаты, которые затем были положены в основу проектирования Калужского и Щелковского ПХГ. В частности, авторами была установлена зависимость коэффициента вытеснения воды газом от скорости её фильтрации и скорости движения границы газовой смеси. Было установлено, что поршневого вытеснения воды газом не происходит, а образуются «блокированные» водонасыщенные зоны. Эти выводы имели большое практическое значение при создании подземных хранилищ газа. Важнейшие результаты, во многом повлиявшие на дальнейшее развитие ПХГ, были получены отделом технико-экономических обоснований проектного института «Укргазпроект» (ныне «ВНИПИТрансгаз») [38].

В 1965 году ВНИГРИ публикует отчет «Геологическое изучение отдельных районов территории СССР с целью оценки возможности строительства подземных хранилищ жидких нефтепродуктов и сжиженных газов» (раздел «б» темы-задания №1505 плана важнейших научно-исследовательских работ СССР), над которым работали А.А. Луйк, Г.В. Белоцерковская, Л.М. Брук, О.В. Колобзаров, В.В. Бахтин, В.Ф. Антуфьев.

В отчете рассматриваются геологические результаты и анализируется накопленный опыт проведения детальных геологопоисковых и геологоразведочных изысканий, проведенных за последние годы различными геологическими организациями Советского Союза, с целью выбора конкретных участков и получения исходных фактических данных для проектирования и строительства подземных хранилищ жидких нефтепродуктов и сжиженных газов.

Часть этих работ проектировалась и проводилась под непосредственным методическим руководством ВНИГРИ. В данном отчете для каждого объекта, по результатам проведенных геологоразведочных работ, кратко освещается геологическое строение участка, даются рекомендации по выбору рабочей толщи или интервала глубин. Анализ и обобщение опыта проведения детальных геологопоисковых и буровых геологоразведочных работ, предварявших проектирование строительства подземных хранилищ, изучение зарубежной и отечественной литературы по данной проблеме, а также изучение методики ведения геологоразведочных работ по разведке месторождений каменных и калийных солей, позволили партии ВНИГРИ разработать «Методическое указание по поисковым и геологоразведочным работам и оценке геологических условий строительства различных типов подземных хранилищ нефтепродуктов и сжиженных газов (раздел «а» темы-задания №1505).

В отчете рассматривались участки на территории Белорусской ССР, Украинской ССР, в западном Казахстане, Азербайджанская ССР, Узбекская ССР и несколько районов нынешней России – Александровская площадь (район г. Санкт-Петербурга), Болоховская площадь (район г. Тулы), Кудьминская площадь (район г. Нижнего-Новгорода) и шахтные выработки в районе г. Мурманск.

Кроме данного отчета в **1965** году партией подземного хранения, на основе «Методических указаний» (изложенных в отчете по теме №14 – 1964 г.) подготовлена к печати «Методика геологоразведочных изысканий при создании подземных хранилищ», утвержденная к изданию в **1966** г. И составлены три инструкции: Временные методические руководства по проведению геологоразведочных работ для проектирования и строительства подземных хранилищ нефтепродуктов и сжиженных газов трех типов: в каменных солях; шахтных хранилищах слабопроницаемых пород; в трещиноватых изверженных и метаморфических породах.

В **1965** году М.В. Сидоренко издал книгу «Подземное хранение газа», где собрал все знания об этой отрасли [41].

В 1966 году ВНИИОЭЕНГ публикует научно-технический обзор «Опыт создания и эксплуатации подземного хранилища газа в тульской залежи Елшано-Курдюмского месторождения», подготовленный И.Н. Царевым. В нем освещаются некоторые вопросы, связанные с созданием и эксплуатацией в период 1957 – 1964 гг. первого ПХГ в истощенной газовой залежи Елшано-Курдюмского месторождения. Приведены технологические режимы и параметры эксплуатации газохранилища, подробно освещены технико-экономические показатели. Переоборудование месторождения на закачку газа предстояло выполнять в послевоенных условиях в отсутствие финансирования и компрессорного оборудования, без возможности бурения новых скважин. Однако в 1958 году Елшано-Курдюмское ПХГ было введено в эксплуатацию. Уже в то время для увеличения приемистости скважин использовали гидравлический разрыв пласта, в результате чего коэффициент приемистости скважины увеличился до 4 м³/сут, что свидетельствовало об образовании трещины в пласте, после чего в скважину было закачено 10 т песка фракции 0,8 – 1,2 мм. После гидро-разрыва пласта приемистость скважины увеличилась с 36,3 до 100,8 тыс. м³/сут. [49]. В обзоре также упомянуто о работе института «Востокгипрогаз» над проектом создания Песчано-Уметского ПХГ, которое было создано в 1973 году.

В **1967** году В.И. Кучеренко в своей диссертации приводит геологическое обоснование создания ПХГ в районе г. Казань. Для создания ПХГ, автор предлагает использовать вместо буферного газа азот, полагаясь на опыт эксплуатации Башкатовского и Марьево-Михайловского

месторождения, где закачиваемый газ не смешивался с пластовым, а оттеснял его. Для создания ПХГ автор рекомендовал одну из следующих структур: Янчиковская, Ияская, Белкинская, Красновская, Масловская, Державинская. Только недавно неподалеку от Казани начали обустраивать Арбузовское ПХГ. В качестве возможных объектов для создания резервных мощностей рассмотрено 92 поднятия и более 25 истощенных нефтяных залежей. На основе критериев выбора геологических объектов для создания ПХГ определен наиболее благоприятный объект на текущем этапе разведанности – бобриковский водоносный пласт Арбузовского поднятия [18].

В 1970 году Бузинов С. Н., Раабен В. Н., Киселев А. И. и др. (ВНИИГаз) разработали «Предложения по сокращению сроков создания подземных хранилищ газа в водоносных структурах», которые приняли к внедрению. Для сокращения сроков создания ПХГ предлагается проводить опытную закачку газа, как способ доразведки структуры. Опытная закачка предполагает наличие всего двух условий: 1) наличие пласта-коллектора; 2) наличие над пластом коллектором предположительно герметичной покрышки. Подобный метод исследования применялся на Невском ПХГ.

В 1972 году в Москве по инициативе Общественного научно-исследовательского института дальнего транспорта газа при Московском управлении магистральных газопроводов (ОНИИДТГ МУМГ) проходит Научно-технический семинар - "Совершенствование технологии эксплуатации и перспективные направления дальнейшего развития подземных хранилищ природного газа МУМГ на 1972-1975 гг." при участии Московского правления Научно-технического общества нефтяной и газовой промышленности. (МосНТО НГП). В семинаре приняли участие более 100 специалистов подземного хранения газа из 30 организаций Мингазпрома и смежных отраслей. Поднимались вопросы по внедрению методов физико-химического воздействия на пласт в практику эксплуатации Подмосковных ПХГ, а также актуальной была тема создания ловушек газа методами искусственной герметизации и т.д. По итогам семинара опубликованы соответствующие рекомендации, одним из главных результатов стало поручение соответствующим институтам Мингазпрома до 1973 года утвердить и опубликовать единые обязательные руководящие документы (правила, инструкции и технические условия) по вопросам разведки, бурения, проектирования, обустройства и эксплуатации ПХГ.

Также в 1972 году выходит научно-технический обзор «Оптимальный объем и размещение подземных хранилищ газа по системам магистральных газопроводов» за авторством С. Н. Бузинова, А. И. Киселева и Г. Ф. Меланифиди [6] (ВНИИЭГазпром). В работе ставится

задача определения оптимальной емкости, пропускной способности магистральных трубопроводов и местоположения ПХГ по системе газопроводов (рис.1).

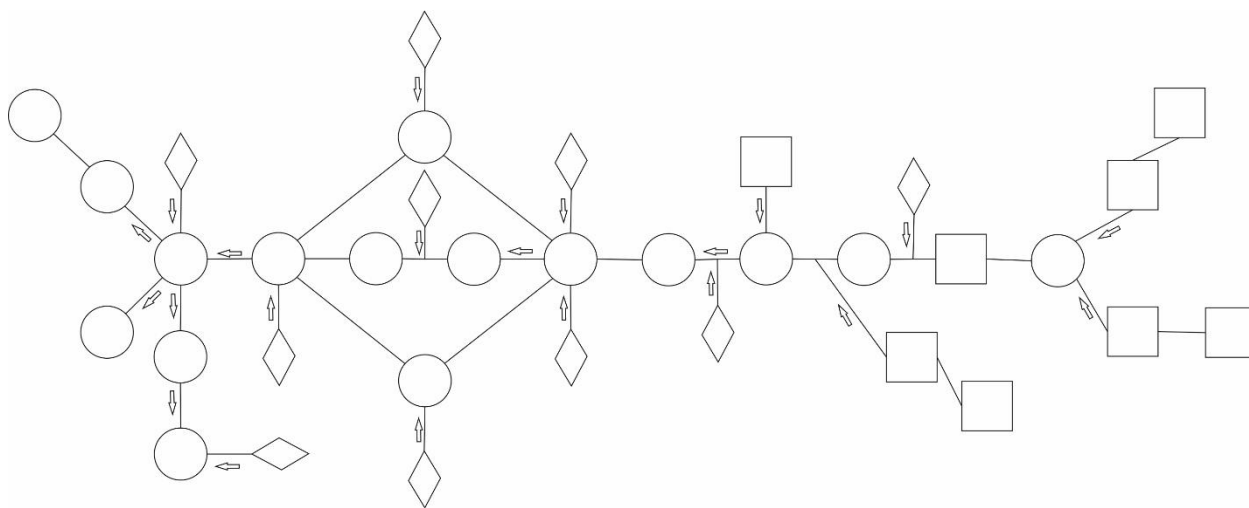
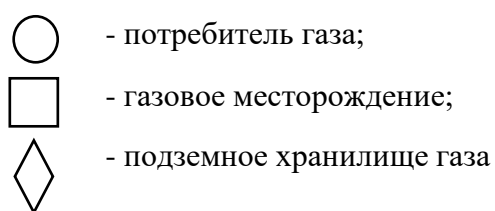


Рис. 1 - Схема системы магистральных газопроводов [6]



Оптимальным методом регулирования газопотребления будет такое сочетание объема подземного хранения газа, пропускной способности газопровода и добычи газа из месторождений, при котором все потребители обеспечиваются заданным объемом газа в течение всего года.

Для построения рациональной системы газоснабжения, авторы выделяют в системе газопроводов типовые звенья, в каждое звено входит потребитель газа (или источник газа) с прилегающим подземным хранилищем газа и участком газопровода между ними. Для понимания сложности выбора оптимального размещения рассматривается конкретная задача, в которой имеется три крупных потребителя газа, для которых известны объемы потребления газа за год и графики потребления газа во времени. Снабжение газа может осуществляться из двух месторождений. Около каждого потребителя может быть построено одно ПХГ. 2 ПХГ могут иметь неограниченную емкость, а одно — ограниченную емкость и суточную производительность, значения которых задаются. Известны годовые объемы добычи газа из месторождений. Каждый потребитель должен быть обеспечен в течение года определенным объемом газа, согласно графику потребления. Требуется найти оптимальное управление

газоснабжения потребителей данной системы. Если задать семь дискретных значений величин объема и суточного отбора газа из каждого хранилища, семь значений величины пропускной способности четырех участков газопровода между ними и семь значений величин суточного отбора газа из каждого месторождения, то число вариантов газоснабжения будет около 250 тысяч. В 1962 году компьютеры не могли справиться с такой задачей, и коллектив авторов предлагает метод динамического программирования и расчетные формулы для выбора оптимального управления.

В **1984** году коллектив авторов ВНИИГАЗ (Ермаков В.И., Зыкин М.Я., Берето Я.А., Зинова Н.Б., Каратаева Т.Н., Кургузова М.К., Митрофанова Т.Н., Несмеянов М.Д., Семашев Р.Г.) выпускает отчет под названием «Разработать геологическое обоснование по выбору объектов для создания ПХГ на территории европейской части СССР и Западной Сибири».

В этом отчете на основании анализа геологических условий дана оценка возможности создания ПХГ на базе нефтяных, нефтегазовых месторождений и водоносных структур ряда районов Волго-Уральской области, Западной Сибири и Припятской впадины (БССР). Выделены перспективные для ПХГ объекты. Рассмотрены некоторые аспекты проблемы надежности покрышек при создании ПХГ. Показаны некоторые критерии их герметичности.

В отчете изложен опыт изучения многочисленных нефтегазовых и газовых месторождений (залежей), показано, что покрышками для газовых скоплений служат либо эвапоритовые толщи, представленные обычно ассоциациями галогенных и сульфатных пород, или глинистые отложения – глины и аргиллиты. Авторы выделяют два типа покрышек ПХГ – эвапоритовые и глинистые, отличающиеся между собой по физической сущности экранирования.

К **1987** году существовала необходимость сооружения газохранилищ на территории южной части Западной Сибири (Томская, Кемеровская, Новосибирская, частично Тюменская, Челябинская, Курганская области).

ВНИИГАЗ (Ермаков В.И., Берето Я.А., Митрофанова Т.Н., Семашев Р.Г.) разрабатывает рекомендации по выбору объектов для создания ПХГ и проводит оценку пригодности геологических структур для целей ПХГ в Среднеазиатском регионе СССР (Центральный Узбекистан, Восточная Туркмения), в Западной Сибири (Томская, частично: Тюменская и Курганская области). В отчете по данным работам помимо других рассматриваемых регионов, на территории Пермской области для целей ПХГ рекомендовано использовать нефтяные залежи, связанные с терригенными коллекторами визейского яруса нижнего карбона. Для создания газохранилища рекомендована частично истощенная нефтяная залежь бобриковского горизонта

Троельжанского месторождения и истощенная нефтяная залежь бобриковского горизонта Лазуковского газонефтяного месторождения.

К концу восьмидесятых годов перед ВНИИГАЗ возникла задача - определить критерии герметичности уже существующих объектов ПХГ. В **1989** ВНИИГАЗ опубликовал соответствующий отчет, авторами которого были Г.А. Зотов, Я.А. Берето, Н.В. Зинова, Н.А. Калинина, Т.Н. Митрофанова, М.Д. Несмеянов и Р.Г. Семашев.

В данном исследовании рассматривались факторы, влияющие на герметичность покрышек ПХГ. Для этого авторами были проанализированы условия экранирования природных газовых и нефтяных залежей. Для оценки герметичности ПХГ авторами было предложено использовать разработанную методику. Она представляла собой составление структурно-динамической модели ПХГ, вытекающей из методики М.К. Хабберта и основанную на расчетах изопотенциалов газа. После проведенного анализа в отчете даны рекомендации по эксплуатации Гатчинского, Калужского и Щелковского ПХГ с целью обеспечения их герметичности.

В середине девяностых годов под руководством ДАО «Бургазгеотерм» и РАО «Газпром» проводится предварительная разведка на Даньковской площади для целей ПХГ (Рязанская область). В **1997** году по результатам работ А.И. Постников, Б.А. Резник, А.Д. Горева, А.В. Мамренко, Л.Н. Мягкова составляется отчет. В нем представлены результаты предварительной разведки, проведенной на Даньковской площади в период 1991-1996 гг. с целью изучения ловушки в щигровском горизонте верхнего девона для создания ПХГ. Было пробурено 6 скважин, проведен комплекс геолого-геофизических исследований, отбирался керн из перспективных для ПХГ терригенных отложений щигровского горизонта. Гидродинамические исследования проводились в одной скважине. Проведенными работами была выявлена перспективная для создания подземного газохранилища структурная ловушка в верхней песчаной пачке щигровского горизонта, залегающая на глубине 780 м. Ее размеры – 22 км на 5 км, амплитуда 39 м. Общий объем ловушки 20 млрд м³, объем основного купола 4 млрд м³.

В качестве достоинства данной территории для сооружения ПХГ авторами подчеркивается, что территория Окско-Цнинского вала близко расположена к основным потокам и потребителям газа, условия освоения территории с точки зрения природных условий и состояния инфраструктуры весьма благоприятны. Территория довольно полно изучена, и есть опыт использования крупнейшего в Европе Касимовского ПХГ, что позволило объективно оценить геологическое строение, оптимизировать условия освоения структур и эксплуатацию ПХГ.

Необходимо отметить, что к концу девяностых годов российскими организациями было накоплено большое количество опыта по эксплуатации ПХГ. Одним из направлений изучения

является экологическая безопасность и воздействие на окружающую среду. На подземных хранилищах газа и трубопроводах проводится непрерывный мониторинг газопроявлений. Этой теме касается диссертация Сергея Григорьевича Солдаткина (1999) «Методы контроля герметичности и эксплуатации подземных хранилищ с наличием перетока газа» [49]. В работе рассмотрены примеры перетоков газа из объектов хранения, одним из методов контроля герметичности и выяснения контура газовой залежи назван мониторинг содержания углеводородов в пробах подземных вод из буферных горизонтов.

В 2002 году выходит книга «Экология подземного хранения газа», в которой Бухгалтер Э.Б., Дедиков Е.В., Бухгалтер Л.Б., Хабаров А.В., Будников Б.О. детально описывают инструменты системы слежения за утечками газа, в том числе лазерную аппаратуру для мониторинга утечек газопровода. До этого момента, вопросы экологии не поднимались в рамках данной проблемы.

В двухтысячных годах продолжились поиски территорий для размещения ПХГ. В 2006-2007 гг. Бокситогорском районе Ленинградской обл. компаниями ОАО «Газпром», ОПАО «Подзембургаз», ООО «Газконсалт» пробурены две скважины. Скважина №1 глубиной 1040 м и скважина №2 глубиной 958 м, вскрыли кристаллический фундамент. В скважинах проведен комплекс геофизических исследований; отобран и проанализирован керн (201,3 м) и з перспективных пластов-коллекторов, перекрывающих и подстилающих отложений; выделены три пласта-коллектора: П и Ш песчаные пласты гдовских отложений и песчаники ломоносовской свиты нижнего кембрия; в скважине №2 испытаны два интервала (кора выветривания фундамента и гдовский песчаник). В отчете В.А. Ненахова, где проанализированы результаты бурения сделан вывод об отрицательных результатах разведки – на месте выделенного сейсмического поднятия бурением фиксируется моноклиальное падение пород в южном направлении, отвечающее региональному структурному плану.

В 2009 г. А.В. Самохин в своей диссертации поднимает вопросы воздействия ПХГ на окружающую среду и методов изучения этих процессов на примере оценки состояния подземных вод на Калужском ПХГ.

На 2019 год большинство публикаций на тему ПХГ посвящено расширению уже существующих хранилищ, увеличению объема хранимого газа. Так, в 2015 году была опубликована статья Ю.В. Глаголева и Н.В. Серединой [14], посвященная расширению Совхозного ПХГ. В данной статье детально рассмотрено создание Совхозного хранилища газа в истощенном месторождении, его техническое переоборудование для циклической закачки и отбора газа; уделяется внимание проведенным работам по устранению перетока газа в надпродуктивные пласты и водогазопроявлений скважин. Для увеличения объема хранимого газа

до 9,9 млрд м³ в 2007 году ВНИИГАЗ разработал Коррективы основных технологических показателей для расширения Совхозного ПХГ, которые предусматривали бурение 18-ти эксплуатационных скважин, в т.ч. 8 наклонно-направленных под промплощадку.

Повышению эффективности эксплуатации ПХГ также уделено внимание в различных публикациях. В статье [17] 2015 года рассматривается возможность повышения эффективности ПХГ за счет создания дополнительных полостей путем размыва соляных пород и реконструкции существующего резервуара. Применение технологии «доразмыва» пласта позволило увеличить полезный объем подземного хранилища до двух раз.

Повышению эффективности эксплуатации ПХГ также способствует увеличение интенсивности притока газа при отборе (повышение дебита откачки), что тесно связано с проницаемостью пласта-коллектора. В статье С.Б. Бекетова и А.А. Бражникова [3] перечислены гидромеханические, физико-химические, термические и комбинированные способы улучшения фильтрационно-емкостных свойств пласта коллектора. В данной статье вопрос снижения производительности скважин на ПХГ изучен в основном с точки зрения эксплуатации скважин после капитального ремонта и не рассматриваются изменения режима скважин в масштабах всего ПХГ. В зарубежных публикациях [47] встречается мнение, что повышению дебита откачки скважин может способствовать пересечение эксплуатационной скважиной тектонических разломов и трещин, что предполагает обустройство наклонно-направленных и горизонтальных участков скважин.

Множество работ опубликовано по теме повышения безопасности эксплуатации ПХГ [8, 14]. Политика ПАО «Газпром ПХГ» направлена также и на поиск новых территорий для сооружения ПХГ [21, 22]. В обеих статьях указывается на необходимость создания дополнительных газовых резервов в виде подземных газохранилищ. Причем для республики Татарстан характерно наличие развитой газовой инфраструктуры и отсутствие собственных источников углеводородов, а для Восточной Сибири и Дальнего Востока наблюдается обратная картина. Для выделения первоочередных объектов дальнейшего изучения с целью создания ПХГ в Республике Татарстан авторы руководствуются Правилами создания и эксплуатации ПХГ в пористых пластах ПБ 08-621-03, на данный момент утратившим силу, согласно которым «рассматриваемый перспективный для создания ПХГ район должен находиться вне зоны возможных сейсмических событий с силой землетрясения более 9 баллов. Участок расположения наземных сооружений ПХГ должен быть вне зоны влияния опасных геологических процессов и явлений. Не допускается выбирать участки для размещения ПХГ непосредственно в зонах тектонических нарушений, развития карста, оползней, селей, обвалов и других процессов, способных привести к разрушению наземных и подземных сооружений хранилища» [64]. В

статье [22] авторами выделены перспективные предполагаемые пласты-коллекторы и покрышки. В качестве предполагаемого первоочередного геологического объекта для создания ПХГ рассматриваются бобриковские песчаники исследуемой территории. В качестве покрышки будет рассматриваться тульский горизонт. По материалам сейсморазведки было выделено более 600 объектов. Авторы статьи наиболее близко касаются темы планируемого исследования. Они предлагают ранжирование выделенных объектов, при котором будет оцениваться степень изученности сейсмоподнятий (количество сейсмопрофилей, совпадение с результатами несейсмических методов – грави-, электро-, магниторазведка и т.д.), их амплитуда и площадь, морфология рельефа, особенности верхней части разреза (неоген, карст), близость объектов к населенным пунктам и особо охраняемым природным территориям, а также возможность проведения на перспективных поднятиях дополнительных исследований, включающих переинтерпретацию материалов сейсморазведки и проведение полевых геохимических исследований [22].

При выборе возможных мест размещения ПХГ неизменно встает вопрос о критериях, по которым будет выбран подходящий участок. В статье Р.Р. Ганиева и С.П. Новиковой [13] критериями выбора пластов-коллекторов для закачки и хранения газа являются условия, определяющие размеры горизонта (комплекса) в плане и разрезе, фильтрационно-емкостные свойства породы, обуславливающие возможность прокачки определенных объёмов газа, приёмистость скважин и характер распространения закачиваемого газа по пласту. Другими критериями при обосновании подземного хранилища газа являются наличие локально изолированной структурной ловушки достаточной ёмкости, обеспечивающей возможность размещения в ней заданного количества газа.

Для выбора месторасположения ПХГ используют различные методы, одним из самых представительных является картографический. С развитием геоинформационных технологий применение метода генерализации и наложения карт демонстрирует свою эффективность [15]. В этом исследовании автор устанавливает общие закономерности трансформации инженерно-геологических и экологических условий при формировании техногенной залежи и эксплуатации ПХГ. Выявление этих связей позволит приблизиться к целям настоящего исследования, поскольку на основе этих данных возможно выделение природно-техногенных условий и их типизация, для учета геоэкологических последствий при создании и эксплуатации ПХГ.

Создание ПХГ является интересной темой также с экономической точки зрения [2]. В указанной диссертации рассматривается экономический проект создания Беднодемьяновского ПХГ с указанием стоимости сооружения эксплуатационных скважин и строительства ветки газопровода до магистрального трубопровода. Отмечается, что с экономической точки зрения,

проект строительства газопровода и ПХГ на том или ином участке должен быть единым, поскольку эти объекты взаимозависят и взаимообеспечивают друг друга.

Авторами настоящего исследования по данной теме в 2017-2018 г. опубликовано 9 статей [23-30], касающихся экологии подземного хранения газа, изучению влияния ПХГ на биотические и абиотические компоненты природной среды, оценки геоэкологического состояния территорий ПХГ, экологическим аспектам поисков, создания и эксплуатации объектов ПХГ. В 2017 году Маслова Л.В. под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора Экзарьяна В.Н. защитила магистерскую диссертацию на тему «Методические рекомендации по оценке воздействия подземного хранилища газа на окружающую среду на примере Калужского подземного хранилища газа. в рамках которой было проведено изучение особенностей загрязнения подземных вод и миграции газа в районе расположения Калужского ПХГ, а также анализ системы мониторинга окружающей среды в зонах ПХГ для выработки решений по снижению влияния ПХГ на геоэкологические условия, в пределах которых осуществляется хозяйственная деятельность.

2. ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗА

2.1. Варианты сооружения, порядок эксплуатации

ПХГ – комплекс инженерно-технических сооружений, природная или искусственная емкость для резервирования объемов газа и подачи его в магистральные газопроводы.

Использование ПХГ позволяет регулировать сезонную неравномерность потребления газа, снижать пиковые нагрузки в Единой системе газоснабжения, обеспечивать гибкость и надежность поставок газа.

В России ПХГ сооружаются в водоносных структурах, в истощенных месторождениях, в соляных кавернах. На территории РФ расположены 24 подземных хранилища газа с суммарной активной емкостью 65,2 млрд м³ (табл. 2).

В России эксплуатируются следующие ПХГ: Аманакское, Беднодемьяновское, Волгоградское, Гатчинское, Дмитриевское, Елшано-Курдюмское, Калининградское, Касимовское, Канчуринско-Мусинский комплекс, Куцевское, Краснодарское, Калужское, Карашурское, Кирюшкинское, Михайловское, Невское, Песчано-Уметское, Пунгинское, Северо-Ставропольское, Совхозное, Степновское, Увязовское, Щелковское.

Таблица 2 – Подземные хранилища газа

Подземные хранилища газа (ПХГ)	
Определение	ПХГ – комплекс инженерно-технических сооружений, природная или искусственная емкость для резервирования объемов газа и подачи его в магистральные газопроводы.
Назначение	Для регулирования сезонной неравномерности потребления газа производственными объектами и населением
Количество в РФ, суммарная активная емкость	24 ПХГ; 65,2 млрд. м ³
Варианты	- в выработанных нефтяных месторождениях; - в водоносных структурах; - в пустотах горных пород; - в соляных кавернах; - в отработанных шахтах.
Допустимая продолжительность использования	Более 100 лет

Касимовское ПХГ, расположенное в Рязанской области в Касимовском районе, является крупнейшим в мире, созданным в водоносном пласте в структурах Окско-Цнинского вала. Заполнение и последующее увеличение объема газа происходило в три этапа, в итоге удалось достичь активной емкости в 9 млрд. м³. Касимовское ПХГ участвует в газоснабжении Московского региона и других областей. 287 эксплуатационных скважин обеспечивают суточный отбор 100 млн. м³ газа в сутки. Пластом-коллектором на Касимовском поднятии является верхняя часть песчаной пачки щигровского горизонта верхнего девона, залегающая на глубине 760–820 м и разделенная глинистым пропластком. Наличие нескольких брахиантиклинальных поднятий дает возможность и дальнейшего увеличения объема хранимого газа.

Канчуринско-Мусинский комплекс ПХГ включает Канчуринское и Мусинское ПХГ, он расположен в Республике Башкортостан в Куюргазинском районе, создан на базе отработанного газоконденсатного месторождения. После реконструкции в 2010 г, объем активного газа был увеличен с 3,4 млрд м³ до 5,5 млрд м³. На Канчуринском ПХГ, созданном в 1972 году, пласт-коллектор представлен рифогенными известняками сакмаро-артинского возраста с пористостью 5,2%, газ поступает с Уренгойского месторождения. 142 эксплуатационные скважины оборудованы как на закачку, так и на отбор газа. На Мусинском ПХГ, которое состоит из двух самостоятельных массивов, 26 эксплуатационных скважин с открытым забоем.

Северо-Ставропольское ПХГ создано на базе истощенного газового месторождения. Его активная емкость – 90 млрд. м³ разделена на 2 объекта хранения. Северо-Ставропольское ПХГ обеспечивает газоснабжение потребителей республик Закавказья, Южного федерального округа, Украины, регулирует сезонную неравномерность поставок и надежность экспортных поставок.

Кущевское ПХГ расположено в Краснодарского крае в Кущевском районе в 200 км от г. Краснодара, в истощенном газоконденсатном месторождении. Из-за низкой проницаемости пласта-коллектора, на ПХГ оборудовано около 150 эксплуатационных скважин, 90 из которых – горизонтальные и наклонно-направленные, что позволило увеличить площадь притока газа к забою.

В Западной Сибири в Ханты-Мансийском АО расположено Пунгинское ПХГ емкостью 3,5 млрд м³, рассчитанное на газообеспечение Пермской, Челябинской и Свердловской областей. Восточнее него на огромной части России – Ямало-Ненецком АО, Республике Саха (Якутии), Красноярском крае и в целом на Дальнем Востоке ПХГ отсутствуют.

Газовое хранилище — природная или искусственная ёмкость для создания запасов газа и корректировки режимов его поставок в зависимости от нужд потребителей. Подземные газохранилища строятся на небольшом расстоянии от трасс магистральных газопроводов и

потребляющих центров с большой вариативностью. Подземное хранилище газа дешевле и безопаснее наземных конструкций для хранения газа.

Активный объем - суммарное количество газа, ежесезонно отбираемого из хранилища в соответствии с установленным технологическим режимом. Буферный объем - суммарный объем газа, оставляемого в пласте- коллекторе для поддержания энергетического потенциала газохранилища, образования "сухого" поля и предотвращения обводнения эксплуатационных скважин. Технические затраты газа - потери, связанные с эксплуатацией наземного оборудования. Они возникают при различных операциях на промысле, а также при отдельных авариях и при техническом несовершенстве оборудования.

ПХГ предназначено для регулирования неравномерности потребления газа, обусловленной временем года, временем суток и даже днями недели.

Работая в циклическом режиме эксплуатации, ПХГ в летнее время (апрель -август) закачивает газ из газотранспортных магистралей в подземное пласт-хранилище, а зимой (ноябрь - апрель) выдает газ в магистральный газопровод для потребителей [5].

На территории ПХГ имеется сеть эксплуатационных, поглотительных, наблюдательных и контрольных скважин. Основное сырье, которое используется на ПХГ, - одорированный природный газ, в качестве одоранта применяется смесь природных меркаптанов (СПМ) - метил-этилмеркаптана. На объекте газ не одорируют, СПМ вводится на газораспределительных станциях. В среднем в состав газа входят: метан - 98,942 %, этан - 0,084 %, пропан - 0,060% бутан - 0,019 %, азот - 0,881 % [5].

В рамках технологического контроля на ПХГ с помощью геофизических методов проводят определение площади распространения газонасыщенных коллекторов и возможностей миграции газа за замыкающую изогипсу. Производство наземных работ методами ЗСБ (зондирование становлением электромагнитного поля) и ВЭЗ ВП (вертикальное электрическое зондирование методом вертикального профилирования) осуществляется с привязкой к промыслово-геофизическим замерам и должно дать информацию для выявления источников образования техногенных скоплений газа, их разгрузки и ликвидации. Также геофизические исследования на ПХГ необходимы для уточнения объемов распределения газа в неактивных зонах ПХГ и заключения о герметичности ПХГ. Полученные данные рассматриваются относительно результатов гидрогеохимических исследований контрольных скважин ПХГ и площадных газо-геохимических работ. По результатам проведенных геофизических исследований после их анализа, они представляют собой следующие материалы:

- отчет с анализом результатов электроразведочных работ, с указанием возможных путей миграции газа за замыкающую изогипсу и возможных зон латеральных перетоков газа,

укомплектованный таблицей результатов съемок по пикетам, текстовыми и графическими приложениями, отражающим полученные результаты;

- карта газонасыщенных коллекторов в разрезе ПХГ от дневной поверхности до кровли пласта-коллектора;

- разрез отложений, залегающих выше 450 м, с выделением проницаемых пропластков.

Корреляционные схемы по профилям скважин;

- геоэлектрические разрезы по отдельным профилям. Таблицы результатов съемок по пикетам;

- карта фактического материала электроразведочных работ;

- карта газонасыщенности пластов с нанесенным текущим контуром газоносности техногенной залежи. Разрез отложений, залегающих над пластами, с выделением проницаемых пропластков и их текущего насыщения по результатам повторной интерпретации материалов ГИС и электроразведочных работ;

- описание методики проведения исследовательских работ, оценки эффективности и достаточности используемых методов.

Привлекательность истощенных месторождений газа для создания ПХГ обусловлена тем, что для них не нужно доказательство герметичности структуры, поскольку это доказано тем фактом, что там уже были накоплены углеводороды. Найти природные условия, отвечающие требованиям для создания ПХГ, довольно сложно, поскольку требуется не только наличие пористых или трещиноватых пластов и наличие выдержанного флюидоупора, но и их залегание в виде купола, где будет скапливаться газ. Для создания требуемого давления в эксплуатируемый горизонт закачивают буферный газ, который составляет примерно 50% от общего объема газа в хранилище. При нагнетании газ вытесняет воду. В некоторых случаях все же происходит обводнение пласта, что затрудняет работу хранилища и вызывает необходимость дополнительных операций по отделению газа от пластовых вод и закачки жидких отходов в недра.

Хранилища в истощенном месторождении или водоносном слое отличаются большим объемом. Гораздо быстрее закачка и отбор газа происходят в тех хранилищах, которые созданы в пещерах каменной соли (хотя они и проигрывают в объеме ПХГ, созданным в истощенных месторождениях). Соляные пещеры являются идеальными по герметичности резервуарами [4]. В подходящем по высоте пласте каменной соли (20-40 м) бурятся скважины. Затем в них подается вода, в соляном пласте вымывается полость необходимого объема. Преимущества ПХГ в соляных кавернах в том, что они имеют хорошую герметичность и способность к

самовосстановлению и зарастанию разломов и трещин. ПХГ в отложениях соли создано в 2013 г. в Калининграде.

В соляных кавернах можно осуществлять хранение сжиженных углеводородов, таких как изобутан, пропан-бутановые смеси, пропилен, пропан и другие. Высокий риск аварий, которые могут сопровождаться значительными разрушениями антропогенного характера, делает эксплуатацию таких объектов довольно рискованной, хоть и позволяет производить несколько циклов закачки-отбора газа за один сезон, поэтому обеспечение требований промышленной безопасности является для них ключевым фактором. В связи с тем, что не везде есть соляные каверны или истощенные газовые месторождения, стали развиваться способы сооружения ПХГ в пластах пористых пород и в водоносных горизонтах.

В мире эксплуатируется всего два ПХГ в отработанных шахтах – в Германии ПХГ Бургграф-Бернсдорф (калийная соляная шахта, восточная Германия) и ПХГ Лейден в США (Лейденская угольная шахта, Колорадо). ПХГ, организованное в угольной шахте Лейден, эксплуатируется уже больше 50 лет. При подготовке Лейденской шахты к эксплуатации в режиме ПХГ для предотвращения утечек необходимо было провести работы по герметизации выработки путем засыпки вертикальных стволов. При хранении газа в необлицованной угольной шахте, существует проблема адсорбции природного газа углем. Соответственно, существует необходимость в разработке газоупорных покрытий с хорошей воздухопроницаемостью и высокими огнеупорными свойствами. В настоящее время основные уплотнительные материалы, используемые для изоляции стенок выработок, включают органические, неорганические и органо-неорганические композитные материалы. Подземные газоупорные покрытия на угольных шахтах в основном состоят из органических материалов, таких как полиуретаны, с хорошим герметизирующим эффектом. Однако широкое применение этих органических материалов в определенной степени ограничено из-за их высокой цены, плохой огнестойкости и возможного загрязнения воздуха. Неорганические уплотнительные материалы с угольной летучей золой (СФА) на угольных шахтах более распространены в Китае, они характеризуются высокой эффективностью и имеют относительно невысокую стоимость.

В опытно-промышленном режиме действует ПХГ Скаллен в Швеции, созданное в каверне на глубине 115 м в граните, стены которой укреплены стальной решеткой.

Предварительные требования к геологическому строению ПХГ в горных выработках включают следующие пункты:

- 1) Вмещающая порода выработки должна быть как можно более непроницаемой и без трещин, чтобы минимизировать утечки;

2) Скальные породы должны быть достаточно прочными, требующей небольшого количества искусственных конструкций для поддержки стен выработки или вообще без укрепляющих конструкций для заданных размеров. Размер выработки зависит от прочности вмещающих пород;

3) Порода должна быть однородной с низкой трещиноватостью или отсутствием трещин и других неоднородностей, таких как зона сдвига;

4) Вмещающие породы не должны быть сильно обводнены, поскольку контроль водопритоков при проходке ствола потребует таких методов стабилизации, как цементация или замораживание, которые являются дорогостоящими;

5) Сланцы и алевролиты являются наиболее подходящими типами осадочных пород для создания ПХГ в горных выработках, поскольку они непроницаемы и относительно легко добываются. Однако для этих пород требуются обширные искусственные опоры, например, анкерные болты;

6) Магматические и метаморфические породы также подходят для создания ПХГ. Они непроницаемы, и в них можно пройти выработки довольно большого размера без укрепляющих конструкций;

7) Для выработок, расположенных в известняке, потребуется сооружение поддерживающих конструкций. Если выработка расположена в зоне, не подверженной сильным разломам, возможен вариант сооружения без укрепления стенок.

Воздействие на окружающую среду от ПХГ характеризуется повышенными выбросами газа. Природный газ, составляющий более 60% общего количества выбросов ПХГ в атмосферный воздух, на 98% состоит из метана и выбрасывается при следующих эпизодических операциях:

- работа системы сбора и утилизации промышленных стоков (газ дегазаций) - период отбора газа;
- планово-предусмотрительный ремонт газомотокомпрессоров - в период закачки газа;
- освоение и режимные испытания скважин;
- стравливание шлейфов, газопроводов-отводов, сосудов и аппаратов подготовки газа [4].

Мировая история подземного хранения газа насчитывает уже более ста лет. Сейчас газ используется как топливо, в том числе для получения электроэнергии в крупных городах. Из-за большой удаленности потребителей от месторождений газа, вместо резервирования пропускной способности магистральных газопроводов, более рационально сооружение ПХГ. Кроме выравнивания подачи газа при пиковом спросе, значительный резерв газа будет полезен при авариях на месторождениях или на газопроводах, эпидемиях и других незапланированных ситуациях. Большая часть России испытывает экологические проблемы из-за использования угля

в системе энергоснабжения, что неблагоприятно сказывается на здоровье населения. Переход на подземное хранение газа и диверсификация путей его использования позволит избавиться от смога в Красноярске, Новосибирске и других городах, а также снизить общие выбросы углекислого газа от ТЭЦ и ТЭС.

Действующие в России 24 хранилища обеспечивают до четверти суточных ресурсов газа ЕСГ России в зимнее время, что сопоставимо с суммарным отбором из Медвежьего, Ямбургского, и Юбилейного месторождений.

Промышленная безопасность опасных производственных объектов нефтегазовой промышленности регламентируется ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

ПХГ бывают различного назначения: базисные служат для регулирования неравномерности потребления газа в зависимости от времени года. Поскольку зимой в России увеличивается потребность в газе для отопления, базисные ПХГ рассчитаны на стабильный отбор газа в течение около 3-х месяцев с отклонениями производительности 10-15%. Пиковые ПХГ обеспечивают подачу газа при кратковременной возрастающей в течение нескольких суток нестабильности потребления. На пиковых ПХГ отбор газа непостоянный с существенными колебаниями суточной производительности, к данному типу относится, например, Касимовское ПХГ. Стратегические ПХГ служат для долговременного резервирования запасов газа, которые могут понадобиться при различных форс-мажорных ситуациях.

ПХГ сооружают в соляных кавернах (Калининградское, Волгоградское ПХГ и строящееся Новомосковское), в истощенных газовых и газоконденсатных месторождениях (Пунгинское, Кущевское ПХГ), в пористых, трещиноватых и кавернозных горных породах и водоносных пластах (рис. 2). Также есть примеры сооружения ПХГ в отработанных соляных и угольных шахтах, однако в России подобные объекты не эксплуатируются.

Хранение газа в истощенных или частично месторождениях углеводородов

Мировой и отечественный опыт показывает значительные преимущества создания ПХГ в истощенных газовых месторождениях. За рубежом практикуется и сооружение ПХГ в истощенных нефтяных месторождениях, однако они не могут конкурировать с газовыми по безопасности эксплуатации – известны случаи, когда на ПХГ, созданном в истощенном нефтяном месторождении (Линкольншир, Великобритания) произошел выброс нефти из скважины. Возможно, что, покрышки большинства нефтяных резервуаров не обладают достаточной герметизирующей способностью, чтобы остановить миграцию свободного газа.

При создании ПХГ на базе отработанных месторождений углеводородов пользуются уже известными величинами, которые были выяснены еще при разработке. Такими показателями

являются форма, размеры и положение пласта-коллектора, давление и температура в пласте, геофизические и фильтрационно-емкостные параметры, герметичность флюидоупора, технологические режимы разработки и эксплуатации. К тому же на месторождении уже существует фонд скважин и инфраструктура для закачки и отбора газа.

При проектировании ПХГ определяются следующие параметры:

- максимальное и минимальное пластовое давление для периода заполнения ПХГ и при отборе газа;
- необходимый объем буферного газа и возможный объем активного газа;
- число эксплуатационных и контрольных скважин;
- диаметр и толщина стенок промысловых и соединительного газопроводов;
- общая мощность КС и тип компрессоров;
- тип и размер оборудования для очистки газа от твердых частиц при закачке его в пласт и осушки при отборе;
- объем финансовых вложений и затрат на эксплуатацию.

Важное значение играют данные о фактическом потреблении газа, по которым можно определить, какой объем газа будет отбираться из ПХГ в тот или иной день. Затем рассчитывают необходимое количество эксплуатационных скважин, которое зависит от назначения ПХГ, необходимой скорости отбора, напряженно-деформированного состояния пласта, схемы размещения и технологического режима эксплуатации скважин. Эти расчеты проводятся в интервалах между периодами пикового отбора и периода максимального наполнения хранилища.

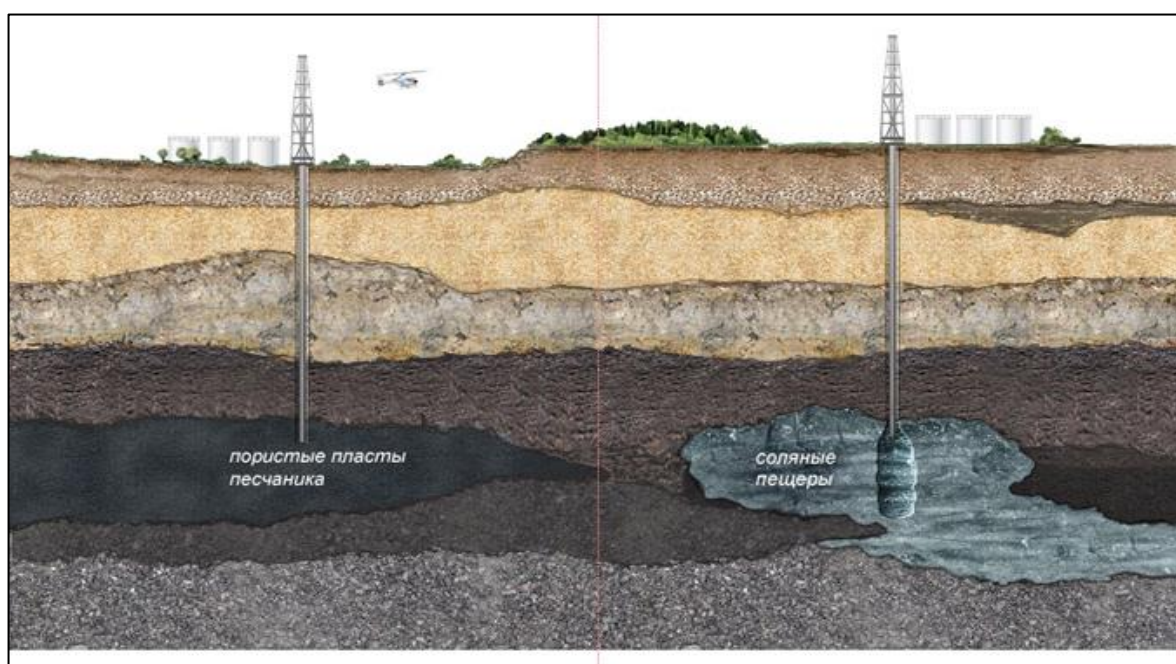


Рис. 2 - Схематичное изображение подземного хранения газа в пористых пластах песчаника и в соляных пещерах

Хранение газа в выработанных нефтяных месторождениях

Истощенное месторождение нефти имеет почти те же преимущества, что и отработанные месторождения газа. Положительной стороной создания ПХГ в выработанных месторождениях нефти может являться изоляция подошвы газонасыщенного слоя остаточной нефтью от подземных вод. Недостатком является возможная деформационные изменения из-за резкого изменения давлений в период закачки и отбора, не характерных для разработки нефтяного месторождения.

При проектировании необходимо:

- обследование и ремонт скважин, обеспечение их герметичности;
- переоборудование отборочных систем на газ;
- строительство установок для осушки и очистки газа;
- бурение новых эксплуатационных скважин.

Кроме того, под воздействием газа компоненты нефти будут растворяться, что влияет на состав отбираемого газа. Из-за того, что газ вытесняет остаточную нефть к краям залежи, оптимально размещение нагнетательных скважин в сводовой части структуры, а добывающие ближе к периферии, в зоне пониженного давления, так газ будет отбираться равномерно.

При хранении газа в выработанных нефтяных месторождениях, остаточная нефть будет насыщаться газом. В некоторых случаях газ закачивают при падении пластового давления в нефтяное месторождение для увеличения притока нефти к забою скважин. При добыче такой нефти, производят сепарацию и отделенный газ закачивают обратно под землю.

ПХГ в водоносных структурах

На стадии проектирования ПХГ в водоносном пласте-коллекторе оцениваются риски вертикальной миграции газа через тектонические нарушения пласта-покрышки и заколонное пространство, возможность межпластовых перетоков. В процессе доизучения пригодности структуры для целей хранения газа проводят опытную закачку и решают следующие вопросы:

- целостность и герметичность пласта-покрышки;
- фильтрационно-емкостные параметры: пористость и проницаемость пласта-коллектора;
- остаточная водонасыщенность после того, как газ вытесняет воду;
- выбор конструкции забоя скважин;
- прочностные характеристики газонасыщенной зоны;
- математические расчеты и прямые измерения для определения зоны распространения закачиваемого газа.

Испытания герметичности ловушки проводятся путем определения взаимосвязи изменяющихся параметров соседних скважин (рис. 3), в том числе и при использовании

специальных «маркеров».

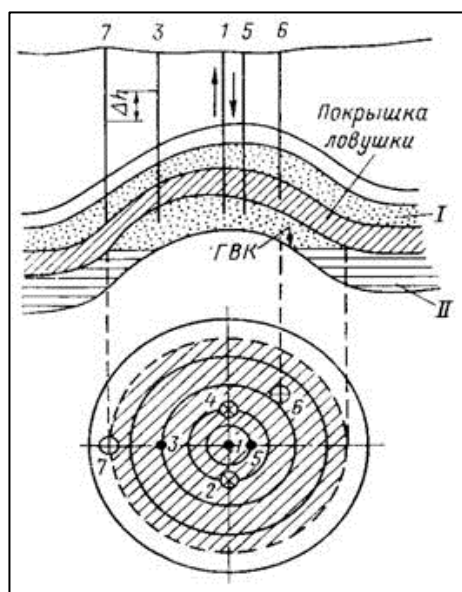


Рис. 3 - Геологический разрез водоносного пласта, в который нагнетается газ для хранения [65]

При нагнетании и откачке газовой смеси из скв. 1, 3 и 5 отмечают изменения давления (уровня) в скв. 2, 4, 6 и 7. Если эти скважины не дают реакции при изменении давления в пласте II, флюидоупор считается подходящим.

Для выяснения направлений и каналов заполнения газом в качестве присадок добавляют в закачиваемую газо-воздушную смесь всевозможные инертные газы (азот, аргон, гелий, пропилен и др.

Хранение жидких и газообразных продуктов в пустотах непроницаемых горных пород

В процессе создания ПХГ решаются вопросы не только о хранении газа, но и о закачке жидких производственных отходов в недра. Жидкие отходы на ПХГ представляют собой извлеченные попутно с откачиваемым газом пластовые воды, имеющие повышенную минерализацию и загрязненные метанолом и нефтепродуктами. Поэтому при разведке структур для ПХГ, одновременно проводится поиск резервуаров для хранения жидких продуктов. Помимо газа и жидких отходов, пространство недр можно использовать для хранения пропана, газового конденсата, дизельного топлива и пр. При создании ПХГ часто используются специальные методы для увеличения фильтрационно-емкостных параметров – гидроразрыв пласта с введением проницаемых частиц, подземные взрывы и пр.

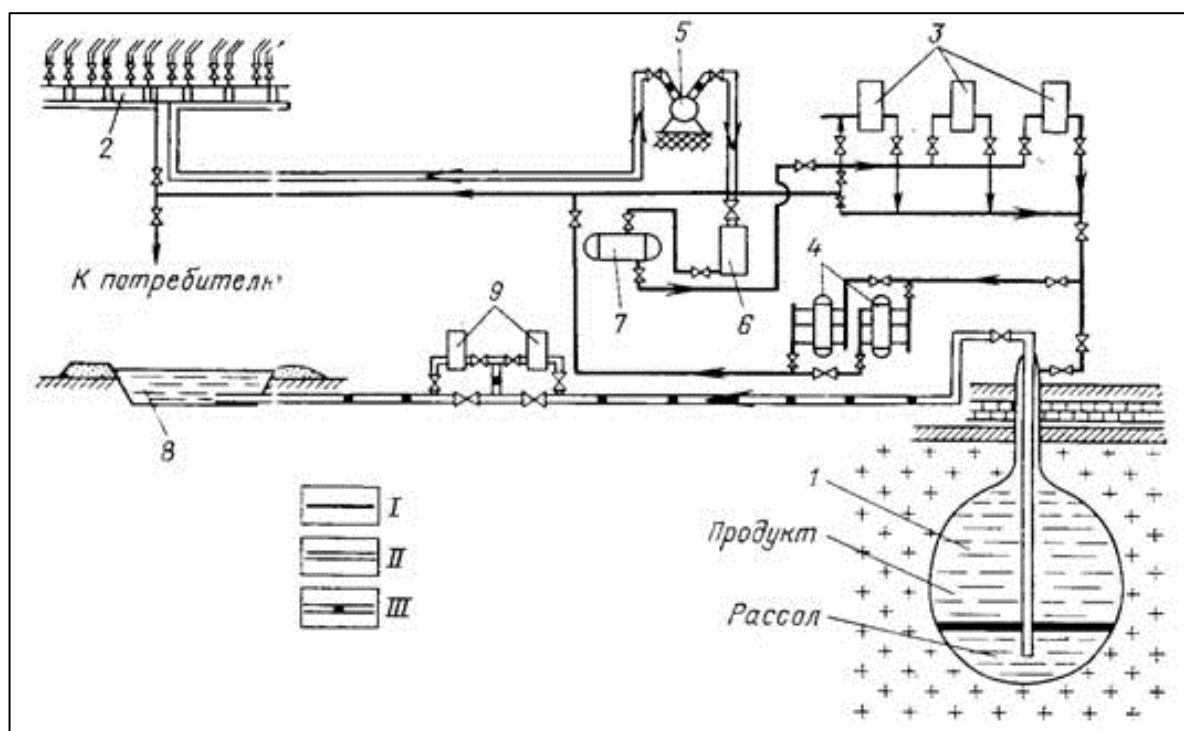
Поскольку ПХГ в соляных кавернах хорошо выдерживают быстрые циклы закачки и отбора, то есть могут обеспечивать пиковые нагрузки, а также имеют хорошую герметичность,

их изучению уделяется большое внимание. ПХГ в соляной каверне претерпевает до нескольких десятков циклов закачки-отбора ежегодно. Однако имеются и случаи крупных инцидентов на таких ПХГ. В 2001 г. на ПХН Ягги (США, Канзас) газ просочился из эксплуатационной обсадной колонны месторождения, мигрировал примерно на 14,5 км под землей, а затем поднялся на поверхность через старые рассольные или соляные скважины. Это привело к серии взрывов газа. Взрыв в центре города Хатчинсон разрушил два предприятия, повредил 26 других предприятий. Из хранилища вытекло около 4 млн. кубических метров природного газа.

Для создания подземного газохранилища в соляных отложениях, на необходимую глубину подается вода или раствор, способный растворить данную породу. Струю воды направляют на стенку соляной каверны, откуда выкачивают её с помощью погружных насосов или подают в полость сжатый воздух, вытесняющий насыщенный раствор. Хранение газа, нефти и других продуктов получило широкое распространение во всем мире и сейчас успешно развивается в России.

Для хранения сжиженного газа также используют технологию замораживания, так называемые изотермические ПХГ. С помощью морозильных скважин в каверне поддерживается температура сжижения газа, которая для наиболее распространенных нефтяных газов, пропана и бутана, составляет приблизительно -40° и -20° С. Подобные установки существуют в Швеции. Изотермические ПХГ основаны на принципе охлаждения породы вокруг каверны или выработки, за счет чего все грунтовые воды в трещинах замерзают. Таким образом, вокруг каверны образуется непроницаемая зона льда (газонепроницаемая оболочка). Замороженная зона непрерывно растет и достигает примерно 30 м за 30 лет. Следовательно, каменная пещера должна располагаться более чем на 30 м ниже уровня грунтовых вод.

На некоторых ПХГ из-за давления, созданного в пласте, откачка газ происходит без дополнительной тяги за счет поступления газа в область с меньшим давлением, в других случаях для улучшения подтока к забою скважин, газ вытесняют из емкости рассолом (рис. 4), газообразными агентами или другими продуктами.



1 - подземная емкость; 2 - железнодорожная эстакада; 3 - продуктовые насосы; 4 - установка осушки газа; 5 - компрессор; 6 - конденсатор; 7 - сборник конденсата; 8 - рассолохранилище; 9 - насосы для перекачки рассола. I - трубопровод жидкой фазы; II - трубопровод паровой фазы; III - рассольный трубопровод.

Рис. 4 - Схема эксплуатации подземного хранилища сжиженных газов в отложениях каменной соли [65]

На одном ПХГ может эксплуатироваться несколько объектов хранения на одной площади, но на разной глубине в одном или нескольких пластах, или находящиеся рядом искусственные или природные емкости.

Газ, газовый конденсат и сжиженный природный газ – это три разных понятия. Газ, чаще всего метан, может использоваться как топливо для автомобилей и оборудования, для подогрева воды в котельных, для бытовых потребностей жителей, сразу после извлечения из хранилища. Сжиженный газ создается искусственно на специальных заводах, где его охлаждают до температуры около -160 C° . В сжиженном виде газ занимает меньший объем, чем в газообразном. Сжиженный газ поставляется и используется в баллонах, для использования, как правило, его переводят обратно в газообразную форму. Газовый конденсат — это природное полезное ископаемое, самостоятельное или сопровождающее нефтяные месторождения. Из газового конденсата производят дизельное топливо, бензин, его используют при производстве каучука и пластмасс, но без очистки и добавления различных добавок, его нельзя использовать как самостоятельное топливо.

Порядок эксплуатации

Подземное хранение газа подразумевает его нагнетание под давлением в пласт-коллектор.

Из магистрального газопровода газ очищается от механических примесей на установке очистки, затем через пункт учета и замера газа подается в компрессорный цех, где после компримирования направляется на газораспределительные пункты (ГРП). На ГРП газ разделяется для подачи в эксплуатационные скважины. Оборудование скважины позволяет измерить производительность, давление и температуру газа при нагнетании. В процессе хранения осуществляют системный технологический, геологический и экологический мониторинг объекта хранения.

Отбор газа из подземного хранилища является практически таким же технологическим процессом, как и добыча из газовых месторождений, но с одним существенным отличием: весь активный (товарный) газ отбирается за период от 60 до 180 суток. Проходя по шлейфам, он поступает на газосборные пункты, где собирается в газосборный коллектор. Из него газ поступает на площадку сепарации для отделения пластовой воды и механических примесей, после чего направляется на площадку очистки и осушки. Очищенный и осушенный газ поступает в магистральные газопроводы [4].

Закачиваемый газ по составу обычно отличается от природного газа месторождений, в которых создается ПХГ. С потоком газа в пласт-коллектор поступают механические частицы различного происхождения (пыль, частицы породы, песок, оксиды железа, метанол). В результате в призабойной зоне пласта-коллектора создаются условия, отличные от начального состояния эксплуатируемого горизонта.

Срок создания подземного хранилища газа, т.е. время от начала разведки структуры до сдачи хранилища в промышленную эксплуатацию, условно можно разбить на два периода: период подготовки структуры к закачке газа, период заполнения структуры газом. В период заполнения структуры газом проводится опытная закачка, опытно-промышленный отбор и наращивание объема газа в хранилище до проектной величины. Закачка газа в ПХГ происходит в течение нескольких лет с ежегодным увеличением закачиваемого газа, по сравнению с отбираемым. На ряде структур, имеющих относительно низкие коллекторские свойства, приемистость пласта в начале периода заполнения является строго ограниченной величиной, определяемой свойствами пласта-коллектора и величиной максимально допустимого давления нагнетания.

Допустимая продолжительность использования

При правильной эксплуатации и своевременных ремонтах и технических обслуживаниях ПХГ могут успешно эксплуатироваться десятки и даже сотни лет.

ПХГ Зоар эксплуатируется до настоящего времени, т.е. уже сто лет. До настоящего времени эксплуатируется и Самарское (Куйбышевское) ПХГ, которое начали заполнять в 1958 году и промышленно эксплуатировать с 1963 года. Также продолжают функционировать и другие ПХГ – Щелковское и Калужское, созданные в 1959 году, Елшано-Курдюмское с 1966 года и множество других. Из всех созданных ПХГ в России из эксплуатации выведено в 1995 году лишь Колпинское ПХГ.

2.2. Нормативная база размещения ПХГ

Главным документом, где описаны аспекты воздействия ПХГ на окружающую среду и мероприятия по охране окружающей среды в зоне воздействия ПХГ, является **ГОСТ Р 57817-2017 «Подземные хранилища газа. Нормы проектирования»** [53].

В нем сказано, что при разработке проектной документации на строительство и эксплуатацию ПХГ при проектировании природоохранных мероприятий проводят:

- оценку воздействия ПХГ на окружающую среду;
- определение возможности минимизации вредного воздействия ПХГ на окружающую среду;
- определение альтернативных вариантов создания ПХГ.

11.2 Оценка воздействия ПХГ на окружающую среду содержит:

- характеристику существующего состояния компонентов окружающей среды в районе размещения ПХГ до реализации проектных решений;
- виды, источники и интенсивность существующего техногенного воздействия в рассматриваемом районе;
- характер, объем и интенсивность предполагаемого воздействия проектируемого ПХГ на компоненты окружающей среды в процессе строительства и эксплуатации ПХГ;
- возможность аварийных ситуаций и их последствия;
- эколого-экономические и социальные последствия реализации проекта.

11.3 ПХГ воздействуют:

- на атмосферный воздух;
- поверхностные и подземные воды;
- недра;
- растительный и животный мир;
- почвенный покров;
- общее санитарное состояние территорий и население [53].

11.4 Мероприятия по охране атмосферного воздуха:

- минимизация выбросов загрязняющих веществ;
- обезвреживание загрязняющих веществ;
- снижение приземных концентраций загрязняющих веществ;
- предупреждение аварийных ситуаций.

11.5 Мероприятия по сокращению водопотребления и водоотведения:

- замена водоемких технологических процессов безводными или маловодными;
- замена водяного охлаждения технологического оборудования воздушным;
- сокращение потребления воды питьевого качества на технологические нужды.

11.6 Мероприятия по снижению воздействий на водные объекты:

- установление зон санитарной охраны вокруг сооружений водозабора в соответствии с санитарными правилами [56];
 - проведение контроля качества питьевых и сточных вод;
 - соблюдение технологии очистки сточных вод на очистных сооружениях;
 - проведение плановых ремонтов водопроводной и канализационной сетей;
 - предотвращение аварийных ситуаций на водозаборных и канализационных сооружениях;
 - создание сети наблюдательных скважин для контроля качества подземных вод;
 - регулярные наблюдения за водными объектами и их водоохранными зонами;
 - сбор и временное складирование отходов производства и потребления в специально оборудованных и отведенных местах с дальнейшим их использованием, захоронением, обезвреживанием;
 - контроль за растеканием промышленных стоков на полигоне захоронения промышленных стоков;
 - мероприятия по предотвращению разливов промышленных стоков на поверхность.
- #### 11.7 Мероприятия по охране недр:
- контроль за формированием газовой залежи и изменением контуров газоносности в процессе закачек и отборов газа;
 - наблюдения за изменением газонасыщенности пласта-коллектора и контрольных пластов коллекторов;
 - контроль за динамикой пластовых давлений в пласте-коллекторе;
 - уточнение фильтрационно-емкостных параметров пласта-коллектора;
 - контроль герметичности пласта-покрышки объекта хранения газа;

- контроль за геохимическими показателями пластовых вод вышележающих пластов-коллекторов;
- защита территорий от проседаний земной поверхности;
- контроль за растеканием промышленных стоков на полигоне захоронения;
- контроль состояния водоносных горизонтов, залегающих выше поглощающего пласта.

11.8 Мероприятия по снижению воздействия на растительный и животный мир:

- снижение площади зоны влияния ПХГ за счет сокращения числа факторов вредного воздействия и уменьшение их интенсивности;
- искусственное воспроизводство биоресурсов.

11.9 Мероприятия по снижению воздействия на почвенный покров:

- инженерная подготовка территории;
- обоснование способов снятия, хранения и использования плодородного слоя почвы;
- проведение работ по рекультивации нарушенных земель;
- выполнение противоэрозионных работ;
- контроль за химическими показателями почвенного покрова;
- сбор, утилизация производственных отходов (включая сбор бурового раствора), бытового мусора и пятен нефти и нефтепродуктов в местах их разлива [53].

СП 123.13330.2012 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки.

Актуализированная редакция СНиП 34-02-99 (с Изменением № 1) [57], *не распространяется на подземные хранилища газа, создаваемые в пористых пластах*, а также на подземное хранение сжиженного природного газа. Настоящий свод правил распространяется на проектирование подземных хранилищ газа, нефти, газового конденсата и продуктов их переработки (далее - подземные хранилища) с резервуарами, сооружаемыми в каменной соли и других горных породах (в том числе многолетнемерзлых).

20 ноября 2017 года приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 486 утверждены **Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов подземных хранилищ газа"** [58]. В этом документе отмечено:

11. В технологическом проекте следует предусматривать объектный мониторинг, необходимый для осуществления системы контроля этапов строительства и эксплуатации. Объектный мониторинг также должен содержать мероприятия по контролю герметичности объекта хранения в процессе строительства и эксплуатации ПХГ.

18. Системы сброса газа должны обеспечивать безопасные условия рассеивания газа с учетом местных климатических условий, включая розу ветров.

Также описаны контроль технологических параметров и объектный мониторинг подземных хранилищ газа.

Краткие указания по размещению ПХГ можно найти в СП 18.13330.2011 **Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП П-89-80* (с Изменением № 1)** [55].

4.1 Проектируемые объекты, как правило, **следует размещать компактно в том числе в составе промышленных парков, промышленных кластеров** с кооперацией подсобно-вспомогательных служб, систем инженерного и транспортного обеспечения, культурно-бытового обслуживания согласно.

4.2 Территории объектов и их групп надлежит размещать на территориях, предусмотренных схемами территориального планирования муниципальных районов, генеральными планами поселений, городских округов, проектами планировки соответствующих территорий, выполняемыми с учетом программ экономического, социального, экологического развития.

4.3 Территории объектов, в том числе промышленных парков, промышленных кластеров, следует размещать на землях несельскохозяйственного назначения или непригодных для сельского хозяйства.

При отсутствии таких земель могут выбираться участки на сельскохозяйственных угодьях худшего качества в соответствии с ст. 7 ФЗ РФ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» (с изменениями на 1 мая 2019 года) [59].

Статья 7. Особенности перевода земель сельскохозяйственных угодий или земельных участков в составе таких земель из земель сельскохозяйственного назначения в другую категорию. Перевод земель сельскохозяйственных угодий или земельных участков в составе таких земель из земель сельскохозяйственного назначения в другую категорию допускается в исключительных случаях, связанных с размещением промышленных объектов на землях, кадастровая стоимость которых не превышает средний уровень кадастровой стоимости по муниципальному району (городскому округу), а также на других землях и с иными несельскохозяйственными нуждами при отсутствии иных вариантов размещения этих объектов, за исключением размещения на землях, указанных в части 2 настоящей статьи (пункт в редакции, введенной в действие с 8 августа 2005 года Федеральным законом от 21 июля 2005 года N 111-ФЗ;

В соответствии с СП 18.13330.2019 Производственные объекты. Планировочная организация земельного участка (Генеральные планы промышленных предприятий). СНиП П-89-80, размещение объектов на землях государственного лесного фонда должно производиться преимущественно на участках, не покрытых лесом или занятых кустарниками и малоценными растениями.

Размещение объектов и их групп не допускается:

а) в первом поясе зоны санитарной охраны подземных и наземных источников водоснабжения;

б) в первой зоне округа санитарной охраны курортов, если проектируемые объекты не связаны непосредственно с эксплуатацией природных лечебных средств курорта;

в) в зеленых зонах городов;

г) на землях особо охраняемых природных территорий, в т.ч. заповедников и их охранных зон;

д) в зонах охраны памятников истории и культуры без разрешения соответствующих органов охраны памятников;

е) в опасных зонах отвалов породы угольных и сланцевых шахт или обогатительных фабрик;

ж) в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов, оползней, оседания или обрушения поверхности под влиянием горных разработок, селевых потоков и снежных лавин, которые могут угрожать застройке и эксплуатации предприятий;

з) на участках, загрязненных органическими и радиоактивными отбросами, до истечения сроков, установленных органами санитарно-эпидемиологической службы;

и) в зонах возможного катастрофического затопления в результате разрушения плотин или дамб. Зонай катастрофического затопления является территория, на которой затопление имеет глубину 1,5 м и более или может повлечь за собой разрушение зданий и сооружений, гибель людей, вывод из строя оборудования объектов.

4.5 Территории производственных объектов не должны разделяться на обособленные участки железными или автомобильными дорогами общей сети.

4.6 Размещение объектов в сейсмических районах должно предусматриваться в соответствии с СП 14.13330 [60].

4.7 В климатических зонах с наличием вечномерзлых грунтов объекты следует, как правило, размещать на участках со скальными, вечномерзлыми однородными или тальными непросадочными грунтами.

При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается размещение объектов на территориях с грунтами оснований, имеющими температуру вечномёрзлых грунтов, близкую к 0 °С, а также со значительной льдонасыщенностью и прочими неблагоприятными мерзлотно-грунтовыми условиями.

4.8 При размещении объектов, влияющих на состояние атмосферного воздуха, должны соблюдаться требования ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

4.9 При размещении объектов, в том числе в составе промышленных кластеров и индустриальных парков, влияющих на обитание и условия размножения животных, должны соблюдаться требования ФЗ «О животном мире».

4.10 Объекты с источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами 1-го и 2-го классов опасности не следует размещать в районах с преобладающими ветрами со скоростью до 1 м/с, с длительными или часто повторяющимися штилями, инверсиями, туманами (за год более 30-40%, в течение зимы 50-60% дней).

4.11 Объекты с источниками загрязнения атмосферного воздуха надлежит размещать по отношению к жилой зоне с учетом ветров преобладающего направления.

Объекты, требующие особой чистоты атмосферного воздуха, не следует размещать с подветренной стороны ветров преобладающего направления по отношению к соседним предприятиям с источниками загрязнения атмосферного воздуха.

Требования санитарных правил **СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов"** (с изменениями на 25 апреля 2014 года) [56] распространяются на размещение, проектирование, строительство и эксплуатацию вновь строящихся, реконструируемых промышленных объектов и производств и др., являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека.

1.4. Санитарные правила устанавливают класс опасности промышленных объектов и производств, требования к размеру санитарно-защитных зон, основания для пересмотра этих размеров, методы и порядок их установления для отдельных промышленных объектов и производств и/или их комплексов, ограничения на использование территории санитарно-защитной зоны,

2.5. Организации, промышленные объекты и производства, группы промышленных объектов и сооружения, являющиеся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, необходимо отделять санитарно-защитными зонами от территории жилой застройки, ландшафтно-рекреационных зон, зон отдыха, территорий курортов, санаториев, домов отдыха, стационарных лечебно-профилактических учреждений, территорий садоводческих товариществ

и коттеджной застройки, коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков.

2.7. Для магистральных трубопроводов углеводородного сырья, компрессорных установок, создаются санитарные разрывы (санитарные полосы отчуждения).

3.5. На территории с превышением показателей фона выше гигиенических нормативов не допускается размещение промышленных объектов и производств, являющихся источниками загрязнения среды обитания и воздействия на здоровье человека.

«Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых» [54] устанавливают единые для Российской Федерации принципы выбора, геологического изучения и обоснования возможности использования участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых

2.7. Федеральным Законом "О недрах" (ст.23) установлены следующие основные требования по рациональному использованию участков недр в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, и охране недр, которые обязан выполнять недропользователь: предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с использованием недрами, особенно при подземном хранении нефти, газа ...;

2.10. Статья 46 Федерального Закона от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп. от 22 августа 2004 г.) (Далее - Федеральный Закон "Об охране окружающей среды") указывает, что при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации объектов хранения (включая и подземные хранилища) нефти, газа и продуктов их переработки должны предусматриваться эффективные меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду, а также по возмещению вреда окружающей среде, причиненного в процессе строительства и эксплуатации указанных объектов.

2.17. Подземные хранилища следует располагать на обособленной площадке вне территории городов и других поселений за пределами 3-го пояса зон санитарной охраны действующих и проектируемых подземных и поверхностных источников водоснабжения с учетом перспектив их развития в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110-02 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения". Минимальные расстояния от устьев эксплуатируемых скважин, шахтных стволов, эксплуатационных шурфов подземных резервуаров всех типов до различных зданий и сооружений следует принимать в соответствии с таблицами 2, 3, 4 СНиП 34-02-99 "Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки" [61] и в СП 123.13330.2012 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки. В актуализированной редакции СНиП 34-02-99 (с Изменением № 1) указаны

Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин, стволов и шурфов подземных резервуаров до зданий и сооружений [61] (табл. 3, 4, 5).

Таблица 3 - Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин, стволов и шурфов подземных резервуаров до зданий и сооружений, не входящих в состав хранилища нефти и нефтепродуктов [61]

Здания и сооружения	Расстояние, м	
	от устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли	от устьев стволов, шурфов и скважин шахтных резервуаров в породах с положительной температурой и в вечномерзлых породах
Общественные и жилые здания	250	200
Здания и сооружения соседних предприятий	150	100
Лесные массивы:		
а) хвойных пород	100	100
б) лиственных пород	20	20
Железные дороги:		
а) станции	200	150
б) разъезды и платформы	100	80
в) перегоны	75	60
Автомобильные дороги:		
а) I-III категории	100	75
б) IV и V категории	50	40
Склады лесных материалов, торфа, сена, волокнистых веществ, соломы, участки открытого залегания торфа	125	100
Воздушные линии электропередачи	По ПУЭ	

Таблица 4 - Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин и стволов подземных резервуаров до зданий и сооружений, не входящих в состав хранилища газа и СУГ [61]

Здания и сооружения	Расстояние, м		
	от устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли	от устьев стволов и скважин шахтных резервуаров	
		для газа	для СУГ
Общественные и жилые здания	300	500	375
Здания и сооружения соседних предприятий	200	250	200
Лесные массивы:			
а) хвойных пород	50	100	75
б) лиственных пород	20	30	25
Железные дороги:			
а) станции	300	500	375
б) разъезды и платформы	100	100	75
в) перегоны	40	80	60

Продолжение таблицы 4 - Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин и стволов подземных резервуаров до зданий и сооружений, не входящих в состав хранилища газа и СУГ [61]

Здания и сооружения	Расстояние, м		
	от устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли	от устьев стволов и скважин шахтных резервуаров	
	для газа	для СУГ	
Автомобильные:			
а) I-III категории	60	60	50
б) IV и V категории	25	50	40
Склады лесных материалов, торфа, сена, волокнистых веществ, соломы, а также участки открытого залегания торфа	100	100	100

Таблица 5 - Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин и стволов подземных резервуаров до зданий и сооружений, входящих в состав хранилища газа и СУГ [61]

Здания и сооружения	Расстояние, м		
	от устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли	от устьев стволов и скважин шахтных резервуаров	
	для газа	для СУГ	
Сливоналивные причалы и пирсы	50	100	75
Железнодорожные сливоналивные эстакады, складские здания для нефтепродуктов в таре	20	40	30
Компрессорные, канализационные насосные станции производственных сточных вод, установки для испарения и смешения газов	20	40	30
Водопроводные и противопожарные насосные станции, пожарное депо и посты, противопожарные водоемы (до люка резервуара или места забора воды из водоема)	40	40	30
Здания и сооружения I и II степеней огнестойкости с применением открытого огня	50	60	50
Прочие здания и сооружения	40	40	40
Рассолохранилища (открытые)	40	40	-
Ограждение резервуара	15	15	15

В соответствии с требованиями раздела 6 СНиП 34-02-99 выработки-емкости подземных резервуаров следует размещать в массивах горных пород, способных обеспечить устойчивость и герметичность выработок на весь период эксплуатации резервуаров, а горные породы, в которых

размещаются выработки-емкости подземных резервуаров, не должны содержать включений, ухудшающих качество хранимых продуктов [61].

В «Методических рекомендациях...» [54] также отмечено, что не допускается размещать подземные и наземные сооружения хранилища без специального обоснования на территориях с сейсмичностью выше 9 баллов, а также на участках развития физико-геологических и криогенных процессов (карст, оползни, сели, термокарст и пр.).

3.2.3. Геологическое строение места сооружения подземных хранилищ должно отвечать ряду требований и условий, выполнение которых обеспечивает надежную изоляцию искусственной залежи газа и нефтепродуктов от водоносных горизонтов зоны активного водообмена, используемых для хозяйственно-питьевых нужд.

3.2.4. Предварительное решение вопроса о возможности использования выбранного участка недр для строительства подземных хранилищ принимается на основе заключения органа управления фондом недр о принципиальной возможности создания подземных хранилищ в пределах выбранной территории.

3.2.7.2. Наиболее благоприятными являются глубоко залегающие водоносные горизонты отрицательных платформенных структур на участках, в пределах которых пласт-коллектор залегает в виде антиклинали, изолирован выдержанными водоупорными пластами от эксплуатируемых или пригодных к хозяйственному использованию водоносных горизонтов верхней гидродинамической зоны и содержит подземные воды повышенной и высокой минерализации, исключающей их рациональное применение в настоящее время и в перспективе.

3.2.7.3. Рассматривается наличие в районе гидрогеологических структур и пластов-коллекторов, которые можно и целесообразно использовать в качестве ПХГ;

3.2.7.5. Необходимым условием возможности создания ПХГ является наличие в рассматриваемом районе «буферных» водоносных горизонтов как для ПХГ, так и для ППЗ промстоков ПХГ;

3.2.7.6. Рассматривается наличие выше по разрезу выдержанного по площади и по мощности комплекса горных пород, перекрывающего пласт-коллектор и обладающего низкой проницаемостью для газа, т.е. отсутствие в пределах горного отвода и санитарно-защитной зоны (СЗЗ) гидрогеологических окон тектонического и литолого-фациального характера;

3.2.7.7. Для полигона подземного захоронения промстоков ПХГ также устанавливается наличие выдержанного по площади и по мощности слабопроницаемого комплекса горных пород, залегающего над пластом-коллектором;

3.2.7.9. Рассматриваемый район должен находиться вне зоны возможных сейсмических событий с силой землетрясения более 9 баллов;

3.2.7.10. Участок расположения наземных сооружений ПХГ должен быть вне зоны влияния опасных геологических процессов и явлений.

2.3. Воздействие подземных хранилищ газа на окружающую среду

Поиск мест размещения ПХГ прежде всего основывается на данных о газовых и газоконденсатных месторождениях (ГКМ). Создание подземных газохранилищ в отработанных ГКМ привлекательно в связи с высокой изученностью параметров пласта коллектора и его покрышек. Уже существует фонд скважин, уже построены отборочные системы и трубопроводы. Истощенные месторождения нефти и газа для ПХГ используются наиболее часто [25].

Минимальное воздействие при разведке геологических структур для целей ПХГ, происходит при их сооружении вблизи уже действующего ПХГ. Количество разведочных скважин сводится к минимуму, так как район хорошо изучен, имеется опыт эксплуатации ПХГ. Так были созданы Увязовское и Беднодемьяновское ПХГ (Рязанская обл.) в одноименных поднятиях Окско-Цнинского вала, который признали благоприятным для подземного газохранилища по позитивному опыту эксплуатации Касимовского ПХГ [53].

На этапе разведки наибольшее воздействие происходит при бурении разведочных скважин. Геоэкологическими последствиями является загрязнение подземных вод вследствие контакта с буровым раствором, выбросы нефти и газа при аварийных ситуациях и снятие почвенного слоя. В СССР с 1959 по 1965 в целях разведки геологического строения пройдено 400 тысяч метров.

На этапе строительства ПХГ основным негативным фактором воздействия, является бурение большого числа скважин глубиной до 2000 метров, что сопровождается образованием бурового шлама. В процессе бурения используются растворы с различными добавками. В итоге ядовитой грязью оказывается покрыта вся площадка буровой.

Основную массу отходов бурения хранят в отстойниках, что вызывает опасность загрязнения зоны аэрации и грунтовых вод. Нагнетание и отбор газа вызывает изменение напряженно-деформированного состояния пород, из-за чего повышается уровень сейсмической активности и риск образования межколонных утечек газа.

При добыче и хранении газа образуются жидкие производственные отходы — это извлеченные на поверхность при откачке газа пластовые воды. Промстоки имеют высокую минерализацию (около 145 мг/л), они загрязнены нефтепродуктами (около 70 мг/л), углеводородами, метанолом (около 20 мг/л), фенольными соединениями и химическими реагентами. Часть их не поддается очистке. Широко практикуется подземное захоронение таких

вод в глубокие горизонты. Это позволяет снизить количество сбросов в речную сеть и, тем самым, уменьшить нагрузку на поверхностную гидросферу, к тому же метод хорош с экономической точки зрения. Однако закачка промстоков в глубокие горизонты не является полноценным решением проблемы, необходимо стремиться к разработке технологий по обезвреживанию и переработке промстоков [25].

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух являются компрессорные цеха (КЦ), установки подготовки газа газораспределительных пунктов (ГРП), скважины и котельные. Для уменьшения воздействия целесообразно оптимизировать предельные режимы работы ПХГ. Если правильно согласовать работу промышленной и компрессорной частей хранилища, то можно отрегулировать работу агрегатов перекачки газа и этим добиться уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу. Фугитивные выбросы - постоянные, непреднамеренные утечки газа через неплотности оборудования. Большинство фугитивных утечек на элементах газопровода — это маленькие точки эмиссии, однако большое количество таких источников приводит к значительным потерям газа.

При оценке и прогнозе воздействия ПХГ на ОС следует учитывать, что при ремонтных работах происходит значительный выброс метана в атмосферный воздух, как и при аварийных ситуациях, вызванных разрывом газопровода, фонтанированием скважин.

Бурение и работа скважин, закачка газа в недра, подземное захоронение стоков и эксплуатация водоносных горизонтов для водоснабжения негативно сказывается на состоянии геологической среды. Подземные воды загрязняются из-за вертикальной миграции флюидов газа в вышележащие водоносные горизонты. Отбор воды и резкое изменение давления приводит к образованию депрессионных воронок.

Любые скважины в зоне подземного хранения газа в т.ч. затампонированные, эксплуатационные и мониторинговые могут протекать и выделять вредные для людей газы - бензол, толуол, метан и пр. Они могут скапливаться в подвальных помещениях зданий. Помимо этого, скважины являются источником загрязнения почв метаном, метанолом и углеводородами. Причины – это межколонные утечки газа, попадание газожидкостной смеси при некоторых технологических операциях (например, при продувке скважин). Радиус зоны с высокой степенью загрязнения метаном может достигать 70 м. Перемещение по территории ПХГ тяжелой техники и автотранспорта, приводит к загрязнению почв нефтепродуктами и тяжелыми металлами [9].

Источники отрицательного воздействия

ПХГ оказывает отрицательное техногенное влияние на атмосферный воздух, почвенный покров, поверхностные и подземные воды и, опосредованно, на людей (табл. 6).

Таблица 6 - Возможное отрицательное воздействие ПХГ на население и окружающую среду

На атмосферу	Выброс загрязняющих веществ из компрессорных цехов, газораспределительных пунктов, скважин, котельных, просачивание метана из ПХГ в атмосферу
На гидросферу	Наличие загрязненных сточных вод с промышленных объектов
На почвенный покров	Загрязнение метаном из-за утечек в скважинах, загрязнение метанолом (предотвращение образования кристаллогидратов), перемещение гусеничной техники и автотранспорта
На геологическую среду и подземные воды	Загрязнение грунтовых и почвенных вод, изменение сейсмической активности недр, оседание земной поверхности, подземное захоронение стоков, утечки газа из пласта-коллектора.

Метанол, использующийся для предотвращения гидратообразования, имеет высокую степень токсичности, это сильный яд, действующий в основном на нервную и сосудистую систему человека. Он обладает кумулятивным эффектом, т.е. способностью накапливаться в организме.

Присутствие смеси поверхностно-активных веществ (СПАВ) в концентрации 0,5 мг/л представляет серьезную опасность, так как может постоянно поступать в организм животных и людей с водой. Эмиссия метана является основным загрязняющим фактором для атмосферного воздуха, почвенного покрова, поверхностных и подземных вод. Существенное отрицательное воздействие оказывают и выбросы из источников, входящих в структуру ПХГ.

Компрессорные цеха на ПХГ – основной источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за счет работы газотурбинных установок, которые чаще всего используются в качестве двигателей газоперекачивающих агрегатов. В результате их работы в атмосферный воздух выбрасываются оксиды азота и углерода, метан, углеводороды, уайт-спирит и другие продукты неполного сгорания газа. Объем вредных выбросов снижается при правильном согласовании работы компрессорной и промысловой частей.

Площадка компрессорной станции, водоподготовительная установка, котлы, установки подготовки газа со скважинами, водопровод, система оборотного водоснабжения, мойка автотранспорта, хозяйственно-бытовые стоки отнесены к источникам организованных сбросов сточных вод в канализационную сеть [5].

Эксплуатационные скважины являются источником загрязнения почв метаном, метанолом и углеводородами. Причинами загрязнения их являются межколонные утечки газа,

попадание газожидкостной смеси при некоторых технологических операциях (например, при продувке скважин). Радиус зоны с высокой степенью загрязнения метаном может достигать 70 м. Загрязнение метанолом в прискважинной зоне наблюдается в течение 1-1,5 месяцев после окончания отбора газа. Еще одним очагом загрязнения почв метанолом является метанольный склад. Углеводородное загрязнение почв вокруг эксплуатационных скважин ПХГ достигает низкого или среднего уровня [5].

а) Воздействие на атмосферу

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в инфраструктуре ПХГ являются компрессорные цеха (КЦ), установки подготовки газа газораспределительных пунктов (ГРП), скважины и котельные. Общий объем выбросов складывается из основного и вспомогательного производств, а также стационарных и подвижных источников [5]. Потенциальные опасности для здоровья и безопасности, вызванные протекающими скважинами, обычно не учитываются при оценке воздействия на окружающую среду. Оставленные нефтяные и газовые скважины являются возможными вертикальными миграционными каналами и могут представлять высокий риск.

В атмосферу поступают токсичные вещества II, III и IV класса опасности. В составе выбросов преобладают вещества IV класса опасности: оксид углерода, метан, этанол, углеводороды, уайт-спирит. Наибольшая часть выбросов происходит в периоды закачки и отбора газа, при ремонтных работах, то есть выбросы имеют эпизодический, а не постоянный характер. При эксплуатации ПХГ в атмосферу, в недра (за исключением межпластовых перетоков) происходят потери газа до 3% от активного объема.

Больше половины от объема выбросов составляет метан. В результате основного производства, в период отбора газа при откачке промышленных стоков и их утилизации, происходит выброс метана в атмосферный воздух. Также эпизодические выбросы происходят при плановом ремонте газомотокомпрессоров, режимных испытаниях и освоении скважин, подключении и ремонте газопроводных систем.

На газораспределительных станциях перед подачей потребителям, газ одорируют – т.е. добавляют одорант – смесь природных меркаптанов (СПМ), в основном метилмеркаптан. Характерный запах СПМ помогает обнаружить газ, который в естественном виде не имеет запаха. При ремонтных работах одорант также попадает в атмосферный воздух. Норма одоризации газа составляет 16-20 мг/м³, хотя фактическое содержание может быть 3 - 5 мг/м³ [5].

Помимо главных производственных мощностей, на ПХГ присутствуют вспомогательные источники поступления вредных веществ в окружающую среду: хранилище метанола, котельная, покрасочная, аккумуляторная. При движении автотранспорта в атмосферный воздух поступает

выброс оксида углерода, оксида азота, сернистого ангидрида, углеводородов, сажи. В гараже и на станции технического обслуживания при сварке металлов в воздух выбрасывается хромовый ангидрид, диоксид азота, сварочный аэрозоль, фториды, диоксины марганца, фтористый водород, соединения кремния и твердые частицы металлической пыли. При работе заряжающих устройств в аккумуляторной происходит испарение серной кислоты.

ПХГ во время отбора газа оказывает незначительное влияние на состояние приземного слоя атмосферы в районе промплощадки и искусственной залежи. Концентрации вредных веществ повышаются в период заполнения хранилища, когда одновременно работают несколько компрессорных цехов. Содержания оксидов азота в воздухе могут превышать предельно допустимые концентрации, причем не только в пределах промплощадки, но и на прилегающих территориях. Сохранение уровней выбросов в пределах допустимых нормативами во многом зависит от хорошего технического состояния оборудования. В воздухе загрязняющие вещества претерпевают химические и физические трансформации, происходит их рассеивание и осаждение.

б) Воздействие на гидросферу

Источниками организованных сбросов сточных вод в канализационную сеть являются площадка компрессорной станции, установки подготовки газа со скважинами, котлы, система оборотного водоснабжения, водоподготовительная установка, водопровод (кварцевые фильтры), мойка автотранспорта, хозяйственно-бытовые стоки.

Количества загрязняющих веществ в водах поверхностного стока с рабочей площадки компрессорной станции во многом зависит от своевременной уборки территории, технологической дисциплины работников и технологической подготовки производства, частоты проезда автотранспорта и его исправности. В сточных водах рабочей площадки компрессорной станции при опробовании могут быть обнаружены нефтепродукты, минеральные соли, взвешенные вещества с частицами размером около нескольких микрон и органические соединения природного генезиса.

При мойке автотранспорта в сточные воды попадают смеси углеводородов – бензин, смазочные материалы, грубодисперсные частицы. Чем больше единиц транспортной техники и, чем хуже техническое состояние автомобилей, тем больше загрязняющих веществ попадает в сточные воды.

Расход бытовых сточных вод определяется численностью обслуживающего персонала компрессорной станции и установленными нормативами водоотведения, учитывающими климатические условия и степень санитарного благоустройства зданий, бытовых помещений, столовых и т.д. На ПХГ объем бытовых сточных вод составляет около 120 тыс. м³/год. К

неорганизованным относятся сбросы с двух площадок водосбора: компрессорной станции и газораспределительных пунктов [5].

Стоки с промышленной площадки компрессорной станции, как правило, содержат нефтепродукты, грубодисперсные примеси, природные органические примеси и минеральные соли, чаще всего в их составе отсутствуют токсичные вещества. В замыкающем створе осуществляется контроль содержания вредных веществ в стоках промплощадки, где расположены эксплуатационные скважины.

В качестве устройства для биохимической очистки бытовых и промышленных сточных вод возможно использование симбиотенка, который одновременно выполняет функции погружного биофильтра, аэротенка и биологического водоема. В начале сточные воды проходят процессы окисления и биосорбции загрязняющих веществ отдельных камерах. Затем удаление примесей происходит путем закрепления свободно плавающего активного ила и биопленок к дискам. Затем воды запускаются в следующий отсек, где биогенные вещества удаляются из стоков зелеными и диатомовыми водорослями, которые развиваются на поверхности дисков. Реализация этих процессов сопровождается непрерывным увеличением биомассы на поверхности дисков. Причем темпы роста увеличиваются с повышением концентрации загрязняющих веществ в сточных водах. Масса нарастаний увеличивается до тех пор, пока, сила тяжести не превысит силы сцепления с поверхностью диска. Под действием преобладающих сил гравитации биопленка отсоединяется и попадает в сточные воды. На месте отслоившейся биопленки растет новая. Таким образом, происходит саморегуляция биологических наростов.

в) Воздействие на почвенный покров

Установлено, что источниками механического нарушения и химического загрязнения почв являются:

- газовые эксплуатационные скважины;
- скважины для закачки пластовых вод;
- перемещение по территории хранилища газа автотранспорта;
- осаждение загрязнителей из атмосферы.

Загрязнение почвы вокруг эксплуатационных скважин непременно происходит в той или иной степени. Это вызывается вдоль-колонными утечками газа, вытеканием жидкой смеси при продувке скважин и других технологических операциях. Значительная степень загрязнения метаном может иметь место даже на расстоянии может иметь место даже на расстоянии 70 м от скважин. Загрязнение метанолом может сохраняться 1-1,5 месяца после процесса откачки газа. Отрицательное влияние на загрязнение почвы оказывает и склад метанола. Имеет место и углеводородное загрязнение почв вокруг скважин. Очень вредны для почвы аварийные выбросы

на скважинах, предназначенных для закачки промышленных стоков в пласт-коллектор. Это может иметь место при некачественном цементировании скважин, а также через аварийные системы для закачки вод в поглощающие скважины, допускающие протечки. Это может привести к выходу стоков на поверхность и попаданию их в водоносные горизонты.

На территории ПХГ непременно имеет место перемещение гусеничной техники и автотранспорта, эксплуатационные и ремонтные работы, а значит, почвы загрязняются нефтепродуктами, маслами, тяжелыми металлами. Происходит и механическое разрушение почв, что приводит к эродированию. Эрозия почв наиболее ярко выражена вдоль подъездных путей, все это указывает на необходимость прокладки специальных дорог и плановая организация движения.

г) Воздействие на геологическую среду

При эксплуатации ПХГ возможны следующие негативные проявления воздействия:

- загрязнение грунтовых и почвенных вод;
- межпластовые перетоки, техногенные залежи;
- изменение сейсмической активности недр, землетрясения;
- оседание земной поверхности [35];
- разрушение обсадных колонн;
- изменение емкостных свойств коллектора.

Источники отрицательного воздействия на геологическую среду делятся на поверхностные и глубинные. К глубинным относятся:

- строительство и эксплуатация скважин;
- подземное хранение газа;
- подземное захоронение стоков;
- добыча воды для хозяйственного и производственного водоснабжения.

Поверхностными источниками являются здания и технологические объекты.

Строительство и эксплуатация скважин является и поверхностным, и глубинным источником воздействия на геологическую среду. При подготовительных и буровых работах происходит разрушение поверхностных слоев грунта, образовывается значительное количество загрязненных отходов. Для бурения характерно и высокое водопотребление. Одним из наиболее опасных негативных воздействий ПХГ на ОС являются утечки газа из пласта коллектора. Причины утечек могут носить геологический и технический характер.

По всем вышеуказанным причинам необходимо внимательнее относиться к прогнозированию экологической безопасности (в том числе безопасности жителей) и рисков эксплуатации будущего ПХГ. Делать это необходимо на прединвестиционной стадии, т.к. в ином

случае вопросы безопасности не будут полностью изучены до тех пор, пока не начнется строительство ПХГ.

3. ТИПИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ПОИСКЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ПХГ

Глобальные и локальные экологические проблемы случаются всё чаще, и их хотелось бы избежать. Поэтому любые дистанционные методы и их вторичный анализ, обеспечивающие мягкое вхождение в регион, сейчас достаточно актуальны. Различные средства регистрации параметров геологической среды и геоэкологического состояния формируют большой объем данных, нуждающихся в современных методах обработки. При выборе места размещения ПХГ эффективно только комплексное изучение таких данных, реализованное при помощи методики Типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ.

Сам метод типизации при изменении заданных критериев можно использовать и при решении вопросов размещения различных промышленных объектов.

3.1. Анализ расположения существующих ПХГ

Использование газа в России перспективно в связи с большими запасами этого ресурса в нашей стране. Потребление газа в ближайшие десятки лет будет расти, а значит, будет развиваться инфраструктура для его транспортировки и хранения. Именно поэтому вопросы поиска подходящих мест для сооружения подземных газовых хранилищ и расширения, то есть увеличения объема существующих ПХГ, сейчас наиболее актуальны.

В строительстве ПХГ как в водоносных или пористых пластах, так и на базе выработанной залежи углеводородов, крайне важна последовательность и состав геологоразведочных работ. Хотя главные принципы методики проведения геологоразведочных работ для целей подземного хранения газа были разработаны еще в 1969 г., сейчас они существенно не изменились. Геологические работы и сейчас представляются как отдельный этап. Однако этот подход не всегда оправдывает экономические вложения.

Одной из главных особенностей сооружения ПХГ оказывается то, что они формируются на основе геологических объектов, атрибуты которых крайне разнообразны и не всегда имеют хорошую степень изученности. При этом, вопросы, связанные с сохранением благоприятной окружающей среды, могут быть отодвинуты на второй план. Возникает необходимость формирования геоэкологических основ, методов ее получения информации и оценке рисков, в том числе экологических, соотношении проектируемого объекта с другими коридорами транспорта газа и многом другом.

Неуточненное геологическое строение, неучтенные тектонические и другие факторы влекут множество проблем при дальнейшей эксплуатации, связанных с перетоками и утечками

газа за пределы «ловушки». Грамотный выбор мест размещения ПХГ позволяет избежать и множества возможных отрицательных экологических последствий.

В настоящее время не существует единого подхода к изучению территорий для создания подземных газохранилищ. Геологическое, гидрогеологическое строение, тектонические особенности, все это учитывается на каждом конкретном объекте по результатам разведочного бурения. Возникает необходимость в разработке логико-технологических основ выполнения предварительных работ. Типизация территорий для целей ПХГ может ускорить поиск подходящих объектов и сократить финансовые затраты на этой стадии.

В попытке сформулировать принципы типизации территорий для сооружения ПХГ нельзя не коснуться вопроса о расположении первых в СССР подземных газохранилищ. В центральном регионе расположено Щелковское, Калужское, Увязовское и Касимовское ПХГ (табл. 7).

Таблица 7 - Подземные хранилища газа Центрального региона России

ПХГ	Год создания	Характеристика	Активный объем	Месторасположение
Калужское	1959-64	в водоносном пласте	630 млн. м ³	г. Калуга, Ленинский округ, д. Мстихино
Щелковское	1960	в водоносном пласте	1,3 млрд м ³	Московская область, г. Щелково, д. Жегалово
Касимовское	1978	в водоносном пласте	> 9 млрд м ³	Рязанская область, Касимовский район, п/о Телебукино
Увязовское	1983	в водоносных пластах	5 млрд м ³	Рязанская область, Шиловский район, п.Борки

В послевоенное время газоснабжение Москвы осуществлялось с помощью семи газгольдерных станций, которые регулировали суточную неравномерность потребления газа из газопровода Саратов-Москва вплоть до 60-х годов.

Практические работы по поискам водоносных пластов, пригодных для создания газохранилищ, начались в 1956 г. Они стали проводиться в первую очередь в центральном районе страны - в Московской, Рязанской и Калужской областях.

Первое ПХГ – Калужское, было создано в СССР в 1958 году, затем, в 1960-м – Щелковское. Выбор пал на эти районы не случайно, в частности на Калугу. По ранее проводимым геологическим съемкам Калужское поднятие было хорошо известно, и недалеко от него проходил газопровод Дашава-Киев-Брянск-Москва (ДКБМ).

С тех пор проведено множество исследований по разведке площадей для строительства подземных газохранилищ. Вначале выбор мест размещения ПХГ был продиктован острой

необходимостью обеспечения газом, поэтому уже в процессе эксплуатации первых ПХГ (Щелковского и Калужского) выяснилось более сложное геологическое строение, что впоследствии повлекло такие проблемы как перетоки значительных объемов газа.

Геологические условия Щелковского ПХГ

На Щелковской площади вскрыт весь разрез осадочного чехла и частично кристаллический фундамент. Осадочный чехол представлен верхнепротерозойскими, девонскими, каменноугольными, юрскими и четвертичными отложениями. Отложения осадочного чехла можно отнести к двум структурным этажам. Нижний характеризуется наличием разрывных нарушений и больше дислоцированностью пород, он сложен глинами, алевролитами и песчаниками вендского возраста. К верхнему структурному этажу относятся отложения среднего и верхнего девона и карбона, характеризующиеся спокойным залеганием, отсутствием разрывных нарушений, выдержанностью по мощности.

Для подземного хранения газа выбраны два объекта: нижнещигровский (глубина 880 м) и ряжский (глубина 1160 м) водоносные горизонты. Природная целостность покрышки ряжского горизонта Щелковской площади не нарушена разломами по мнению Резника Б.А., Лермана В.А. и др. геологов [15].

Ряжские отложения представлены в основном кварцевыми песчаниками мелко и среднезернистыми, слабосцементированными, с прослоями алевролитов и глин. Мощность 7-22 м [35]. Покрышкой пласта-коллектора служит 100 м толща морсовских и мосоловско-черноярских отложений. Над ряжским пластом-коллектором залегает глинистая пачка щигровского возраста мощностью 11-25 м, в которой отмечаются линзы песков, песчаников и алевролитов.

Важно заметить, что юго-восточная часть Щелковской площади бурением не доразведана. Фактически имеющиеся геологические данные характеризуют лишь немногим больше 50% площади структуры. С целью увеличения объема в 1964 году началось освоение нижележащего ряжского горизонта среднего девона (1100-1200 м). Однако в 1978 году из-за высокой обводненности и неконтролируемых процессов распространения газа, его эксплуатация была прекращена.

Гидрогеологические условия Щелковского ПХГ

Воды нижнещигровского горизонта – это рассолы хлор-кальциевого типа с минерализацией 128-133 г/л. Ближайший водоносный горизонт расположен в ограниченной песчаной линзе алатырского возраста на глубине 745-753 м, мощностью до 18 м, вод хлор-кальциевого типа с минерализацией 114-116 г/л. Воды следующего – задоно-елецкого горизонта существенно отличаются, они относятся к хлор-магниевому типу и имеют минерализацию

порядка 30 г/л. Различный состав вод пластов-коллекторов и ближайших к ним сверху (контрольных) водоносных горизонтов указывает на их разобщенность.

В осадочной толще выделяется значительное количество пластов-коллекторов, содержащих пластовые воды, и непроницаемых пластов, изолирующих воды разного состава и минерализации.

Тектонические условия Щелковского ПХГ

Щелковская структура расположена в пределах юго-западного склона Московской синеклизы, в прибортовой части, в зоне дробленого кристаллического фундамента. Зафиксированная амплитуда разломов до 400 м. Сводовой части поднятия соответствует выступ кристаллического фундамента (рис. 5).

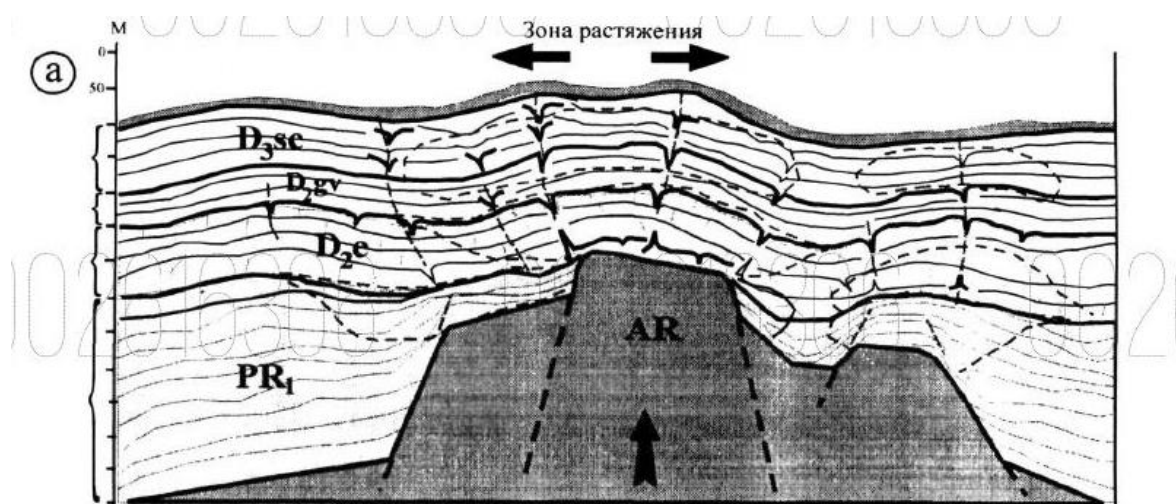


Рис. 5 - Тектонические условия Щелковского ПХГ [15]

По результатам структурного дешифрирования и геофизических исследований на Щелковском поднятии выделено около 10 линеаментов ортогонального и диагонального направления, представляющих собой малоамплитудные разломы. На это указывают также спрямленные и коленообразные элементы гидросети (ручей Шолоховка, р. Клязьма) [15].

Выделенные линеаменты являются зонами повышенной трещиноватости, они связаны с зонами растяжения и сжатия в районе Щелковского поднятия (рис. 6).

Покрышка искусственного газового коллектора в щигровских отложениях девона пересекается вертикальными проницаемыми зонами, что вызывает риск вертикальных перетоков газа. Аналогичные трещиноватые зоны обнаружены на Калужском и Касимовском ПХГ.

В зонах повышенной трещиноватости (разломах) проявляются геодинамические процессы, определяющие негативный характер экологических и экономических последствий функционирования ПХГ.

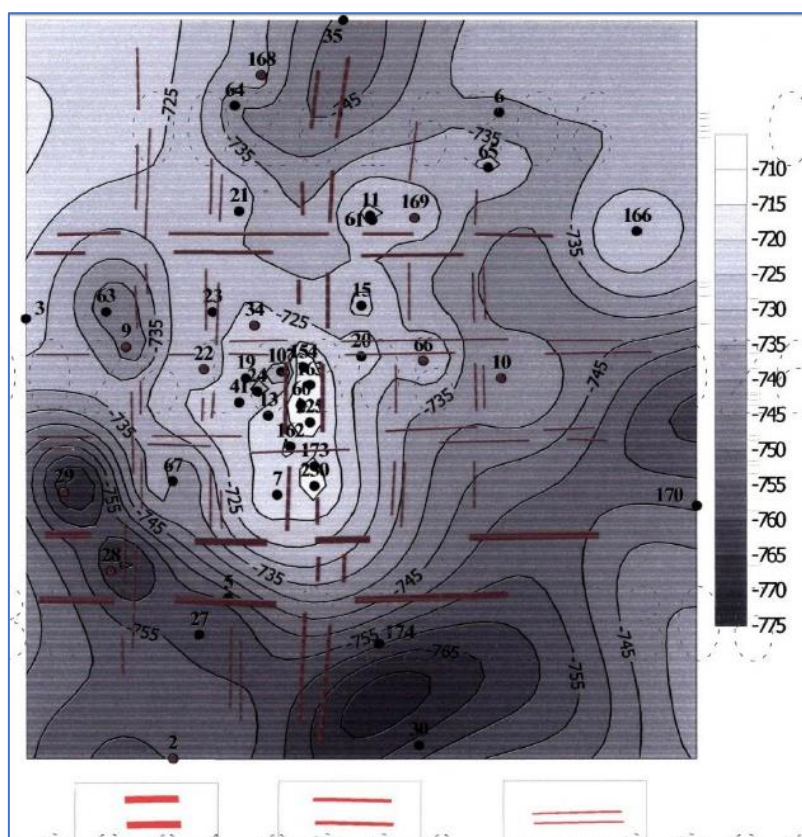


Рис. 6 - Схема структурного дешифрирования территории Щелковского поднятия. Линеаменты, отождествляемые с повышенной трещиноватостью в разрезе осадочного чехла: 1 – V порядка (2 км), 2 – VI порядка (0,7 км), 3 – VII порядка (0,2 км) [15]

Экологические условия Щелковского ПХГ

Территория Щелковского ПХГ примыкает вплотную к границе национального парка «Лосиный остров» на северо-востоке. Таким образом, над искусственной газовой залежью частично расположена природоохранная территория со смешанным заповедным режимом. Подземное хранилище газа является одним из объектов, оказывающих негативное воздействие на экосистемы Щелковского лесопарка – в основном на почвы и растительность. На карте распределения интенсивности пылевых выпадений и карте СПЗ снегового покрова заметно, что участки лесопарка, граничащие с ПХГ, характеризуются более интенсивными выпадениями пыли и повышенным содержанием микроэлементов в снеговом покрове с превышением фоновых показателей до пяти - десяти раз. Сточные вод ЩПХГ оказывают негативное влияние на ручей Шолоховка, который находится в бедственном состоянии.

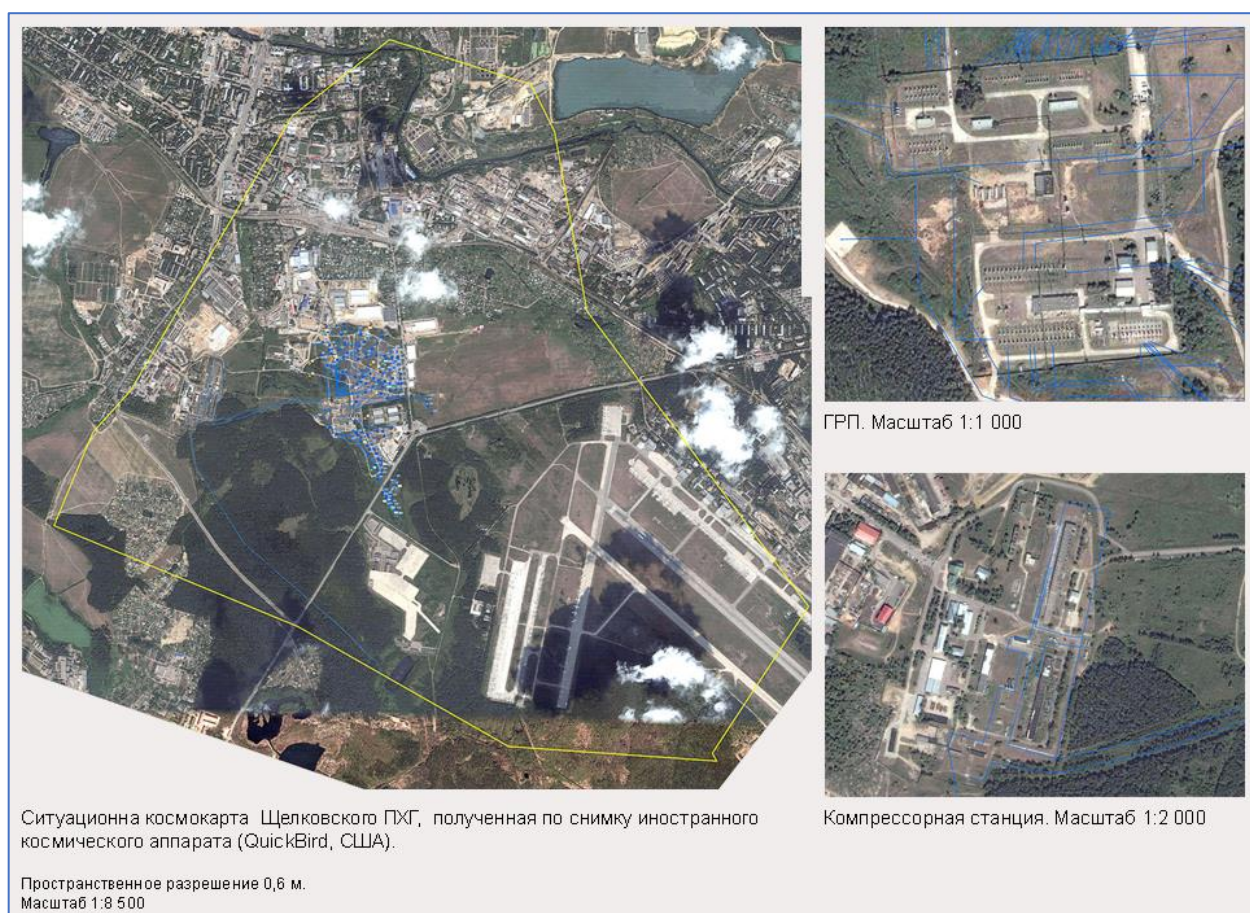


Рис. 7 – Ситуационная карта Щелковского ПХГ

Кроме того, область подземного хранения газа Щелковского ПХГ находится под территорией довольно крупных населенных пунктов (рис.7).

Геологические условия Калужского ПХГ

В связи с вводом в действие газопровода Дашава-Москва возникла необходимость создания подземного газохранилища в районе г. Калуги. В 1955 году началось бурение разведочных скважин для определения возможности его создания. Было пробурено около 100 скважин, большинство из которых вскрыло фундамент. По данным разведки было принято решение о сооружении газохранилища, несмотря на весьма сложную тектонику.

Район ПХГ находится в 10 км западнее г. Калуги. Границами района служат: на западе – шоссе Москва – Киев; на севере – шоссе Медынь – Калуга; на востоке – железная дорога Москва – Киев, на юге – река Угра. Для подземного хранения газа используются слои гдовских песчаников.

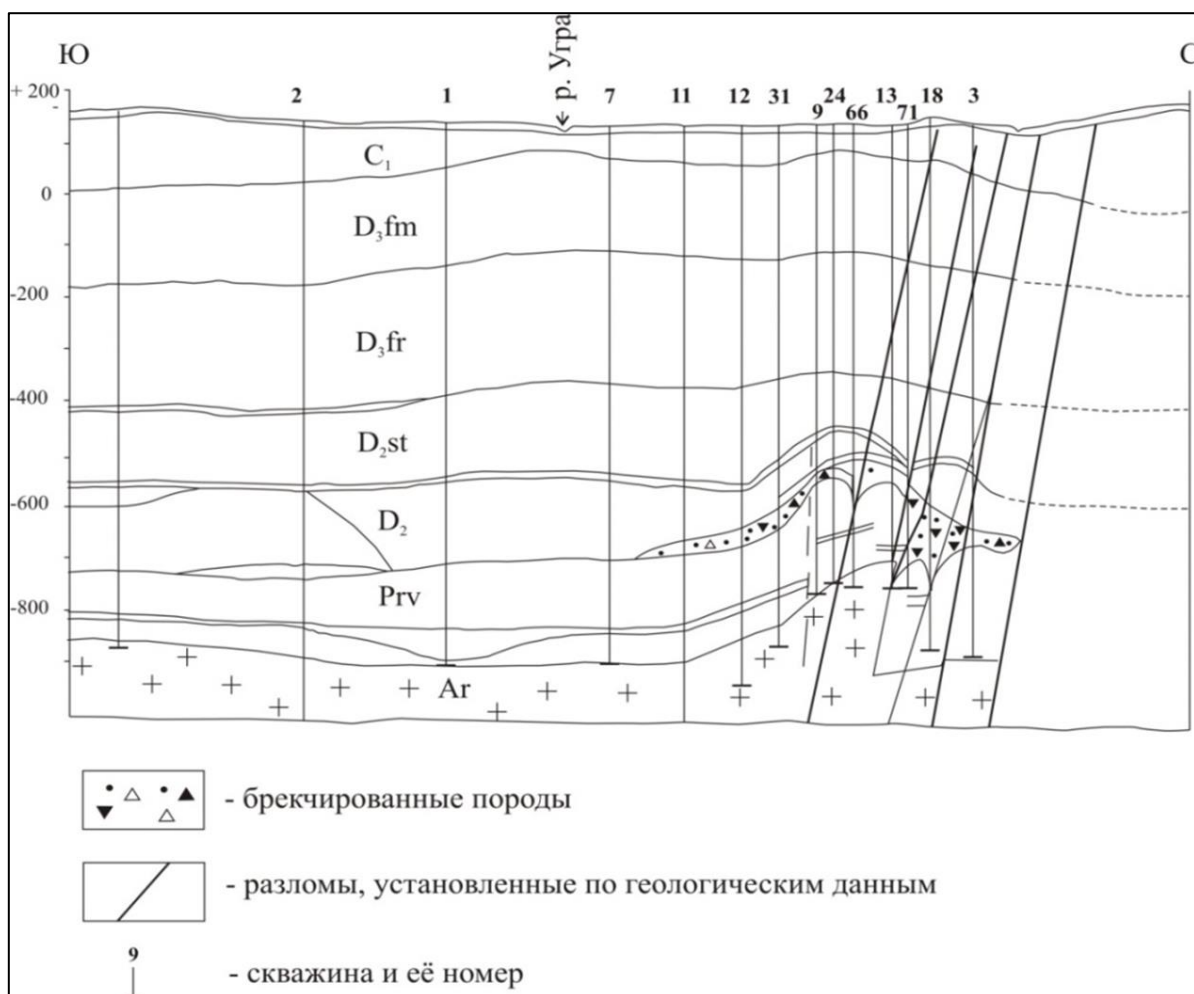


Рис. 8 - Схематичный геологический разрез Калужского ПХГ

Геологический разрез представляет собой следующее. Объектом хранения является гдовский пласт-коллектор, перекрытый глинистой покрывкой. Пласт-коллектор имеет связь с кристаллической брекчией через тектоническое нарушение. Кристаллическая брекчия в основном также имеет глинистую покрывку, но в ней есть литологическое «окно». В этом месте осуществляется непосредственный контакт кристаллической брекчии с вышележащим воробьевским горизонтом.

Воробьевский горизонт перекрыт глинистой покрывкой, которая является резервной, она хорошо выдержана по мощности и не имеет нарушений [39]. Благодаря этому газ, попадая в воробьевский горизонт, скапливается и образует вторичную залежь газа. Наличие резервной покрывки на глубине 560 м надежно изолирует вышележащие горизонты от проникновения существенных объемов хранимого газа в вышележащие горизонты [40].

Тектонические условия Калужского ПХГ

В структурно-тектоническом плане район работ расположен в пределах Калужско-Бельской структурной зоны, на южном борту Московской синеклизы. Наличие глубинных

разломов подтверждают данные водно-гелиевой съемки, что говорит об их флюидной активности. Таким образом, район КПХГ, кроме приуроченности к южной периферии Калужской кольцевой структуры, находится в узле сопряжения четырех активных глубинных разломов. Разломы в кристаллическом фундаменте и нижней части осадочного чехла, образуют округлую, замкнутую систему. Эти разломы ограничивают мульду (кальдеру), диаметр которой 13-15 км.

По геофизическим данным фундамент разбит густой сетью дизъюнктивных нарушений, образующих систему разломов. Это подтверждают данные космofотосъемки.

Геологические разломы являются зонами повышенной проницаемости, что повышает вероятность утечек природного газа из хранилища. Такое положение свидетельствует о высокой глубинной проницаемости отложений и активной подвижности тектонических блоков. Площадь газохранилища входит в состав блока, испытывающего опускание.

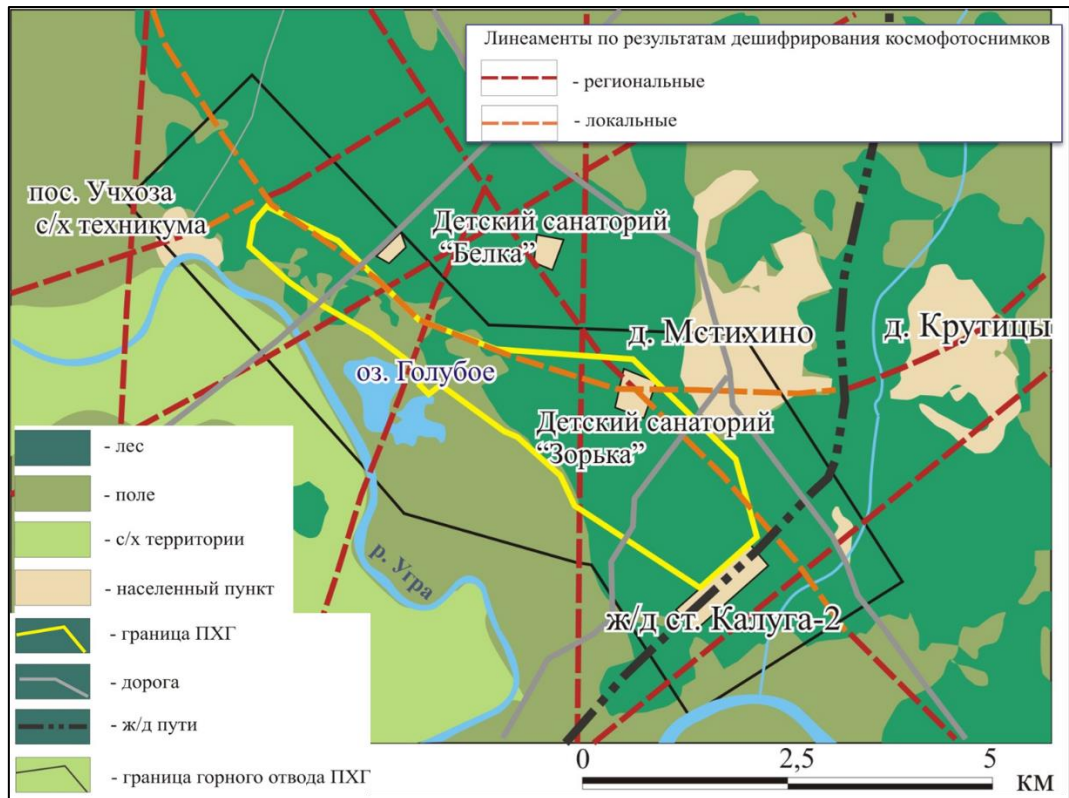


Рис. 9 – Линеаменты, пересекающие территорию Калужского ПХГ

По данным геофизических исследований, разломы проходят через юго-восточную часть территории хранилища. По результатам оценки воздействия установлено, что области интенсивной эмиссии газа приурочены к областям отсутствия резервной глинистой покрывки гдовского горизонта и тектоническим нарушениям.

Дизъюнктивные нарушения обеспечивают газогидродинамическую связь гдовских песчаников с вышележащими горизонтами. Это объясняет то, что закачиваемый газ присутствует во всех водоносных горизонтах среднего и верхнего девона, вплоть до данково-лебедянских, а также в упинском горизонте. Влияние на геологическую среду, как и на подземные воды, обусловлено перетоками подземного газа по глубинным разломам и образованием вторичных техногенных залежей.

3.2. Методика типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ

Изучение геоэкологических условий существующих подземных хранилищ газа (ПХГ), фондовых материалов о поиске и разведке структур под ПХГ, материалов о экологических проблемах при эксплуатации ПХГ, позволили выделить, систематизировать и количественно охарактеризовать факторы, влияющие на безопасное размещение таких объектов. Для поиска мест размещения ПХГ предлагается использовать типизацию территорий по комплексу геоэкологических критериев. Оценка территорий проводится не только с точки зрения негативных экологических последствий от воздействия ПХГ, но и с точки зрения безопасной эксплуатации самих хранилищ [1], испытывающих воздействие окружающей природной среды, которое может приводить к аварийным ситуациям. Поиск площадей для размещения ПХГ осуществляется путем ранжирования территорий на четыре категории, отражающие тип пригодности геоэкологических условий для сооружения ПХГ.

Типизация территорий для сооружения ПХГ предполагает последовательное исключение территорий, не удовлетворяющих условиям строительства подобных объектов с помощью анализа по комплексу критериев, выработанных в процессе изучения научных материалов о геологической разведке площадей для целей ПХГ и эксплуатации различных подземных газохранилищ.

Факторы и условия, влияющие на выбор места размещения ПХГ, разделены на четыре группы: «Непригодные (рискованные)», «Практически непригодные», «Малопригодные», «Пригодные». Алгоритм обоснования места размещения ПХГ представляет собой последовательное выполнение исследований по оценке территории по заранее выбранным факторам и критериям. Группы критериев отражают совокупность различных геологических, экологических, и социально-экономических показателей. Результатом такой типизации станет карта с выделенными участками, благоприятными для строительства ПХГ с геоэкологической точки зрения с ранжированием на несколько категорий благоприятности и степени возможного экологического риска.

Необходимо не только определять риски для окружающей среды и человека, но и принимать во внимание возможные последствия крупной аварии. Риск может быть минимальным, но если последствия могут носить катастрофический характер, то даже низкий уровень риска становится неприемлемым.

В настоящее время оптимальными геологическими критериями для создания ПХГ принято считать глубины залегания резервуара от 700 до 1500 м, тип ловушки - структурная с амплитудой не менее 15 м, пористость коллекторов более 20%, проницаемость не менее 0,5 мкм²

В Методических рекомендациях по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых [54] перечислены факторы, исключающие саму возможность создания ПХГ: сейсмичность выше 9 баллов; участки развития физико-геологических и криогенных процессов (карст, оползни, сели, термокарст и пр.); территории городов и других поселений; участки в пределах 3-его пояса зон санитарной охраны действующих и проектируемых подземных и поверхностных источников водоснабжения с учетом перспектив их развития. Данные критерии логично обоснованы. Землетрясение магнитудой выше 9-ти баллов представляет серьёзную угрозу для герметичности ПХГ. Опасные геологические процессы – карст, оползни, сели, термокарст и др. могут нарушить процесс функционирования ПХГ, что приведет к аварийным утечкам газа. ПХГ воздействуют на атмосферный воздух; поверхностные и подземные воды; недра; растительный и животный мир; почвенный покров; общее санитарное состояние территорий и население. Сооружение ПХГ в пределах 3-его пояса зон санитарной охраны подземных и поверхностных источников водоснабжения может повлечь загрязнение питьевого водозабора.

Данные исключающие критерии указывают на верхний предел количественных значений, присваиваемых тем или иным факторам. Изучение негативного воздействия ПХГ на компоненты окружающей среды, наталкивают на вывод о необходимости учета экологических критериев. Грамотное размещение позволит избежать критических экологических ситуаций, катастрофических изменений окружающей среды, которые находят вполне реальную экономическую оценку. К экологическим критериям, которые должны быть учтены при выборе мест расположения ПХГ, относятся следующие:

- населённые пункты;
- особо охраняемые природные территории (ООПТ);
- территории лесов высокого бонитета и малонарушенных лесных территорий;
- территории, благоприятные и традиционно используемые для рекреации, туризма, охоты и рыбалки;
- водно-болотные угодья, относящиеся к Рамсарской конвенции.

Особо-охраняемые территории созданы специально с целью сохранения природных условий. Границы и площади этих объектов выбраны не случайно – эти территории являются местами обитания редкой флоры и фауны, гнездовьями и стоянками птиц. Не только промплощадка ПХГ, но и границы техногенной залежи не должны попадать на территории ООПТ, поскольку можно с уверенностью говорить о вертикальной миграции метана и других вредных газов до дневной поверхности даже при хорошей герметичности объекта хранения. Другими словами, расположение искусственной залежи газа под территорией ООПТ может способствовать угнетению заповедных экосистем. Не рекомендуется расположение ПХГ на лесных территориях в целях сохранения национального лесного фонда, и в местах традиционного отдыха, туризма, рыбалки и охоты. Эти территории имеют важное рекреационное значение. Водно-болотные угодья относятся к наиболее продуктивным экосистемам мира. Они являются очагами биологического разнообразия, поэтому они охраняются Рамсарской конвенцией, вступившей в силу в России в 1977 году. Расположение ПХГ на таких территориях связано с высоким уровнем экологического риска.

Перечисленные критерии имеют различную степень важности при поиске мест размещения ПХГ. В нормативных критериях пункты перечислены сжато, им не хватает количественной оценки. Типизация по экологическим критериям учитывает исключаящие, негативные факторы и степень их важности при поиске мест размещения ПХГ. Для отражения степени важности каждого критерия принят коэффициент (К).

Таблица 8 – Учет геологических, экологических и социально-экономических критериев территории при поиске мест размещения подземных хранилищ газа

Геологические критерии	Сейсмичность в баллах	К₁
	Водозаборы и водоохраные зоны	К₂
	Опасные геологические процессы	К₃
	Наличие флюидоупора	К₄
	Наличие геолого-технологических условий для хранения газа	К₅
Экологические критерии	Населенные пункты	К₆
	Леса высокого бонитета	К₇
	ООПТ	К₈
	Рамсарские водно-болотные угодья	К₉
	Рекреационные территории	К₁₀
Социально-экономические критерии	Близость к магистральному трубопроводу	К₁₁
	Наличие крупных потребителей газа	К₁₂
	Количество человек в зоне дефицита отопительных ресурсов	К₁₃

Составляющие каждого критерия оцениваются коэффициентами K_1 - K_{13} .

Коэффициенты оцениваются по пятибалльной шкале, где:

1 – условия территории или развитие данного процесса или явления не вызывает опасения в отношении строительства и эксплуатации ПХГ, сооружение ПХГ на данной территории не нанесет значительного вреда компонентам окружающей природной среды;

2 – условия территории или развитие данного процесса или явления может вызывать опасения в отношении безопасной эксплуатации ПХГ, сооружение ПХГ на данной территории может нанести незначительный ущерб компонентам окружающей природной среды;

3 – условия территории, развитие данного процесса или явления на изучаемой территории неблагоприятно как для безопасной эксплуатации ПХГ, так и для окружающей природной среды;

4 – условия территории, развитие процессов или явлений указывает на повышенные риски аварий на ПХГ, возможны катастрофические последствия для окружающей природной среды;

5 - условия территории или обстоятельства развития процессов или явлений противоречат строительству ПХГ.

Геологические критерии

В соответствии с действующими нормативными документами, запрещено сооружение ПХГ на территориях с сейсмичностью выше 9 баллов.

Таблица 9 – Коэффициент K_1 . Сейсмичность в баллах

Сейсмичность, в баллах	K_1
<6	1
6-7	2
7-8	3
8-9	4
>9	5

Норматив запрещает расположение ПХГ в пределах 3 пояса санитарно-защитной зоны. Его размеры рассчитывается индивидуально исходя из производительности и определения области питания [56]. Такой подход затрудняет поиск, поэтому были введены условные безразмерные показатели, обеспечивающие безопасное расстояние ПХГ от водозаборов с учетом того, что более высокая производительность обеспечена большей площадью водосборного бассейна (табл. 4). Вводятся условные показатели, обеспечивающие безопасное расстояние ПХГ от водозаборов.

Таблица 10 - Коэффициент K_2 . Водозаборы и водоохранные зоны

Расстояние от крайних скважин водозаборов, м	Производительность водозабора, тыс. м ³ /сут						
	>100	50-100	25-50	10-25	5-10	1-5	<1
0-150	5	5	5	4	4	3	3
150-300	5	5	4	4	3	3	2
300-500	5	4	4	3	3	2	1
>500	4	4	3	3	2	1	1

В нормативах указано, что размещение ПХГ запрещается в зонах развития таких опасных геологических процессов, как сели, оползни, карст и другие [54]. Такое краткое указание создает сложности при оценке территории большой площади в поисках ПХГ. Некоторые опасные геологические процессы при небольшой площади проявления, возможно локализовать и «обезвредить» при помощи инженерных методов; другие будут препятствовать нормальному режиму эксплуатации ПХГ. Например, подтопление на небольшой площади можно эффективно устранить с помощью дренажа.

Таблица 11 – Коэффициент K_3 . Опасные геологические процессы

Опасный геологический процесс		Площадь, охваченная процессом, м ²		
		0-50	50-100	>100
Склоновые	Оползни	5	5	5
	Сели	5	5	5
	Обвалы	4	5	5
	Осыпи	2	3	4
	Лавины	2	3	4
Карстово-суффозионные	Суффозия	3	4	5
	Карст	5	5	5
Подтопление	Подтопление	3	4	5
Криогенные	Пучение грунтов	3	4	5
	Морозобойные трещины	2	3	4
	Наледи	1	2	3
Эоловые	Песчаные бури	2	3	4
	Барханы	2	3	5

Распространение флюидоупора играет ключевую роль в возможности подземного хранения газа, он должен покрывать всю территорию искусственной залежи, иначе перетоков газа не избежать. Флюидоупор или покрывка должен иметь равномерную мощность, исключаящую возможность вертикальной миграции газа в вышележащие слои (табл. 12). По

литологическому составу можно выделить две группы пород, обладающих в природных условиях экранирующими газупорными свойствами. В первую очередь, это покрышки, сложенные эвапоритовыми образованиями: каменной солью, ангидритом и значительно реже – гипсом. Кроме того, в качестве флюидоупоров могут выступать покрышки, представленные глинистыми породами – глины и аргиллиты.

Таблица 12 – Коэффициент K_4 . Наличие флюидоупора

Распространение флюидоупора	K_4
Выдержанный по мощности (не менее 30 м) и по площади	1
Выдержанный по мощности (не менее 20 м) и по площади	2
Имеет нарушения целостности, поддающиеся искусственной герметизации	3
Имеет значительные нарушения целостности	4
Не выдержан по мощности или по площади	5

Одним из важнейших критериев является наличие пласта-приемника для закачки газа. Это может быть водоносный горизонт или трещиноватые горные породы, а также соляные каверны природного или искусственного происхождения. Пласт-коллектор – это горная порода, содержащая пустоты (поры, каверны или системы трещин) и способная вмещать флюиды (нефть, газ, воду), характеризуется достаточно высокой пористостью (20-30%), проницаемостью 30-80 мД или 0,1-0,6 мкм² низким содержанием глинистой фракции, хорошими фильтрационно-емкостными показателями.

Таблица 13 – Коэффициент K_5 . Наличие геолого-технологических условий для хранения газа

Наличие геолого-технических условий для хранения газа	K_5
Истощенное месторождение газа/ антиклинальное поднятие / наличие пласта-коллектора / соляная каверна/ наличие водоносного горизонта с минерализацией 100-200 г/л и выше, подходящего для закачки газа (в среднем проницаемость водоносного пласта не должна быть менее 0,2-0,3 Дарси, мощность пласта не менее 4-6 метров [37], пористость не ниже 10-15%)	1
Недостаточные коллекторские свойства пласта с возможностью их увеличения гидроразрыва / размыва / взрывных работ	2
Недостаточные коллекторские свойства пласта	3
Пласт-коллектор имеет включения непроницаемых пород, сокращающие его емкость / покрышка коллектора осложнена активным тектоническим нарушением	4
Крутое падение или пологое залегание структур, синклиналильные складки	5

Экологические критерии

В соответствие с нормативными документами [54] недопустимо строительство ПХГ на территории населенных пунктов. Данный аспект требует уточнений, поскольку множество ПХГ в России расположено под населенными пунктами разных размеров. Другими словами, когда мы говорим о размещении ПХГ, речь идет о выборе территории, под которой будет расположена искусственная газовая залежь, и отдельно о выборе участка промплощадки (наземных сооружений), площадь которой существенно меньше. Сооружение ПХГ на территории крупных городов рискованно с точки зрения большого числа жертв при возможной аварии, хотя долговременный опыт эксплуатации Московского УПХГ (г. Щелково) показывает отсутствие подобных случаев.

При размещении ПХГ на территории некрупных городов, риски снижаются. Сооружение ПХГ может положительно повлиять на качество атмосферного воздуха, если есть возможность перехода промышленных объектов на газ. Сооружение ПХГ в небольших городах обеспечит платформу для устойчивого развития. Для жителей деревень, сел и маленьких городов создание ПХГ окажет существенный вклад в развитие инфраструктуры.

Таблица 14 - Введение коэффициента (K_6) для оценки населенных пунктов

Кол-во жителей в населенном пункте, млн/чел	K_6
> 1	5
0,5 – 1	4
0,1 – 0,5	3
0,05 – 0,1	2
Менее 0,05	1

Лес – это особая экосистема, в которой заполнено множество ниш от микроорганизмов до крупных хищников. Некоторые породы деревьев имеют более важное экологическое значение. Например, фитонциды, выделяемые кедрами, обладают антимикробными действиями по отношению к бактериям. В кедровом лесу общее число микрофлоры в 2–3 раза меньше, чем, например, в берёзовом. Кроме этого, существуют специальные защитные леса, выполняющие различные функции. К ценным лесам в соответствии с п.4 ч.2 ст.102 ЛК РФ относятся: государственные защитные лесные полосы; противозерозивные леса; леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах; орехово-промысловые зоны; ленточные боры; запретные полосы лесов, вдоль водных объектов; нерестоохраняющие полосы лесов. Для выбора территорий под размещение ПХГ с учетом типов лесных насаждений, выделяются категории, которым присваивается соответствующий коэффициент (табл. 15).

Таблица 15 – Коэффициент K_7 . Леса высокого бонитета

Категория ценных лесов	K_7
Лесозащитные полосы вдоль дорог	1
Лесопарковые и лесохозяйственные части зеленых зон	2
Леса, выполняющие функции защиты природных объектов	3
Малонарушенные лесные массивы и территории	3
Леса охранных зон вдоль рек	4
Леса санитарной охраны курортов	4
Леса санитарной охраны водоисточников	4
Орехово-промысловые зоны	4
Кедровые леса	4
Редкие растительные сообщества	4
Леса в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах;	4
Леса защиты нерестилищ	5
Ленточные боры	5

В целях защиты ценных природных территорий, охраны редких видов растений, животных и ландшафтов не рекомендуется располагать зону искусственной газовой залежи в пределах ООПТ, Рамсарских водно-болотных угодий и рекреационных территорий. При их наличии, K_8 , K_9 , K_{10} принимаются равными 5. При их отсутствии, K_8 , K_9 , K_{10} принимаются равными 1.

Таблица 16 – Коэффициенты K_8 , K_9 , K_{10} . ООПТ, Рамсарские водно-болотные угодья, рекреационные территории

Защита природных территорий	K_8, K_9, K_{10}
Отсутствие ООПТ и/или тер-рий, в пределах которых, в соответствии с подписанными РФ международными конвенциями (соглашениями, договорами) запрещена хозяйственная деятельность	1
Наличие ООПТ и/или тер-рий в пределах которых, в соответствии с подписанными РФ международными конвенциями (соглашениями, договорами) запрещена хозяйственная деятельность	5

Социально-экономические критерии

Предлагается учитывать и социально-экономические критерии. ПХГ экономически выгодно располагать вблизи (около 50 км) трассы магистрального трубопровода, близко к потребителю. Потребителями являются жители городов, ТЭЦ, промышленные предприятия и пр. В данном случае расстояние от трубопровода, равное 50 км принимается за нижний предел значения коэффициента (табл. 17). К стратегически важным функциям ПХГ относится возможность регулирования крупных потоков газа от месторождений к потребителям (табл. 18).

Таблица 17 – Коэффициент K_{11} . Близость к магистральному трубопроводу

Близость к магистральному трубопроводу, км	K_{11}
<50	1
50-60	2
60-80	3
80-100	4
>100	5

Таблица 18 – Коэффициент K_{12} . Наличие крупных потребителей газа

Наличие крупных потребителей газа	K_{12}
Территория находится вблизи пересечения веток магистрального трубопровода	1
Расположение ПХГ для обеспечения мобильности экспортных поставок	1
Расположение ПХГ для обогрева населенных пунктов в условиях холодного климата	1
Отсутствие потенциальных потребителей	2

Проживание людей в условиях российского климата требует учета необходимости подачи тепла в населенные пункты в зимний периода. Данный коэффициент можно не рассматривать для территорий, где нет отрицательных температур и затяжного зимнего периода (табл. 19).

Таблица 19 – Коэффициент K_{13} . Количество человек в зоне дефицита отопительных ресурсов

Кол-во чел. в зоне дефицита отопительных ресурсов, млн чел.	K_{13}
>3	1
<3	2

Типизация территорий для поиска мест размещения ПХГ

Предполагаются следующие условия для размещения ПХГ в интервалах для значений коэффициентов.

Таблица 20 – Условия для размещения ПХГ в интервалах значений коэффициентов К

Значения коэффициентов К	Условия для ПХГ
Если хотя бы один из К = 5	Непригодные (рискованные)
Если хотя бы один из К = 4	Практически непригодные
Если хотя бы один из К = 3	Малопригодные
Если ни один из К не превышает 2	Пригодные
Если ни один из К не превышает 1	Особо пригодные

Используя имеющиеся по рассматриваемой территории сведения по геологии, экологии, народонаселению и экономике и учитывая таблицы №9-19 составляем таблицу № 14.

Таблица 21 – результаты оценки типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ

Квадрат	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅	К ₆	К ₇	К ₈	К ₉	К ₁₀	К ₁₁	К ₁₂	К ₁₃	Условия для ПХГ
1														
2														
3														
4														
5														
...														
...														
и т.д.														

Порядок использования Методики типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ по геоэкологическим и социально-экономическим критериям

1. Определение территориальных границ исследования.
2. Подготовка картографической основы по официальным Схемам Территориального Планирования области (района) в виде проекта ArcGis.
3. Нанесение координатной сетки, выделение таксонов («квадратов») изучения, в зависимости от масштаба исследования, присвоение квадратам внутренней нумерации.
4. Оценка каждого квадрата по 13-ти критериям в соответствии с настоящей методикой на предмет наличия определенных условий или развития процессов.
5. Создание в гис-проекте различных слоев с отображением площадного распространения условий, процессов или явлений, влияющих на выбор места расположения ПХГ в соответствии с настоящей методикой.

6. При наличии определенных условий или процессов, оценка их важности или степени проявления с помощью коэффициента по пятибалльной шкале в соответствии с настоящей методикой.

7. Детальное изучение геологического строения на территориях, на которых не распространены процессы и условия, противоречащие строительству ПХГ по Государственным геологическим картам, представленным на сайте Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского.

8. Составление общей таблицы оценки.

9. Определение типа благоприятности каждого квадрата для размещения ПХГ.

10. Анализ полученных результатов, общие выводы.

Выбор территорий для размещения ПХГ затруднен в отсутствие четких количественных показателей для сравнения участков. Предложенная методика позволяет быстро и надежно подбирать территории для размещения ПХГ с учетом геоэкологических факторов, она также может быть полезной при поиске путей прокладки газопроводов. В случае необходимости должны быть предприняты корректирующие действия для устранения потенциальных рисков, выявленных в ходе анализа.

Большая территория России нуждается не только в защите окружающей природной среды, но прежде всего – в освоении и обеспечении энергоресурсами. Использование ПХГ является рациональным компромиссом между получением энергии и сохранением экосистем и дикой природы. Поскольку ПХГ – это сложный объект, расположенный большей частью в геологической среде, для при его проектировании важно учесть возможное воздействие окружающей природной среды на наземную и подземную часть ПХГ, что обеспечит безопасность последующей эксплуатации.

4. ТИПИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ДЛЯ ПОИСКА МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ПХГ

«Российское могущество будет прирастать Сибирью...» — это слова М. Ломоносова, в которых он имел в виду, что Россия должна развивать сибирские и дальневосточные территории. Дальний Восток – это уникальная часть России, где сосредоточены богатейшие запасы природных ресурсов и всего около 6% населения страны. Дальний Восток – это форпост России, обеспечивающий закрытость Охотского моря и выход к Тихому океану. Для того, чтобы отстаивать территориальные границы и геополитические интересы, необходимо развитие инфраструктуры и промышленности.

Сооружение ПХГ может стать отправной точкой в развитии инфраструктуры, производства и главным источником энергоснабжения для отдаленных регионов Дальнего Востока. При планировании размещения ПХГ необходимо в первую очередь руководствоваться рациональными принципами использования природных ресурсов и стратегическими целями страны в области энергоснабжения. Важно учитывать наличие месторождений газа и возможности его реализации.

Перспективе развития Дальнего Востока обусловлены наличием большого количества неразработанных полезных ресурсов углеводородов, цветных металлов, драгоценных камней. Ресурсы цветных металлов на Дальнем Востоке (месторождения Песчанка, Бургахчан, Шануч, Малмыжское, Кун-Манье, Удоканское и другие) составляют основную часть базы цветных металлов в стране на ближайшие десятилетия, поэтому есть перспектива создания центров металлургической промышленности. Для разработки месторождений, переработки полезных ископаемых и других аспектов освоения потребуются дополнительные энергетические ресурсы, которые может обеспечить ПХГ.

Принципы типизации территорий при поиске мест размещения ПХГ рассмотрены на примере типизации территорий Дальневосточного округа РФ. Типизация территорий проведена для поиска мест размещения ПХГ в пористых породах и водоносных пластах.

4.1. Типизация территорий Приморского края

Необходимость создания ПХГ в Приморском крае обусловлена расположением на границе с крупным потребителем газа – Китаем. В 2015 году было ратифицировано Соглашение между Правительством РФ и Правительством КНР о сотрудничестве в сфере поставок природного газа из РФ в Китай по "восточному" маршруту. Сооружение ПХГ в Приморье обеспечит мобильность поставок газа в КНР, позволит нивелировать давление в газопроводе

Сахалин-Хабаровск-Владивосток, то есть сооружение ПХГ в данной области имеет экономическое и стратегическое значение. Для создания газовых резервов ПХГ в Приморском крае предполагается использовать газ с месторождений Сахалина.

Всего на шельфе Сахалина открыто девять нефтегазоносных участков с совокупными запасами 1,19 трлн м³ газа, 3944 млн тонн нефти и 88,5 млн тонн газового конденсата. В 1970—1980-х годах Дальневосточная морская экспедиция разведочного бурения открыла более трёх десятков месторождений нефти и газа на северо-восточном шельфе острова. Для разработки этих месторождений в последнем десятилетии XX века было создано несколько проектов под общим названием «Сахалин» [29].

«Сахалин-1» — нефтегазовый проект, реализуемый на острове Сахалин по условиям соглашения о разделе продукции. В рамках проекта предусмотрена разработка нефти и газа на северо-восточном шельфе острова. Район разработки включает в себя месторождения Чайво, Одопту-море и Аркутун-Даги. Объём извлекаемых запасов оценивается в 2,3 млрд баррелей нефти (307 млн тонн) и 485 млрд м³ природного газа. В «Сахалин-3» входит четыре блока месторождений: Киринский, Венинский, Аяшский и Восточно-Одоптинский. Нужно отметить, что под названием «Сахалин-3» скрыты три огромных нефтегазовых проекта, соразмерных проектам «Сахалин-1» и «Сахалин-2». Прогнозные извлекаемые ресурсы превышают 700 млн т нефти и 1,3 трлн м³ природного газа. «Сахалин-5» — нефтегазовый проект на шельфе острова Сахалин. По перспективным оценкам суммарные запасы газа на двух участках составляют 255 млрд м³ газа [29].

Газ месторождений ОАО «Газпром» участка «Сахалин-3» является основной ресурсной базой для наполнения газопровода «Сахалин — Хабаровск — Владивосток»

Газопровод «Сахалин — Хабаровск — Владивосток» — действующий магистральный газопровод, предназначенный для транспортировки газа с Сахалина в Приморский край и другие регионы Дальнего Востока. Проектная мощность газопровода - 5,5 млрд м³ природного газа в год. Эксплуатацией газопровода занимается ООО "Газпром трансгаз Томск". (Рис.10) Диаметр газопровода составляет 1220 мм, давление – 9,8 МПа. Впервые подача газа во Владивосток произошла в сентябре 2011 года, для этого задействована газораспределительная станция недалеко от Владивостока.

Сложности для выбора участков размещения ПХГ представляет прежде всего высокая сейсмичность территории. При проектировании такого опасного объекта как ПХГ необходимо быть уверенным в отсутствии сейсмических рисков. На территории Приморского края свыше 40 лет не наблюдалось ощутимых землетрясений. Оценка сейсмической интенсивности в данном регионе на основании комплекса карт общего сейсмического районирования территории

Российской Федерации – ОСР-2016 по шкале MSK не превышает 8 баллов. Однако в течение последних десяти лет наблюдалось повышение сейсмической активности, а также расширение её географии. Учитывая общее расположение региона в зоне очагов землетрясений, прежде всего стоит рассмотреть районы с минимальной вероятностью проявления таких процессов [29].



Рис. 10 – Схема газопроводов РФ на Дальнем Востоке

Подземные хранилища следует располагать на обособленной площадке вне территории городов и других поселений, ООПТ, за пределами 3-го пояса зон санитарной охраны действующих и проектируемых подземных и поверхностных источников водоснабжения. Территории производственного объекта не должны разделяться на обособленные участки железными или автомобильными дорогами общей сети. Размещение объектов на землях государственного лесного фонда должно производиться преимущественно на участках, не покрытых лесом или занятых кустарниками и малоценными растениями [55].

Не допускается размещать подземные и наземные сооружения хранилища без специального обоснования на территориях с сейсмичностью выше 9 баллов, а также на участках развития физико-геологических и криогенных процессов (карст, оползни, сели, термокарст и пр.) [54].

Территория Приморского края была разбита на квадраты и оценена в соответствии с предлагаемыми критериями (табл. 22).

Таблица 22 – Результаты типизации по геологическим, экологическим и социально-экономическим критериям в Приморье

Квадрат	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	Условия для ПХГ
1	1	4	2	2	3	1	3	1	1	1	5	1	3	Непригодные
2	1	2	2	3	2	1	1	1	1	1	5	1	4	Непригодные
3	4	2	2	2	2	1	1	3	1	1	5	5	5	Непригодные
4	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	Пригодные
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1	2	1	4	3	1	1	2	1	1	5	2	3	Непригодные
7	2	4	1	2	2	1	1	2	1	4	5	2	3	Непригодные
8	1	3	1	3	4	1	1	2	1	3	5	5	4	Непригодные
9	2	2	1	2	4	1	3	2	1	1	1	4	2	Пр. непригодные
10	2	2	1	3	4	1	3	2	1	1	2	4	1	Пр. непригодные
11	3	1	1	3	3	1	1	1	1	1	3	5	3	Непригодные
12	4	1	5	4	3	1	5	5	1	3	5	5	4	Непригодные
13	3	4	5	3	4	1	1	2	1	4	5	4	3	Непригодные
14	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	Пригодные
15	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	Пригодные
16	1	1	1	3	4	1	3	1	1	1	2	4	3	Пр. непригодные
17	4	2	4	3	2	1	4	2	1	1	3	5	2	Непригодные
18	4	5	1	4	3	1	4	4	1	1	5	5	3	Непригодные
19	4	5	5	3	3	1	1	1	1	1	5	4	4	Непригодные
20	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	Пригодные
21	1	1	1	2	3	1	1	2	1	1	2	3	1	Малопригодные
22	3	2	4	3	4	1	4	3	1	1	3	4	3	Пр. непригодные
23	4	3	1	2	2	1	4	4	1	1	4	5	5	Непригодные
24	4	5	5	3	4	5	1	2	1	1	5	4	2	Непригодные
25	1	1	2	2	2	1	1	3	2	1	3	3	2	Малопригодные
26	1	1	2	2	3	1	1	5	5	1	1	2	3	Пр. непригодные
27	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	Пригодные
28	1	1	1	3	2	1	1	2	1	1	2	3	2	Малопригодные
29	4	1	5	4	5	1	1	2	1	1	3	4	1	Непригодные
30	2	1	1	3	3	5	4	4	1	1	5	3	2	Непригодные
31	2	1	1	3	2	5	1	1	1	1	5	5	2	Непригодные
32	1	1	1	3	2	1	2	3	1	1	1	2	2	Малопригодные
33	1	1	1	3	3	1	2	1	3	1	1	2	2	Малопригодные
34	1	1	3	3	2	1	2	2	1	3	1	2	2	Малопригодные
35	3	1	4	4	3	1	3	2	1	1	1	3	3	Пр. непригодные
36	2	1	1	3	2	3	2	2	1	3	1	2	1	Малопригодные
37	1	1	1	4	4	4	1	1	1	1	2	4	2	Пр. непригодные
38	2	1	1	3	2	1	3	3	1	4	1	1	2	Пр. непригодные
39	1	5	1	4	5	1	1	2	1	2	1	1	1	Непригодные
40	3	3	3	3	2	1	4	1	1	1	2	3	2	Пр. непригодные
41	5	1	1	4	4	4	5	4	1	1	2	5	4	Непригодные
42	5	1	1	4	5	4	2	2	1	1	2	4	3	Непригодные
43	2	1	1	4	2	1	2	5	1	1	1	2	1	Непригодные
44	2	1	1	3	4	1	3	5	1	1	1	1	1	Непригодные
45	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	Пригодные
46	3	1	1	3	3	3	1	2	1	2	1	1	2	Малопригодные
47	5	1	1	4	4	1	1	2	1	1	2	3	3	Непригодные
48	2	1	1	3	4	1	1	4	1	1	1	3	1	Пр. непригодные
49	3	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	Пригодные

Поиск мест размещения ПХГ предлагается провести в квадратах карты №: 14, 15, 20, 27, 45, 49 (в соответствии с условной нумерацией), или L-53-14, L-53-15, L-53-20, L-53-26, L-52-18, K-53-7 (в соответствии с нумерацией листов Госгеолкарты).

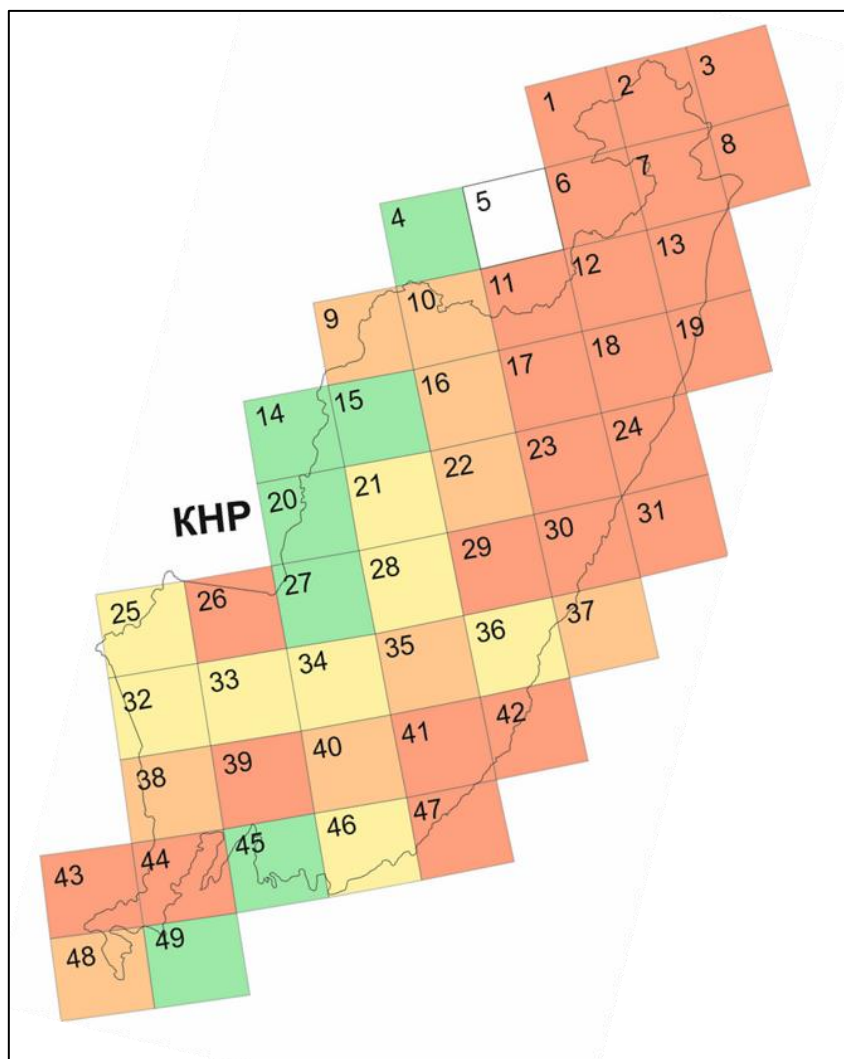


Рис. 11 – Типизация территорий Приморского края для поиска мест размещения ПХГ
Приведенная карта типизации территории Приморского края может быть использована как основа планирования и развития сети ПХГ в Дальневосточном ФО.

4.2. Типизация территорий Камчатского края

На западе Камчатского края расположено четыре газоконденсатных месторождения: Кшукское, Нижне-Квакчикское, Средне-Кунжинское и Северо-Колпаковское общим объемом 16 млрд м³. Перспективные запасы на шельфе предварительно оценивают в 5-10 млрд м³, в то время как основные потребители находятся на восточном побережье. В 2010 году введен в эксплуатацию магистральный газопровод «Соболево — Петропавловск-Камчатский», для

поддержания оптимального давления в трубопроводе и обеспечения стабильной подачи газа потребителям, целесообразно сооружение подземного хранилища газа. В соответствии с Методикой типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ, выполнен анализ территории Камчатского края с использованием картографических материалов, спутниковых снимков и данных о геологическом строении.

При поиске мест размещения подземных хранилищ газа в Камчатском крае, сложность представляет высокая сейсмичность территории, горный рельеф, наличие заповедных территорий, в том числе охраняемых международной Рамсарской конвенцией. Выделены участки возможного размещения подземных хранилищ газа.

Основным документом, определяющим стратегию развития газоснабжения и газификации Восточной Сибири и Дальнего Востока, является государственная «Программа создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР» (Восточная газовая программа) [62].

Камчатский полуостров имеет стратегически важное географическое положение, обеспечивающее доступ к Тихому океану. Петропавловск-Камчатский – административный центр Камчатского края, имеет население 181 тыс. чел., в городе развита рыбная и горнорудная промышленность, кроме того, он является местом дислокации Тихоокеанского флота РФ. Обе ТЭЦ Петропавловска работают исключительно на газу. В 2010 году введен в эксплуатацию магистральный газопровод «Соболево — Петропавловск-Камчатский», по которому природный газ впервые пришел в столицу Камчатского края. Протяженность газопровода составляет около 390 км, производительность — до 750 млн куб. м газа в год. Газопровод стал основой для дальнейшего развития региональной системы газоснабжения и газификации населенных пунктов – уже поданы заявки на 1, 2 млрд м³ газа в год.

Сложность с точки зрения размещения ПХГ представляет высокая сейсмичность территории, горный рельеф и вулканическая активность. Большинство землетрясений происходит в океане на расстоянии 30-150 км от восточного побережья.

Территория Камчатского края была разбита на условные квадраты, которым присвоена внутренняя нумерация (рис. 14). По вышеуказанным критериям была проведена типизация территории Камчатского края. Квадраты № 39-58 находятся на значительном удалении от магистрального трубопровода (более 100 км), поэтому они не рассматриваются в итоговой таблице типизации.

Таблица 23 - Учет геологических, экологических и социально-экономических критериев в Камчатском крае

Кв адр ат	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅	К ₆	К ₇	К ₈	К ₉	К ₁₀	К ₁₁	К ₁₂	К ₁₃	Условия для ПХГ
1	4	1	1	2	2	1	1	1	5	1	5	2	2	Непригодные
2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	Малопригодные
3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	Малопригодные
4	3	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	Малопригодные
5	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	Малопригодные
6	4	1	1	1	3	1	4	1	1	1	5	2	2	Непригодные
7	4	1	2	2	4	1	4	1	1	1	5	2	2	Непригодные
8	4	1	2	3	2	1	3	5	5	1	4	2	2	Непригодные
9	4	1	2	1	2	1	4	1	1	1	2	2	2	Пр. непригодные
10	4	1	3	2	1	1	4	1	1	1	1	2	2	Пр. непригодные
11	4	3	2	1	1	1	4	1	1	1	1	2	2	Пр. непригодные
12	4	1	2	4	3	1	4	1	1	1	1	2	2	Пр. непригодные
13	4	4	2	3	4	1	1	1	1	1	1	2	2	Непригодные
14	5	1	2	5	4	1	3	5	1	1	2	2	2	Непригодные
15	5	1	3	3	5	1	3	5	1	1	4	2	2	Непригодные
16	5	1	2	4	4	1	3	5	1	1	5	2	2	Непригодные
17	4	1	4	3	3	1	4	5	5	1	5	2	2	Непригодные
18	4	1	4	4	3	1	4	1	1	1	5	2	2	Непригодные
19	4	1	4	3	4	1	3	5	1	1	5	2	2	Непригодные
20	4	1	4	5	4	1	3	5	1	1	4	2	2	Непригодные
21	4	1	5	3	4	1	4	1	1	1	3	2	2	Непригодные
22	5	1	5	4	3	1	4	1	1	1	2	2	2	Непригодные
23	5	1	5	3	3	1	3	5	1	5	1	2	2	Непригодные
24	5	1	3	2	2	1	4	1	1	1	1	2	2	Непригодные
25	5	3	4	3	5	1	3	5	1	5	1	2	2	Непригодные
26	5	1	4	4	2	1	3	5	1	1	4	2	2	Непригодные
27	5	1	3	2	3	1	3	5	1	1	5	2	2	Непригодные
28	4	1	2	4	3	1	4	1	1	1	5	2	2	Непригодные
29	4	1	2	4	3	1	4	1	1	1	5	2	2	Непригодные
30	4	1	3	3	4	1	4	1	1	1	5	2	2	Непригодные
31	4	1	5	5	5	1	3	5	1	1	5	2	2	Непригодные
32	4	1	5	5	5	1	4	5	1	1	5	2	2	Непригодные
33	5	1	5	5	5	1	4	1	1	1	4	2	2	Непригодные
34	5	1	4	5	5	1	4	1	1	1	3	2	2	Непригодные
35	5	4	4	4	4	1	4	5	1	1	1	2	2	Непригодные
36	5	4	3	3	3	3	4	1	1	1	1	1	2	Непригодные
37	5	4	4	4	4	1	3	5	1	5	2	2	2	Непригодные
38	5	1	4	4	5	1	3	5	1	1	4	2	2	Непригодные

Схематическая карта экологических аспектов с точки зрения размещения ПХГ приведена на рис.12.

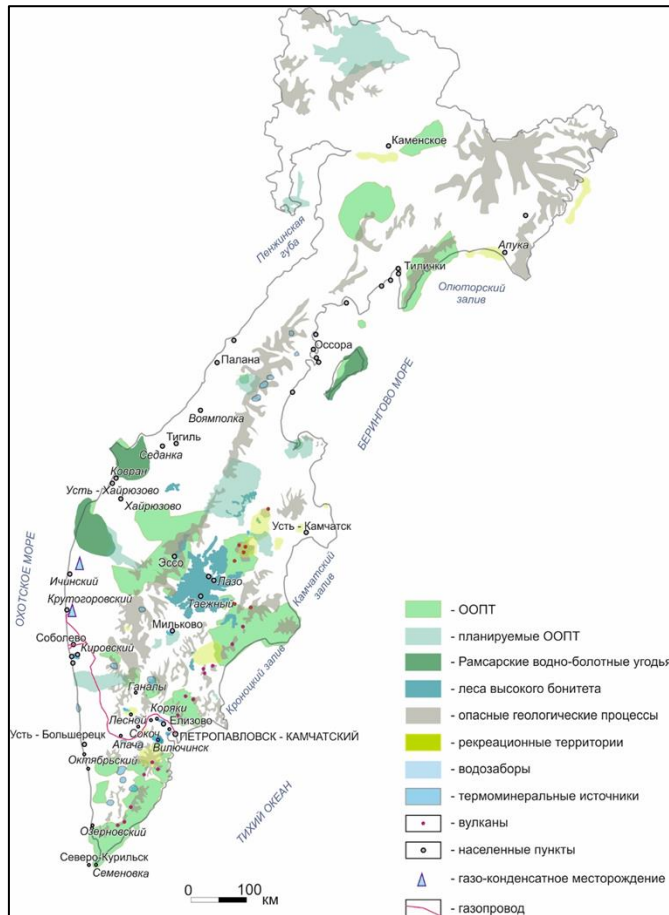


Рис. 12 – Критерии типизации территорий при выборе мест размещения ПХГ в Камчатском крае

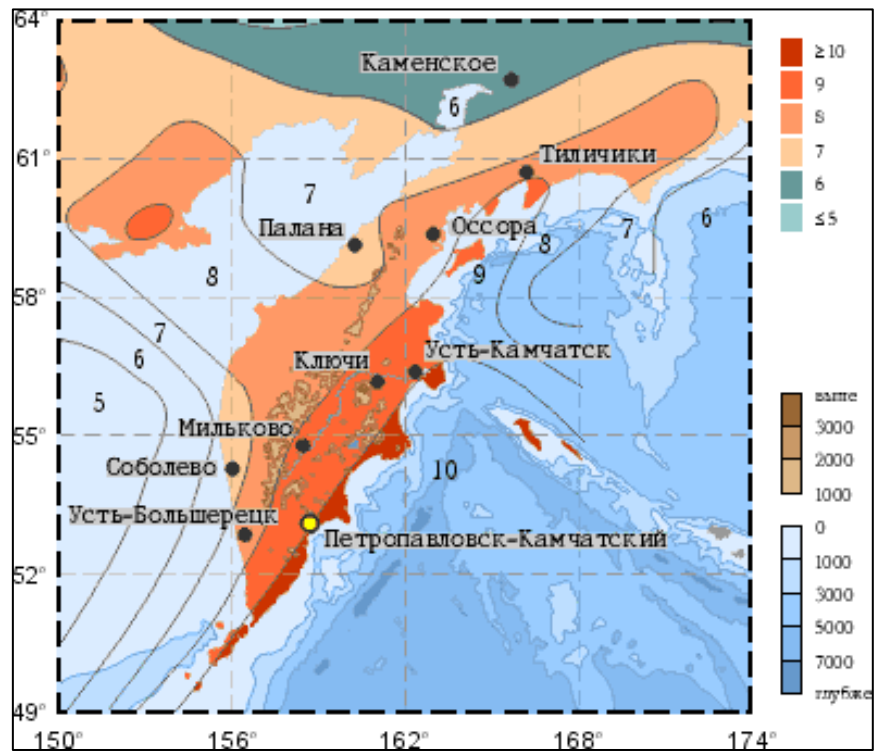


Рис. 13 – Карта ОСР-2016 В. Сейсмичность Камчатского края

Кшукское и Нижне-Квакчикское месторождения газа расположены в западной части полуострова, они введены в эксплуатацию в 2010 году. Столица края, а следовательно, и главные потребители, расположены на восточном побережье, которое относится к поясу высокой сейсмичности. Газопровод соединяет восточную и западную части полуострова, разделенные Срединным и Восточным хребтом. Энергоснабжение северной части Камчатского края осуществляется за счет дизельных электростанций. В данной статье территории, находящиеся на расстоянии более 100 км от магистрального газопровода, попадают в категорию «непригодные» по экономическим соображениям.

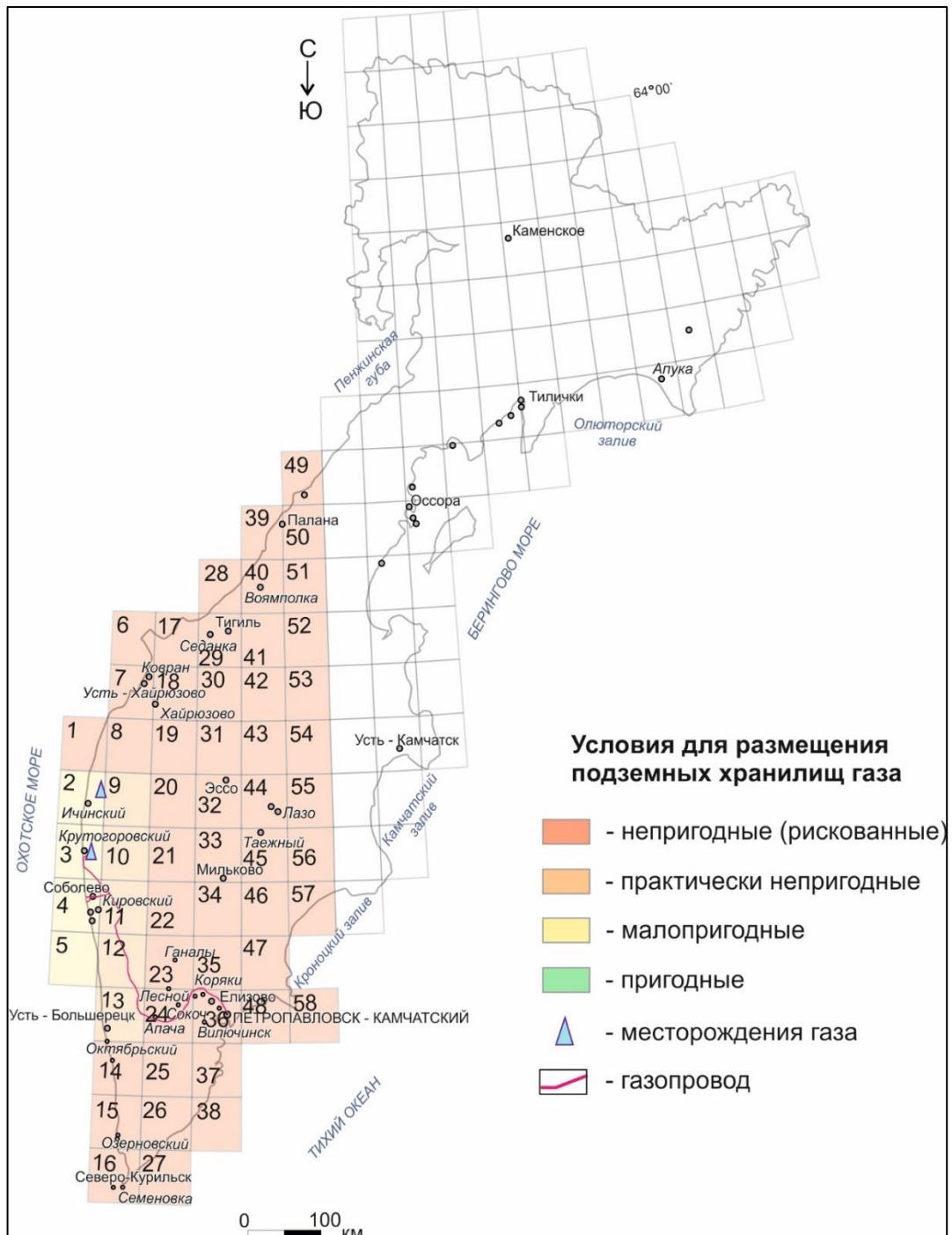


Рис. 14 – Схема типизации Камчатского края по геоэкологическим критериям

В ходе типизации были выделены квадраты, отвечающие условиям создания ПХГ – N-56-18, N-56-12, N-57-13, N-57-7, N-57-19, N-57-26. На западном побережье вулканогенно-осадочные породы неоген-палеогенового возраста, расположенные на выбранных квадратах, характеризуются высокой пористостью и проницаемостью. В качестве покрышек можно рассматривать глины и алевролиты эрмановской и этолонской свиты мощностью около 10-20 м. В квадрате N-57-26, участок, который можно порекомендовать для сооружения ПХГ с использованием сейсмостойких конструкций, ограничен координатами: 53°20' - 53°10' С.Ш. и 157°30' В.Д. к северо-востоку от с. Малки, к северу от пос. Дальний. В качестве предполагаемого пласта коллектора можно рассматривать песчаники и пористые вулканические туфы иртуновской и кирганикской свиты (K2ir, K2kr) Плотниковского горст-антиклинория.

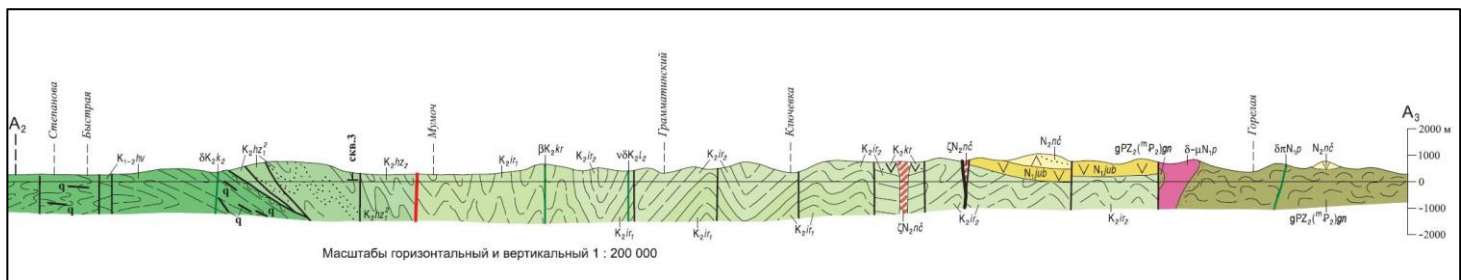


Рис. 15 – Геологический разрез Камчатского края

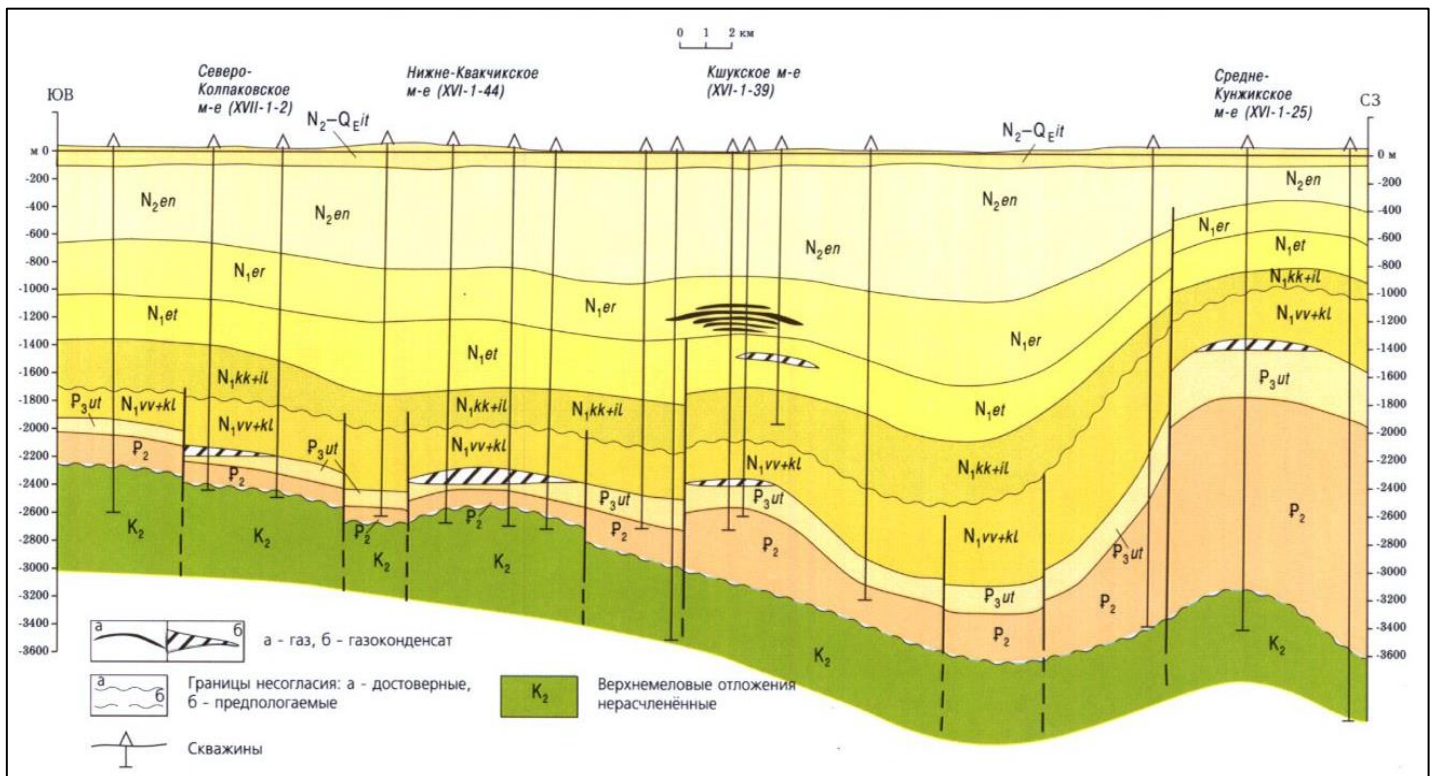


Рис. 16 – Геологическое строение газоконденсатных месторождений Коллаповского прогиба

Я Р Х Н И К М З	Я Х Н И К М З	П А Л Е О Г Е Н О В А Я Р О З О В А Я Р О В А Я Н	О Л И Г О Ц Е Н Н И М И О Ц Е Н Н О В А Я Н	К В А Р Т О В А Я Н	П Л И О Ц Е Н Н О В А Я Н	<p>N₂-Q_{Et} Итжинская толща. Конгломераты, галечники, песчаники, пески, туфоконгломераты, туффиты, суглинки (250м)</p>	
						<p>N₂en Энемтенская свита. Песчаники, туфопесчаники, конгломераты, угли (350м)</p>	<p>Субвулканические фации. Базальты, андезибазальты (αβ), андезиты (α). Андезидациты. Трахиты</p>
						<p>N₁er Эрмановская свита. Конгломераты, песчаники, пески, глины, диатомиты, лигниты, угли (400м)</p>	
						<p>N₁el Этолонская свита. Песчаники, гравелиты, туфы, конгломераты, алевролиты, диатомиты (500м)</p>	
						<p>N₁kk Какертская свита. Туфопесчаники, туфы, туфоалевролиты, аргиллиты, конгломераты, диатомиты (500м)</p>	
						<p>N₁il Ильинская свита. Песчаники, конгломераты, туфопесчаники, алевролиты, туфы, ракушечники, угли (400м)</p>	<p>Субвулканические фации. Андезиты. Дациты, андезидациты (αβ). Трахибазальты, трахидолериты, абсарокиты, кринаниты; трахиандезиты, банакиты (αα); трахиты (τ); шонкиниты, эссекситы, лимбургиты, сиенит-порфиры (επ)</p>
						<p>N₁vv+kl Вивентекская и кулувенская свиты неразделенные. Туффиты, опоки, лепловые туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты (600м)</p>	
						<p>P₃ut Утолокская свита. Туфы, аргиллиты, конгломераты, песчаники, туффиты, гравелиты, туфотесчаники (400м)</p>	
						<p>P₃gk Гажинская свита. Туфоалевролиты, туфопесчаники, туфоаргиллиты, глауконитовые песчаники, гравелиты, конгломераты, туфы, туффиты, опоки (600м)</p>	<p>Аргиллизитовые (дикитовые) метасоматиты</p>
						<p>P₃rt Ратэгинская свита. Песчаники, гравелиты, конгломераты, аргиллиты, глины, угли (700м)</p>	
						<p>P₂kv Ковачинская свита. Алевролиты, аргиллиты, глауконитовые песчаники, конгломераты, туфы (500м). Иргиринская свита (ИГ). Песчаники, конгломераты, глины (350м)</p>	
						<p>P₂sn Снатольская свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли (500-600м)</p>	<p>Группа эоценовых вулканических комплексов. Покровные фации (кинкильская свита): базальты, андезиты, дациты, риолиты, их туфы, песчаники, конгломераты, алевролиты, туффиты (2000м). Субвулканические фации. Базальты, андезиты (α). Дациты, риолиты (λ). Диорит-порфиры. Гранодиорит-порфиры (32, 35, 41 К/Аг)</p>
						<p>P₂np Напанская свита. Аргиллиты, алевролиты, песчаники, конгломераты, угли (500м). Ткаправаямская свита (ТК). Конгломераты, песчаники, алевролиты, мергели, известняки (1200м). Камчикская свита (КМЧ). Конгломераты, песчаники, аргиллиты, ракушечники, угли (750м)</p>	
						<p>P₁hl Хулгунская свита. Конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты (350м). Геткилинская свита (ГТ). Песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты (1800м)</p>	<p>Группа палеоценовых вулканических комплексов. Покровные фации (черепановская толща): андезиты, дациты, их туфы, андезибазальты, туффиты, туфоалевролиты, трахиандезиты (1100м). Субвулканические фации. Андезиты. Дациты, риодациты (λ). Диорит-порфиры, кварцевые диорит-порфиры (qδπ). (55, 64, 66 К/Аг)</p>
<p>K₂-P₁up Устьпаланская свита. Туфы базальтов, трахибазальтов, туфоконгломераты, туффиты (1200м). Кунунская свита (КН). Песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, гравелиты (1500м)</p>							
<p>K₂ir Ирунейская свита. Кремнистые, туфокремнистые породы, глинисто-кремнистые сланцы, базальты, андезиты, их туфы (2500м)</p>	<p>Субвулканические фации. Долериты, андезиты (α). Дациты</p>						
<p>K₂mn Майначская свита. Конгломераты, песчаники, алевролиты, угли (650м)</p>	<p>Диориты, кварцевые диориты (qδ). Гранодиориты. Монодиориты. (76, 79, 91, 92 К/Аг)</p>						

Рис. 17 – Условные обозначения к рисункам 15, 16

4.3. Типизация территории Магаданской области для поиска мест размещения ПХГ и другие варианты газификации

Магаданская область является одним из регионов страны с обширными потенциальными ресурсами минерального сырья. К основным экономически значимым видам минерального сырья относятся запасы благородных и цветных металлов, углеводородов. В недрах Магаданской области сконцентрировано более 11% россыпного и 15% рудного золота, около 50% серебра от общих объемов разведанных запасов этих металлов в России. Природные богатства региона оцениваются в 1,67 трлн. долларов. В Магаданской области развита добыча драгоценных металлов и цветная металлургия. Одним из главных предприятий является «Сусуманский горно-обогатительный комбинат», осуществляющий деятельность на территориях Сусуманского, Тенькинского, Хасынского и Ягоднинского районов, также известная «Омолонская золоторудная компания». Более 80 лет функционирует Магаданский Механический завод, который производит и поставляет оборудование золотодобывающим предприятиям, в т.ч. на экспорт. Важное место в экономике области занимает пищевая промышленность: ООО «Магаданрыба» - крупнейшая компания в России по добыче и переработке дикой креветки; рыбоперерабатывающий завод «Тандем» (с. Гадля, Ольский район) производит 150 видов продукции из горбуши, палтуса, сельди и пр. Энергоснабжение обеспечивают Колымская и Усть-Среднеканская ГЭС общей мощностью 1210,5 МВт, что составляет 90% выработки электроэнергии в регионе. Магаданская ТЭЦ работает на привозном угле, себестоимость которого очень высока. Чтобы добывать ценные ресурсы, обеспечить топливные ресурсы для транспорта и обогрева, необходим газ: для Магаданской области необходимо 630 млн м³ газа в год, из них – 420 млн м³ газа в год для г. Магадан. В статье рассматриваются варианты и способы газоснабжения Магаданской области.

На территории Магаданской области сконцентрировано множество полезных ископаемых, в том числе запасы нефти и газа, тем не менее область не обеспечена энергетическими ресурсами – отопление построено на эксплуатации угольных ТЭС, стоимость дизельного топлива и бензина существенно выше средней по стране за счет необходимости его доставки. При этом жители края остро нуждаются в постоянном источнике энергии из-за климатических особенностей, зимой температура воздуха достигает -50 С°. В последние годы происходит стабильный отток населения. Сооружение подземного хранилища газа (ПХГ) поможет обеспечить развитие инфраструктуры и экономики региона.

На суше запасы газа, приуроченные к Кавинско-Тауйской, Ланковской и Ямской впадине могут содержать более 2 млн м³ на 1 км². Кроме того, крупные газовые месторождения приурочены к шельфу Охотского моря — плотность ресурсов газа в Примагаданской и

Гижигинской впадинах может достигать от 2 до 5 млн м³ на 1 км². В перспективе Магадан может стать центром дальневосточного мореходства, нефтегазодобычи, судостроения и важным транспортным узлом – для этого необходимо создать комфортные условия для проживания людей.

Рассмотрим несколько вариантов газификации Магаданской области:

1) Газификация за счет месторождений Якутии.

Для газификации Магаданской области за счет якутского газа, потребуется строительство газопроводов длиной около 2000 км, что потребует значительных инвестиций, однако позволит попутно газифицировать предприятия и поселки и создать инфраструктуру для дальнейшего использования Магаданского газа. Путь газопровода может проходить вдоль трассы Колыма, потому что рельеф и условия местности не позволяют наметить иных маршрутов. Трудности для такого варианта газификации Магаданской области представляют сложные геологические условия, наличие многолетнемерзлых и скальных пород, плохое состояние дороги на участке Усть-Нера – Якутия, в том числе отсутствие моста через р. Алдан и р. Лена. При прокладке газопровода многие дороги и мосты будут построены или отремонтированы, из-за чего наладится транспортное сообщение между Магаданом и Якутией.

2) Разработка пришельфовых месторождений Магадан-1, Магадан-2, Магадан-3.

Разработка этих месторождений на данный момент не ведется, что обусловлено отсутствием отечественных технологий для освоения шельфовых месторождений.

3) Поставки сжиженного газа автотранспортом из Якутии.

Транспортировка сжиженного газа из Якутии осуществляется в небольших объемах в летний период времени, поскольку зимой дорожно-транспортное сообщение крайне затруднительно. Необходимость в газе в зимний период значительно выше, поэтому можно рассмотреть сооружение хранилища газа для его резервирования.

4) Поставки Сахалинского газа морским транспортом.

Газ, добытый на Сахалине, может быть сжижен и отправлен в Магаданскую область на специальном судне для перевозки сжиженного газа. В настоящее время в РФ уже заложено несколько газотранспортных кораблей. Когда танкер СПГ прибывает в порт и разгружает свой груз, подача газа временно превышает местный и региональный спрос или пропускную способность. Газ в сжиженном виде занимает намного меньший объем, для его резервирования в газообразном виде также целесообразно сооружение хранилища газа.

5) Разработка месторождений газа на суше.

Объем запасов газа на суше Магаданской области намного ниже, чем на шельфе, однако разработка месторождений на суше удовлетворит потребности населения и промышленности на первое десятилетие, пока не начнется освоение шельфа. Для резервирования объемов газа можно рассмотреть сооружение ПХГ.

б) Подземная газификация угля.

Уголь, добываемый на территории Магаданской области - низкого качества, даже ТЭС и котельные оборудованы под привозной уголь. Одним из вариантов получения энергии и тепла является подземное выжигание угля за счет бурения воздухоподающей и продуктивной (эксплуатационной) скважины, розжига угля и выдачи продуктов сжигания на поверхность. По эксплуатационной скважине отводится газовый поток с возможностью отбора тепла. При достаточно высокой газоносности угля (более 8-10 м³/т), добытый из скважин газ, содержащий метан, может использоваться как газообразное топливо, или как генераторный газ для бытовых целей и выработки электроэнергии на тепловых станциях [10].

Поиск мест размещения ПХГ

Территория Магаданской области была разбита на квадраты со сторонами, соответствующими 30' с.ш и 1 градусу в.д. (55,85 км × 58,55 км). Учитывая физико-географические особенности региона, расположение потенциальных потребителей и прогнозных ресурсов газа, на данный момент актуально рассмотрение пришельфовых территорий и участков, для которых транспортная доступность обеспечена близостью с трассой Колыма, всего было выделено 27 таких участков (рис.18). В соответствии с Методикой типизации территорий при поиске мест размещения ПХГ, при поиске мест размещения ПХГ необходимо учитывать геологические, экологические и социально-экономические особенности территорий. Поскольку в Магаданской области к настоящему времени отсутствуют газопроводы, критерий K_{11} не рассматривается в данном исследовании, однако принцип рационального размещения ПХГ реализован за счет выбора исследуемых участков.

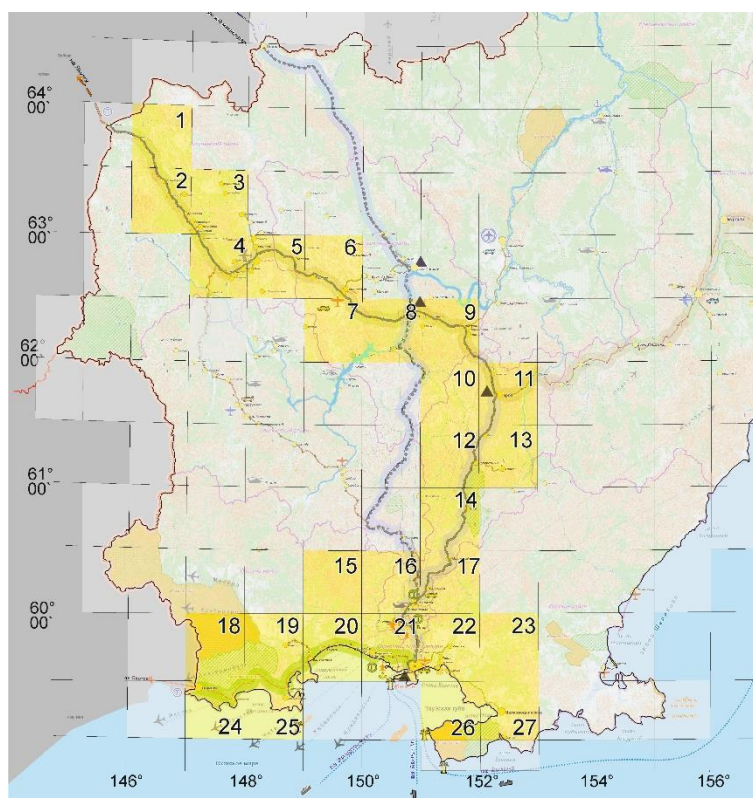


Рис.18 – Перспективные участки для поиска мест размещения ПХГ на территории Магаданской области

С использованием данных о геологии, экологии, населенности и экономике и таблиц № 9 - 19 «Методики типизации территорий для поиска мест размещения подземных хранилищ газа по геоэкологическим и социально-экономическим критериям», составлена таблица для выделенных территорий (табл. 24).

При разбивке территории на квадраты со сторонами $55,85 \times 58,55$ км почти все участки можно охарактеризовать как «непригодные» по одному или нескольким критериям.

Рассмотрим более подробно квадраты №9 и №10, разбив их на равные части со сторонами $18,6 \times 37,1$ км и присвоив внутреннюю нумерацию. Квадрату №9 соответствует лист государственной геологической карты Р-56-14 [41], разрез по линии А-Б-В-Г проходит по участкам 9.3, 9.6, 9.9 (рис.19). Геолого-технологические особенности соседних участков оценивались по аналогии при совпадении характера рельефа и сходной картины на геологической карте. Квадрату №10 соответствует лист государственной геологической карты Р-56-20. Три разреза охватывают все участки, кроме 10.1.

Таблица 24 – Результаты оценки выделенных участков на территории Магаданской области для выбора места расположения ПХГ

№ уч-ка	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	Тип условий для ПХГ
1	5	-	5	3	3	1	1	1	1	1	-	2	1	Непригодные
2	5	-	2	2	3	1	1	1	1	1	-	2	1	Непригодные
3	5	-	1	2	5	1	1	1	1	5	-	1	1	Непригодные
4	4	3	5	2	3	1	3	1	1	1	-	1	1	Непригодные
5	4	3	5	5	3	1	1	1	1	1	-	1	1	Непригодные
6	4	-	5	5	4	1	1	1	1	1	-	1	1	Непригодные
7	4	3	3	5	4	1	1	1	1	5	-	2	1	Непригодные
8	3	4	4	4	4	1	4	1	1	1	-	1	1	Практически непригодные
9	3	-	2	2	3	1	3	1	1	1	-	1	1	Малопригодные
10	3	-	2	3	3	1	1	1	1	1	-	2	1	Малопригодные
11	3	-	2	4	4	1	3	1	1	5	-	2	1	Непригодные
12	3	5	2	2	5	1	1	1	1	5	-	2	1	Непригодные
13	4	4	2	2	4	1	3	1	1	5	-	1	1	Непригодные
14	4	-	2	3	3	1	1	1	1	1	-	1	1	Практически непригодные
15	3	-	5	4	5	1	1	1	1	1	-	2	1	Непригодные
16	4	5	3	3	3	1	4	1	1	5	-	1	1	Непригодные
17	4	-	2	5	4	1	1	1	1	5	-	2	1	Непригодные
18	3	-	1	2	4	1	1	5	1	1	-	2	1	Непригодные
19	3	-	1	2	4	1	4	5	1	1	-	1	1	Непригодные
20	3	-	4	2	4	1	1	1	1	5	-	1	1	Непригодные
21	4	3	3	5	5	3	1	1	1	5	-	1	1	Непригодные
22	4	4	1	3	5	1	4	1	1	5	-	1	1	Непригодные
23	5	-	2	5	-	1	1	1	1	5	-	2	1	Непригодные
24	3	-	1	2	4	1	1	1	1	5	-	2	1	Непригодные
25	3	-	1	5	4	1	1	1	1	5	-	2	1	Непригодные
26	4	-	3	5	4	1	4	5	1	1	-	2	1	Непригодные
27	5	-	1	5	-	1	1	1	1	5	-	2	1	Непригодные

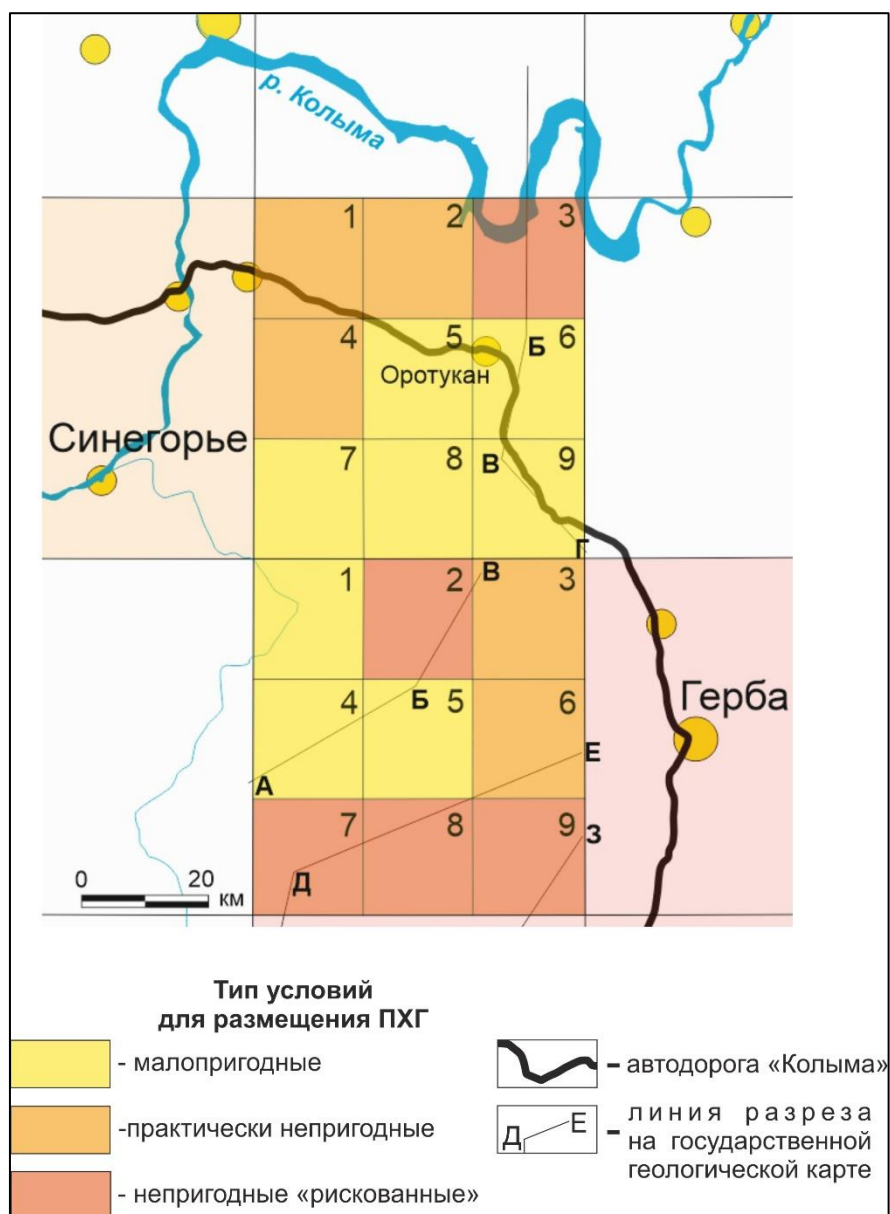


Рис. 19 - Квадраты №9 и №10 - результаты оценки выделенных участков по пригодности для строительства ПХГ

Таблица 25 - Результаты оценки квадратов №9, №10 на территории Магаданской области для выбора места расположения ПХГ

№ участка	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	Тип условий для ПХГ
9.1	3	-	1	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Практически непригодные
9.2	3	-	1	3	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Практически непригодные
9.3	3	-	3	4	5	1	1	1	1	1	-	1	2	Непригодные
9.4	3	-	1	3	3	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодные
9.5	3	-	1	3	3	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодные
9.6	3	-	1	3	3	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодные
9.7	3	-	2	3	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодные
9.8	3	-	1	3	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодные
9.9	3	-	1	3	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодные
10.1	3	-	3	2	3	1	1	1	1	1	-	2	2	Малопригодные
10.2	3	-	3	5	2	1	1	1	1	1	-	2	2	Непригодные
10.3	3	-	2	4	3	1	1	1	1	1	-	2	2	Практически непригодные
10.4	3	-	2	2	3	1	1	1	1	1	-	2	2	Малопригодные
10.5	3	-	2	1	2	1	1	1	1	1	-	2	2	Малопригодные
10.6	3	-	1	2	4	1	1	1	1	1	-	2	2	Практически непригодные
10.7	3	-	3	2	5	1	1	1	1	1	-	2	2	Непригодные
10.8	3	3	3	2	5	1	1	1	1	5	-	2	2	Непригодные
10.9	3	4	1	2	4	1	1	1	1	5	-	2	2	Непригодные

Для оценки геологического строения рассматривались геологические карты масштаба 1:200 000, представленные на сайте ФГУП ВСЕГЕИ им. Карпинского [52].

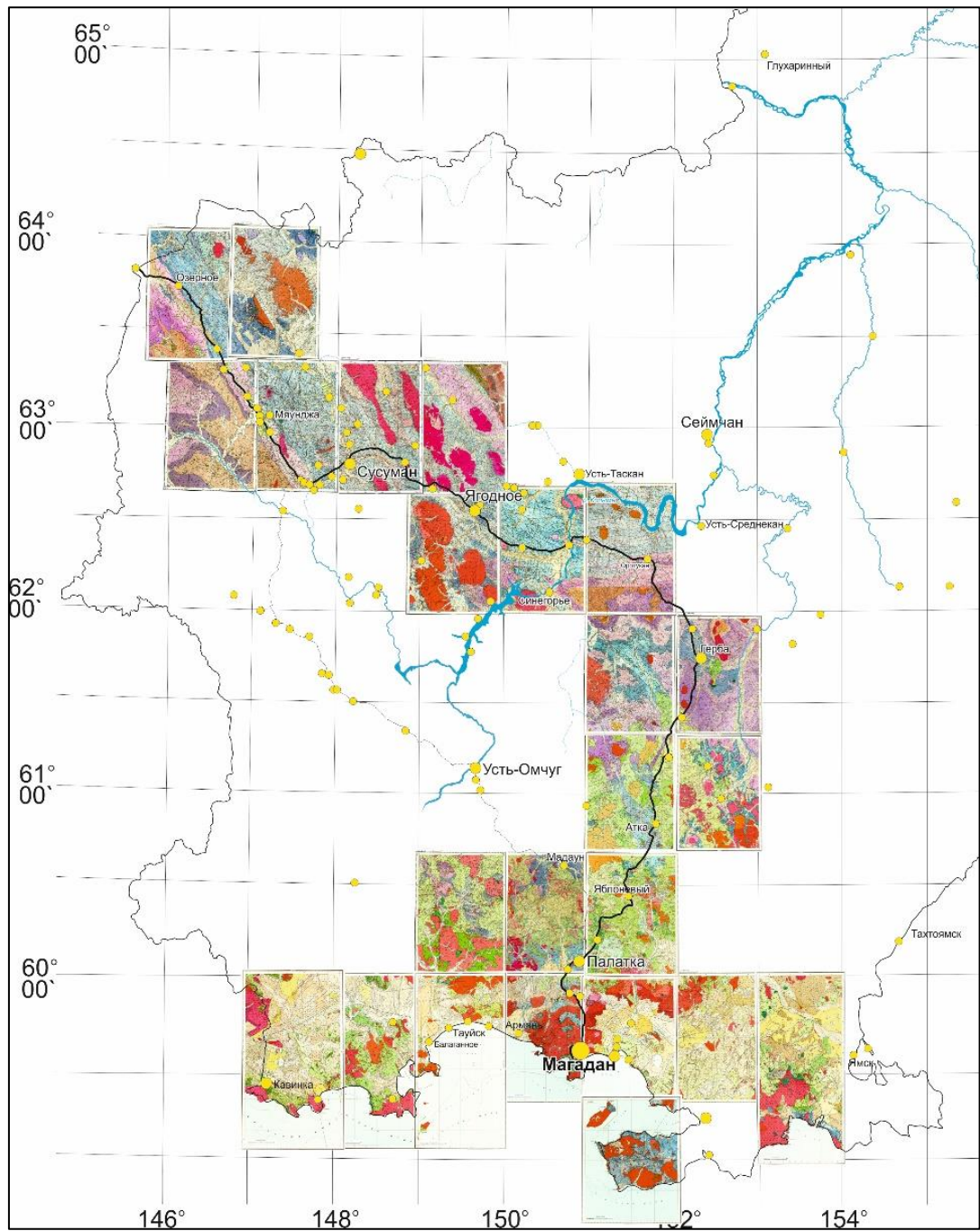


Рис. 20 – Схема привязки листов государственной геологической карты

В границах квадратов №9, удовлетворяющего по экологическим и социально-экономическим критериям, в качестве пласта коллектора предварительно можно рассматривать известковистые песчаники верхнего отдела Пермской системы. В качестве покрывки – алевролиты индского яруса нижнего отдела Триасовой системы (рис. 21) В квадрате №10 – прослой песчаников среднеканской свиты.

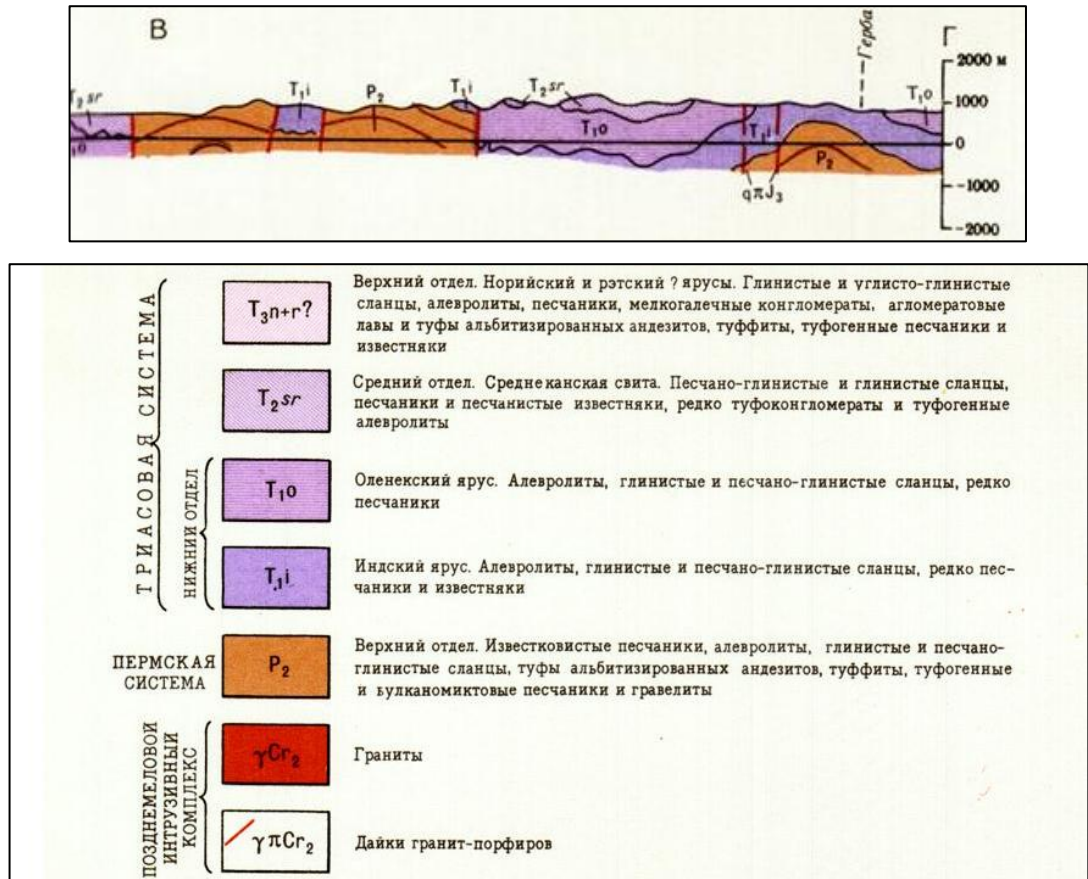


Рис. 21 – Геологическое строение квадрата №9

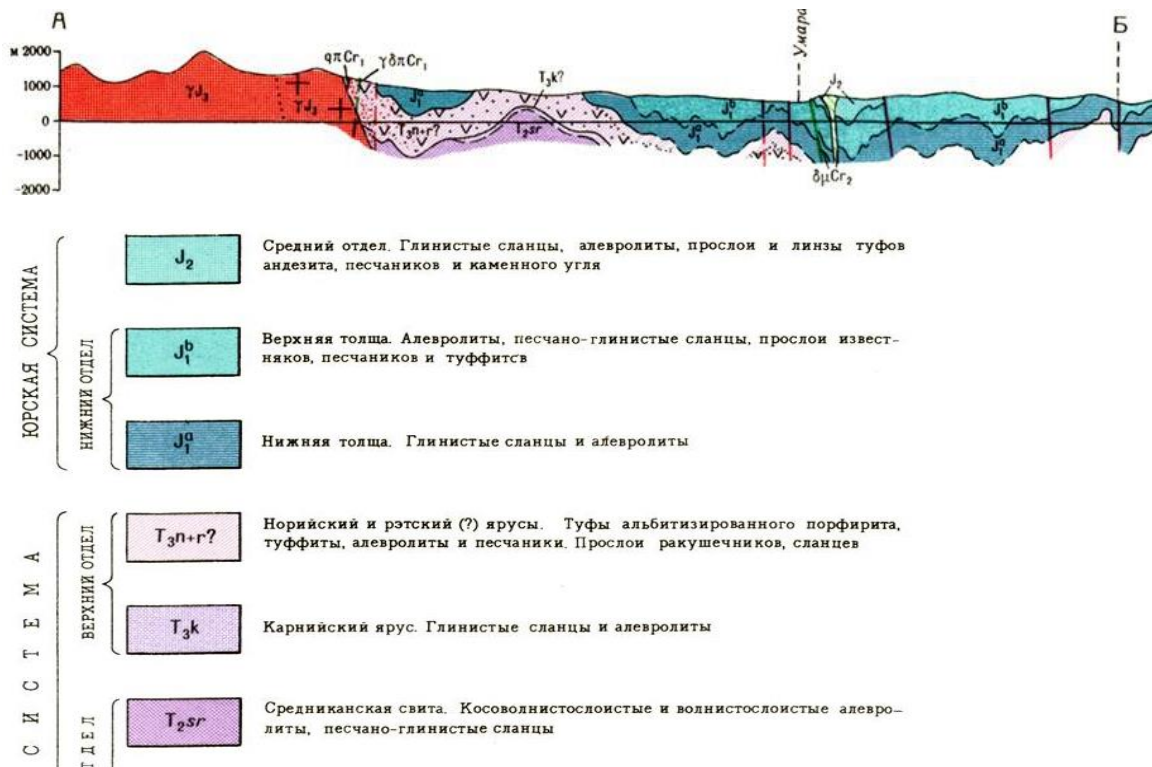


Рис. 22 – Геологическое строение квадрата №10

В связи со сложными геологическими условиями, участками высокой сейсмичности, проявлениями криогенных процессов, большими площадями рекреационных территорий, на территории Магаданской области отсутствуют участки, с благоприятными условиями для строительства ПХГ. В результате проведенного исследования были выделены участки, охарактеризованные как «малопригодные». В условиях нехватки энергоресурсов и необходимости развития инфраструктуры, представляется возможным рассмотреть данные участки и способы сооружения ПХГ с применением химических и физических методов по увеличению фильтрационно-емкостных параметров пласта, которые обычно используют для повышения нефтегазоотдачи, подземных взрывных работ или сооружения наклонно-направленных скважин.

4.4. Типизация территорий Чукотского АО

Население Чукотского автономного округа составляет около 50 тыс. человек, но опыт развития Аляски показывает, что при развитии инфраструктуры и энергетики, даже районы с таким суровым климатом могут развиваться. Данная статья посвящена вопросам устойчивого развития Чукотского АО за счет газификации и создания подземного хранилища газа (ПХГ). При наличии стабильного источника энергии будет происходить расширение производства, строительство дорог, общий экономический подъем и рост численности населения. Президент России В.В. Путин обозначил, что экономическое и социальное развитие Дальнего Востока – приоритет страны на XXI век. Качество и достойная жизнь человека должны быть основными направлениями — это особенно актуально для Чукотского АО.

Чукотский АО занимает 2-е место в РФ по объему добычи золота (в среднем добывают 29 тонн золота в год). Проблемы развития энергетической отрасли региона уже начали решаться Правительством России. На мысе Обсервации работает самая крупная в Арктической зоне ветрогенераторная станция, намечено строительство еще нескольких таких станций, в том числе в селах Усть-Белая, Канчалан, поселке Беринговский. Для обеспечения энергией труднодоступных поселений планируется использование энергоустановок на солнечной энергии в восьми селах Анадырского и Билибинского районов. 19 декабря 2019 года в г. Певек заработала плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) «Академик Ломоносов» (рис. 23). Электрическая мощность станции – 70 МВт, тепловая мощность – 50 Гкал/ч. Этого достаточно для обеспечения энергией города с населением около 100 000 человек. Такие мощности необходимы не только для обогрева небольших городов Чукотки, но и для добычи природных

ресурсов Арктики, а также для обеспечения военной безопасности. Кроме того, северная часть Чукотского АО обеспечена электроэнергией за счет Билибинской АЭС, мощностью 45 МВт, вырабатывающей как электрическую, так и тепловую энергию. Билибинская АЭС будет работать как минимум до 2025 года, однако уже с 2018 года стоит вопрос о выводе из эксплуатации. Вместо неё начато строительство ТЭС мощностью 25 МВт, которая в перспективе должна работать на газу. Для сравнения, чтобы начать разработку медно-золотого месторождения Песчанка необходимо 220 МВт. Для наработки недостающей энергии планируются работы по строительству ЛЭП из Магаданской области по маршруту пос. Омсукчан – Омолон – месторождение Песчанка, золотосеребряное месторождение Кекура – Билибино. Строительство высоковольтных линий в условиях Чукотского климата связано со множеством проблем – опоры для вышек будут расположены на подвижных многолетнемерзлых породах, будет происходить обледенение проводов и т. д. Использование атомной энергетики в арктических условиях довольно рискованно из-за замедленных процессов самоочищения экосистем и опасности распространения радиоактивного загрязнения подо льдом. Для устойчивого энерго- и тепло-снабжения в условиях севера целесообразно сочетание использования электроэнергии и природного газа.

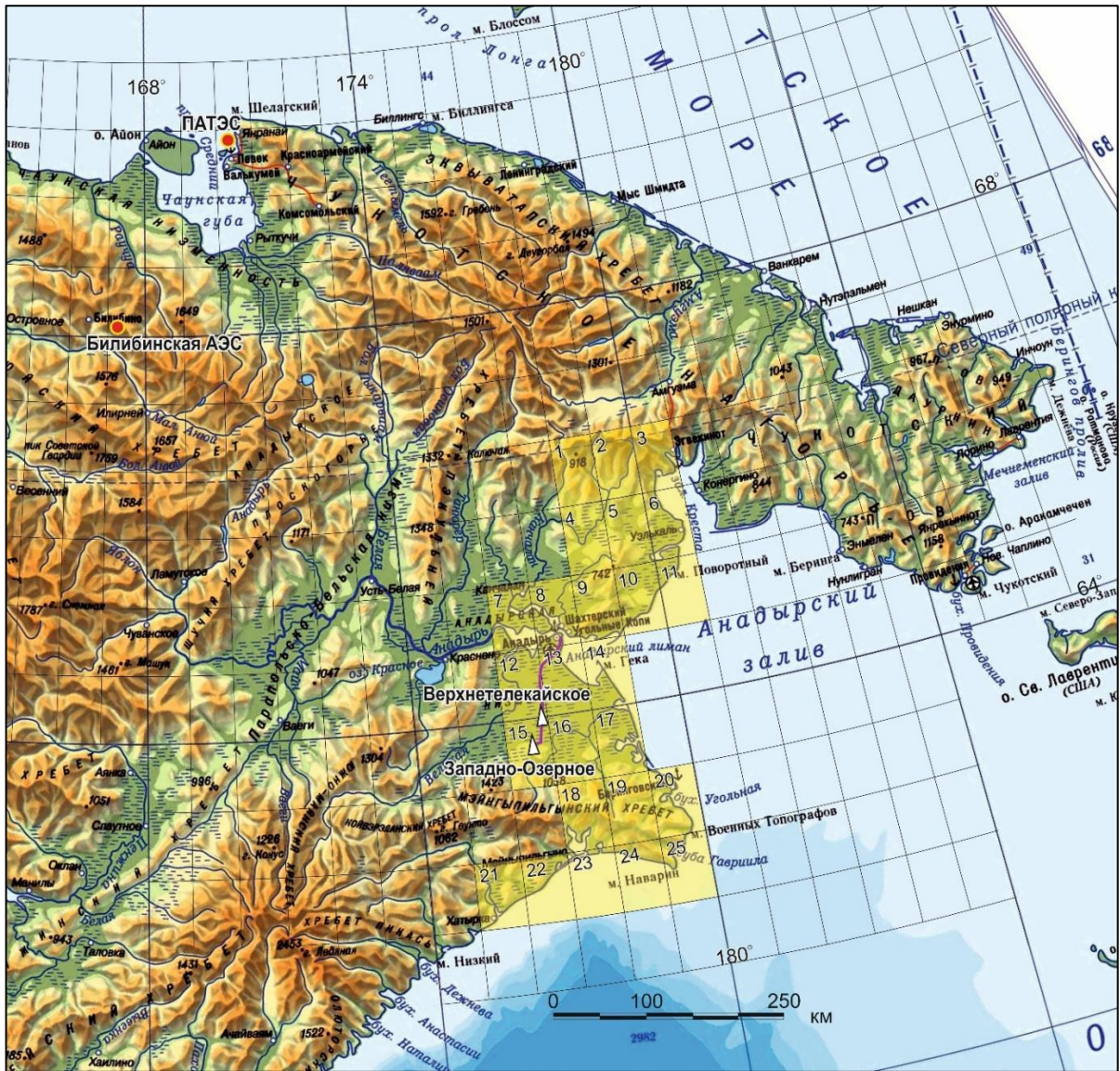


Рис. 23 – Район изучения территории Чукотского АО для поиска мест размещения ПХГ

На территории Чукотского АО в Анадырском районе неподалеку друг от друга находятся Западно-Озёрное и Верхне-Телекайское месторождения (рис.23) с общим объемом газа 6,4 млрд м³. От Западно-Озерного месторождения до г. Анадырь проложен магистральный газопровод длиной 103 км. Пропускная способность газопровода составляет около 100 млн м³ газа в год, месторождение же может выдавать втрое больший объём. В 2018 году добыто 31,15 млн м³ газа. Запасов газа только Западно-Озерного месторождения хватит на несколько десятков лет. Анадырская ТЭЦ имеет необходимое оборудование для перехода на газ. Поскольку в Чукотском АО активно ведется добыча бурого угля (139 тыс. тонн за 2019 г.), он является основным топливом для Анадырской ТЭЦ и Эгвекинотской ГРЭС. Перевод котлов Анадырской ТЭЦ с угля на газ положительно скажется на экологии района.

Наличие ПХГ дает возможность резервирования энергетических ресурсов, что особенно важно в условиях сурового климата. Для сооружения ПХГ требуются определенные условия.

ПХГ оказывает вредное воздействие на окружающую среду, а также может само подвергаться опасным процессам. Землетрясения, наледи и другие процессы – могут повредить подземные коммуникации и сооружения промышленной площадки, поэтому от грамотного размещения ПХГ зависит его эффективная и безаварийная эксплуатация.

Для поиска подходящего участка размещения ПХГ, территория Чукотского АО была разбита на квадраты со сторонами, соответствующими $40'$ по широте и $1'$ градусу по долготе (примерно $55,85 \text{ км} \times 39,2 \text{ км}$). Учитывая физико-географические особенности региона, расположение потенциальных потребителей и прогнозных ресурсов газа, на данный момент актуально рассмотрение территорий в зоне опережающего развития Анадырской промышленной зоны, всего было выделено 25 участков для изучения (Рис 23).

В соответствии с Методикой типизации территорий при поиске мест размещения ПХГ, при поиске мест размещения ПХГ необходимо учитывать геологические, экологические и социально-экономические особенности территорий.

С использованием данных о геологии, экологии, населенности и экономике и таблиц №9-19 «Методики типизации территорий для поиска мест размещения подземных хранилищ газа по геоэкологическим и социально-экономическим критериям», составлена таблица для выделенных территорий (табл. 26).

Поскольку газопровод в Чукотской АО имеет небольшую длину и функционирует в системе «месторождение-потребитель», а также учитывая характер расселения людей, при развитии газоснабжения рационально продление газопровода, поэтому коэффициент K_{11} для данной территории использовать не целесообразно.

В северной части района изучения в соответствии с картами ОСР-2016 В, расположена зона повышенной сейсмической активности (8 баллов). На участках №12-17 находятся ООПТ – Государственные природные заказники регионального значения. Древесная растительность практически полностью отсутствует в районе изучения, за исключением ООПТ и их охранных зон.

На территории Анадырского района мощная пачка глинистых пород венчает разрез сантонских отложений и может рассматриваться как региональная покрывка [1]. Нижележащие морские песчаники и алевролиты верхнего альба-нижнего сантона, обладающие хорошими коллекторскими свойствами могут считаться потенциально перспективными в качестве пласта-коллектора.

Таблица 26 – Результаты оценки выделенных участков на территории Чукотского АО области для выбора места расположения ПХГ

№	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	Тип условий
1	3	1	3	2	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодный
2	3	2	3	2	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодный
3	3	1	3	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
4	3	1	4	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
5	3	1	3	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
6	3	1	3	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
7	3	1	3	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
8	3	1	3	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
9	3	1	3	4	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
10	3	1	3	4	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
11	3	1	3	4	5	1	1	1	1	1	-	1	2	Непригодный
12	3	1	3	3	5	1	3	5	1	1	-	1	2	Непригодный
13	3	1	3	3	5	1	3	5	1	1	-	1	2	Непригодный
14	3	1	3	1	1	1	3	5	1	1	-	1	2	Непригодный
15	4	1	3	1	1	1	3	5	1	1	-	1	2	Непригодный
16	4	1	4	1	1	1	3	5	1	1	-	1	2	Непригодный
17	4	1	3	3	3	1	3	5	1	1	-	1	2	Непригодный
18	4	1	3	4	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
19	4	1	3	4	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
20	3	3	3	4	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный
21	3	1	3	3	2	1	1	1	1	1	-	1	2	Малопригодный
22	3	1	3	3	5	1	1	1	1	1	-	1	2	Непригодный
23	3	1	3	3	5	1	1	1	1	1	-	1	2	Непригодный
24	3	1	3	4	5	1	1	1	1	1	-	1	2	Непригодный
25	3	1	3	4	4	1	1	1	1	1	-	1	2	Пр. непригодный

По результатам типизации «особо-пригодные» и «пригодные» территории для сооружения ПХГ отсутствуют. «Малопригодные» типы территорий выделены в районе г. Эгвекино и с. Хатырка (Рис. 24). При сооружении ПХГ в районе г. Эгвекино потребуется продлить газопровод от Анадыря. Поскольку в Эгвекино есть морской порт, появится возможность заполнить ПХГ привозным газом в летний период, при необходимости подав его и в Анадырь. Из г. Эгвекино проложена дорога вглубь материка, вдоль нее удобно проложение газопровода для газификации населенных пунктов, например Амгуэмы – обеспечение энергией даст возможность для роста села и численности населения, развития производства. Таким образом при сооружении ПХГ в районе г. Эгвекино в Чукотском АО будет заложена основа для единой регулируемой сети газоснабжения. Это соответствует Стратегии развития Чукотского АО на период до 2030 г. [63], где планируется объединение Эгвекинского и Анадырского энергоузлов. Для освоения такой большой территории, как Чукотский АО, необходимо развитие нескольких городских центров, пока что таким очагом является лишь Анадырь. Одной из

проблем освоения является отсутствие дорог – транспортное сообщение осуществляется по зимникам или вертолетом. Село Хатырка не имеет дорожного сообщения с г. Анадырь, транспортное сообщение осуществляется по зимней дороге с пос. Беринговский. Расположение ПХГ в районе с. Хатырка имело бы выгодное положение при наличии морского порта.

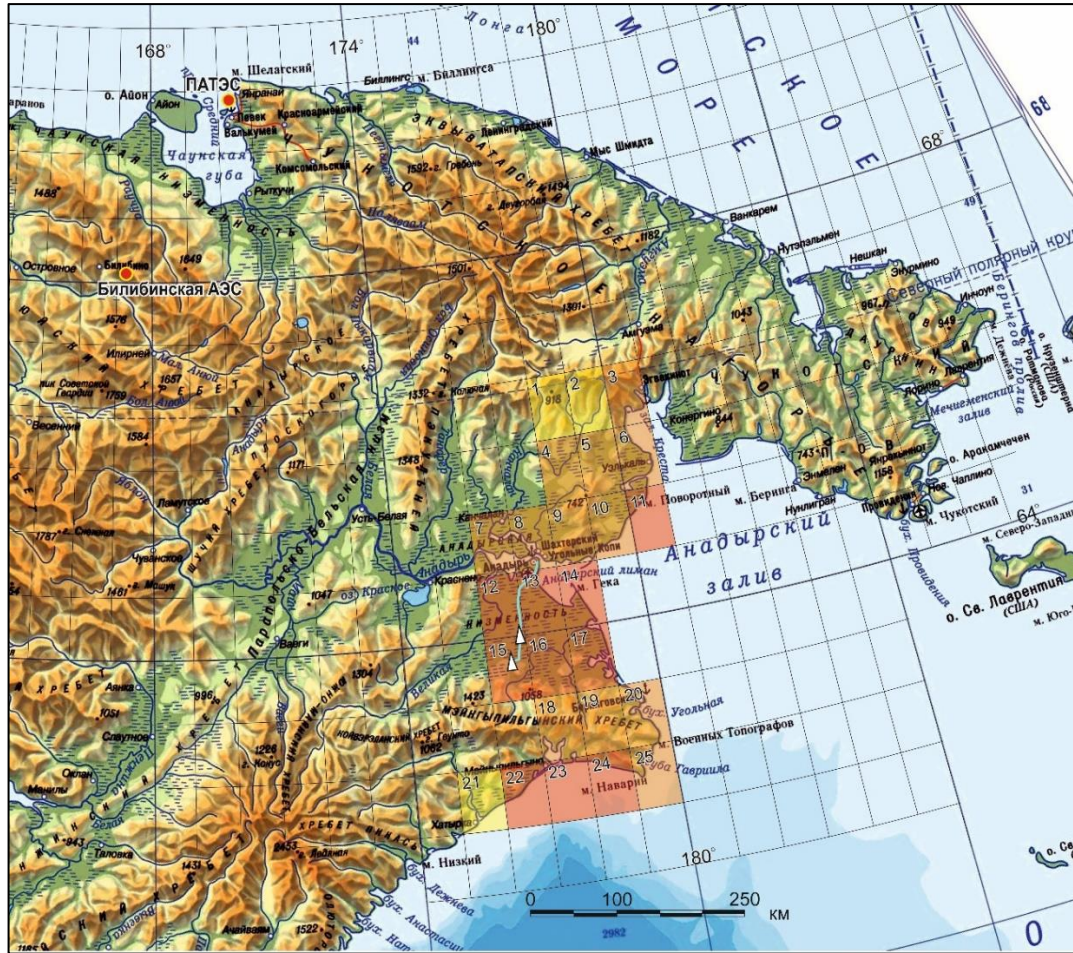


Рис. 24 – Результаты типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ

Большой проблемой для сооружения ПХГ в Чукотском АО является повсеместное развитие криогенных процессов, в особенности наледеобразования. Снижение или полное устранение наледной опасности возможно посредством ликвидации наледеобразующего источника или управления процессом растекания и намораживания воды. Против наледей применяются такие инженерные методы, как земляные валы, резервные выемки, утепление и спрямление рек, ручьев и др.

Чукотский АО имеет низкую изученность и, возможно, там скрыто еще много неразведанных полезных ресурсов. Создание ПХГ, наряду с эксплуатацией ПАТЭС, может стать

основой устойчивого и экологичного обеспечения энергоресурсами и дать толчок для развития региона.

4.5. Поиск мест размещения ПХГ в Сахалинской области

В Сахалинской области, включающей в себя остров Сахалин и Курильские острова, на шельфе Охотского моря и Татарского пролива сосредоточены огромные запасы углеводородных ресурсов. Всего на шельфе Сахалина открыто девять нефтегазоносных участков с совокупными запасами 1,19 трлн м³ газа, 3944 млн тонн нефти и 88,5 млн тонн газового конденсата. Часть газа идет на экспорт, другая поступает в газопровод Сахалин-Хабаровск-Владивосток. При диаметре 1220 мм газопровод обладает пропускной способностью 30 млрд м³ газа в год. Протяженность составляет 1800 км. Наиболее сложный участок – двухниточный переход под проливом Босфор-Восточный выполнен методом наклонно-направленного бурения в скальных породах. На сейсмически активных участках используется система геотехнического мониторинга, позволяющая отслеживать состояние газопровода.

Проект Сахалин-1 предусматривает разработку трех морских месторождений – Чайво, Одопту-море и Аркутун-Даги, расположенных на северо-восточном шельфе острова Сахалин в акватории Охотского моря в суровых субарктических условиях. Запасы оценены в 264,2 млн т нефти и 481,5 млрд м³ газа.

Для разработки месторождения Чайво была построена наземная буровая установка «Ястреб», освоение началось в 2003 году. Нефтегазоконденсатное месторождение Чайво расположено в 70 км восточнее посёлка Ноглики, в 12 км от береговой линии в пределах Северо-Восточного шельфа и приурочено к зоне сочленения Пильтунской и Чайвинской синклиналиных зон. В отложениях нутовского горизонта выявлено 18 продуктивных горизонтов в пластовых залежах сводового типа. По окончании работ буровая установка была разобрана, модифицирована и перемещена на месторождение Одопту, где в 2009 году приступила к бурению. Установка «Ястреб» осуществляет бурение наклонно-направленных скважин с берега для добычи нефти на шельфе (бурение с большим отходом забоя от вертикали). Установка «Ястреб» спроектирована для работы в сейсмически активных условиях и при температурах до минус 40 градусов по Цельсию. Установка состоит из трех секций: буровой вышки (ее высота 213 м), которая передвигается по рельсам, цеха подготовки бурового раствора (там же находятся двигатели, генераторы буровой установки) и трубного цеха.

В 2014 году на месторождении Аркутун Даги приступила к работе похожая морская платформа «Беркут».

Сахалин-2 – это нефтегазовый проект по разработке Пильтун-Астохского и Лунского газоконденсатных месторождений на шельфе Охотского моря, запасы оценены в 182,4 млн т нефти и 633,6 млрд м³ газа. Добыча ведется с трех морских платформ, откуда сырье попадает в береговой технологический комплекс. С этих же месторождений поступает газ в газопровод Сахалин-Хабаровск-Владивосток.

Сахалин-3 – это перспективный нефтегазовый проект на Киринском, Мынгинском, Венинских, Аяшском и Восточно-Одоптинском месторождениях. Прогнозные ресурсы составляют 700 млн т нефти и 1,3 трлн. м³ газа.

На месторождениях Сахалина добывается нефть, обогащенная газом. В процессе добычи газ отделяют от нефти, а затем закачивают обратно для поддержания пластового давления и увеличения нефтеотдачи. Для целей временного хранения газа, для газоснабжения населения острова и для обеспечения мобильности экспортных поставок целесообразно создание ПХГ.

Для поиска места размещения ПХГ территория острова была разбита на квадраты по географическому принципу, каждый квадрат оценивался по геолого-технологическим, экологическим и социально-экономическим критериям в соответствии с разработанной Методикой. Результаты типизации приведены в таблице 27. Данные о геологии взяты из Государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000, представленной на сайте ВСЕГЕИ им. Карпинского. Данные о расположении ООПТ и других объектов взяты и утвержденной схемы территориального планирования Сахалинской области, представленной на сайте администрации области.

По результатам типизации из-за высокой сейсмической активности острова Сахалин (ОСР-2016 В) не обнаружены территории, пригодные для сооружения ПХГ. На острове развиты опасные геологические процессы, такие как сели, оползни, пучение грунтов, снежные лавины, которые могут представлять опасность для ПХГ.

Поскольку квадрат №19 относится к поясу 8-балльной сейсмичности, в отличие от остальной территории Сахалина с сейсмичностью на уровне 9 баллов, он был разбит на 9 участков и протипизирован в укрупненном масштабе (табл. 28).

Таблица 27 – Результаты типизации территорий о. Сахалин для поиска мест размещения ПХГ

№	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	Тип условий
1	5	1	3	5	5	1	5	5	1	5	1	2	2	Непригодные
2	5	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	Непригодные
3	5	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
4	5	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
5	5	1	3	2	1	1	4	5	1	5	4	1	2	Непригодные
6	5	1	3	4	1	1	5	1	1	1	1	1	2	Непригодные
7	5	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
8	5	1	3	5	1	1	2	5	1	5	1	1	2	Непригодные
9	5	1	4	1	1	1	5	5	1	5	1	1	2	Непригодные
10	5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
11	5	1	3	5	2	1	3	5	1	5	1	1	2	Непригодные
12	5	1	3	2	5	1	4	5	1	5	1	1	2	Непригодные
13	5	3	2	1	1	1	1	5	1	5	1	1	2	Непригодные
14	5	2	5	2	5	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
15	5	1	5	5	3	1	3	5	1	5	1	1	2	Непригодные
16	5	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1	2	2	Непригодные
17	4	1	5	5	4	1	3	5	1	5	1	1	2	Непригодные
18	5	1	5	4	3	1	4	1	1	1	1	1	2	Непригодные
19	4	1	5	5	5	1	3	5	1	5	1	1	2	Непригодные
20	4	1	3	5	3	1	2	1	1	1	4	2	2	Непригодные
21	5	1	3	4	2	1	1	1	1	1	2	1	2	Непригодные
22	5	1	5	5	2	1	4	5	1	5	1	1	2	Непригодные
23	4	4	3	4	2	1	1	5	1	5	1	1	2	Непригодные
24	4	1	3	5	5	1	1	5	1	5	4	1	2	Непригодные
25	5	1	3	4	2	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
26	5	1	5	5	2	1	1	5	1	5	1	1	2	Непригодные
27	5	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
28	5	4	4	4	4	1	4	5	1	5	1	1	2	Непригодные
29	5	3	5	5	2	1	2	1	1	1	1	1	2	Непригодные
30	5	3	5	5	2	3	1	5	1	5	1	1	2	Непригодные
31	4	1	3	5	2	1	1	5	1	5	1	1	2	Непригодные
32	5	1	3	4	5	1	2	1	1	1	1	1	2	Непригодные
33	5	1	3	4	5	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
34	4	1	3	5	5	1	1	5	1	5	1	2	2	Непригодные
35	5	1	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные

Таблица 28 – Результаты укрупненной типизации квадрата №19 для поиска мест размещения ПХГ

№ уч.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	Тип условий
19.1	5	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
19.2	4	1	5	3	3	1	1	1	1	1	1	1	2	Непригодные
19.3	4	1	5	3	3	1	1	1	1	1	3	1	2	Непригодные
19.4	5	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	Непригодные
19.5	4	1	3	5	5	1	4	1	1	1	1	1	2	Непригодные
19.6	4	1	4	3	3	1	1	1	1	1	3	1	2	Пр. непригодные
19.7	5	1	2	1	5	1	3	1	1	1	1	1	2	Непригодные
19.8	4	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	Пр. непригодные
19.9	4	1	2	-	-	1	2	5	1	5	3	1	2	Непригодные



Рис.25 - Результаты укрупненной типизации квадрата №19 для поиска мест размещения ПХГ

По результатам типизации участки №19.6 и №19.8 относятся к типу «практически непригодные» из-за 8-ми балльной сейсмичности, однако по другим параметрам они не противоречат строительству ПХГ, поэтому там можно допустить сооружение ПХГ с использованием сейсмостойких конструкций.

Геологический разрез осадочного чехла шельфа Охотского моря представляет собой чередования песков и глин (рис.4), что создает возможность создания Подводного Подземного Хранилища Газа (ППХГ). Закачка и откачка газа может осуществляться с берега по принципу наземной буровой установки «Ястреб» (рис.26) или с морской буровой платформы. Возможна закачка газа в непродуктивные пласты песков нутовской свиты или в истощенные газонефтяные месторождения. При расположении промышленной площадки ППХГ на суше (рис.27) и сооружении наклонно-направленных скважин, будут сокращены расходы на строительство морских платформ, отрицательное воздействие на прибрежную зону будет минимальным.

Поскольку основная часть населения сосредоточена в южной части Сахалина, предлагается рассмотреть возможность создания ПХГ в Нутовском горизонте в заливе Анива (квадраты №33 и №34), где сейсмическая активность оценивается в 7 баллов. Там расположен завод по производству сжиженного природного газа (СПГ).

На острове Сахалин развита газотранспортная инфраструктура, рассчитанная на поставки газа на материк и на экспорт. С учетом обширнейших запасов газа на шельфе Охотского моря и необходимости газификации населенных пунктов Сахалина, и Курильским островам,

целесообразно сооружение ПХГ. Поскольку геологическое строение Сахалина очень сложное – с наличием скальных пород и круто-залегающих структур, а также из-за широкого развития опасных геологических процессов и высокой сейсмичности, предлагается рассмотреть возможность опытно-промышленного сооружения подводного подземного хранилища газа (ППХГ) на шельфе северо-восточной части острова или в заливе Анива с применением наклонно-направленных скважин. Предполагаемое расположение подводных подземных хранилищ газа представлено в приложении 1. Анализ применяемых технологий по добыче и транспортировке углеводородного сырья указывает на принципиальную возможность сооружения подобного объекта. При расположении промышленной площадки ППХГ на суше, отрицательное экологическое воздействие на прибрежную зону будет минимальным.



Рис. 26 - Схема бурения с большим отходом от вертикали с БУ «Ястреб»

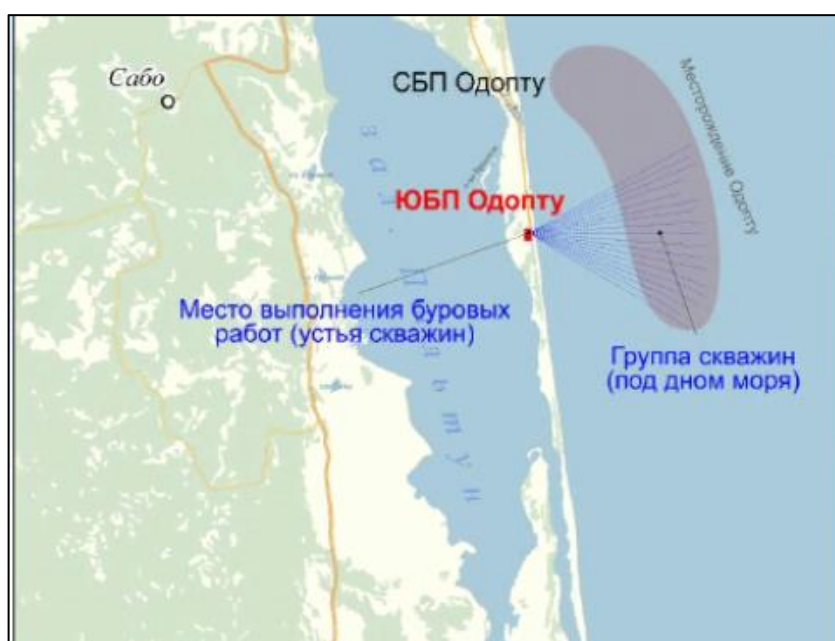


Рис. 27 – Карта-схема расположения наклонно-направленных скважин для разработки месторождения Одопту

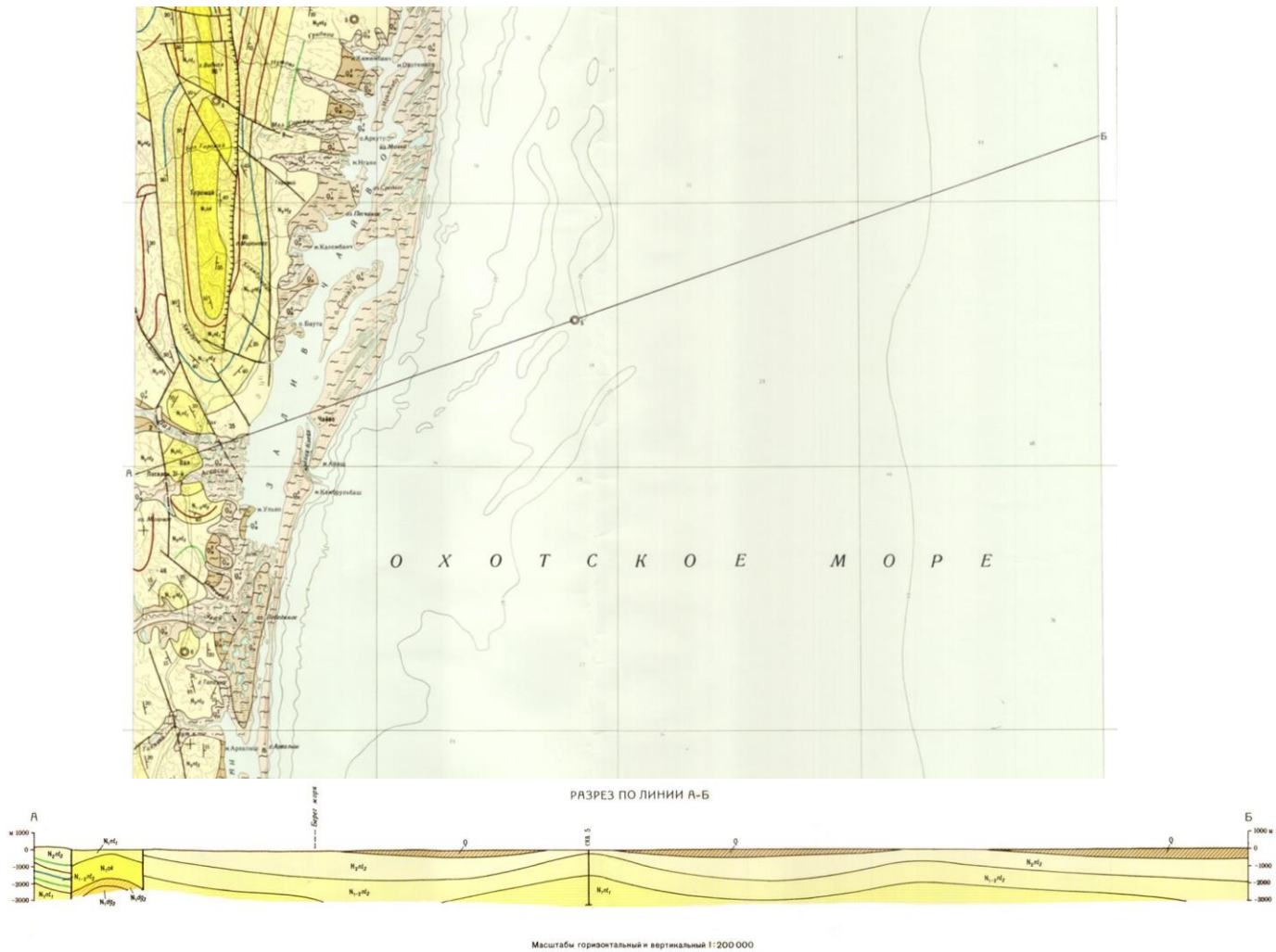


Рис. 28 – Геологическое строение в квартале №10, в районе Чайвинского и Акутун-Дагинского месторождения

На Курильских островах имеются запасы газа и рения. К 2020 году энергоснабжение осуществляется дизельными электростанциями, завоз топлива исключительно морем. На Курильских островах есть большой потенциал для использования геотермальной энергии, однако 2 проекта, реализованные там, ныне приостановлены из-за технических проблем. Геотермальная станция Океанская работала на Курилах с 2011 по 2014 год, в составе комплекса было 2 энергомодуля, а также подстанции и кабельная линия до Курильска. Другая курильская ГеоТЭС - "Менделеевская", построена в 2003 году на Кунашире, потеряла одну из четырех скважин. Оборудование устарело. Потенциально перспективно использование Геотермальных циркуляционных систем (ГЦС) для извлечения тепловой энергии из недр Земли с целью её использования для теплоснабжения или производства электроэнергии. От традиционных геотермальных систем отличается тем, что отработанный теплоноситель закачивается обратно под землю. Поскольку геотермальная вода, после её отработки, закачивается обратно под землю, то полностью исключается возможность загрязнения окружающей среды минерализованными

водами, а при использовании двухконтурных систем — и выброса в атмосферу диоксида углерода. Возможная эффективная энергия электрическая мощность около 1,5 МВт.

Геотермальная энергия эффективна для отопления теплично-парникового комплекса.

Даже при установке вектора развития на использование геотермальной энергии, для обновления существующих объектов геотермальной энергетики и создания новых ГЦС также потребуется энергия.

Для энергоснабжения промышленных предприятий и жителей можно использовать газ. Это позволило бы расширить производственные мощности и обеспечить граждан электроэнергией и теплом. Создание ПХГ в условиях высокой сейсмичности и сложных геологических условий очень рискованно, поэтому для резервирования газа можно использовать наземные газгольдеры. Газификация позволит наработать достаточное количество электроэнергии для разработки месторождений, переработки полезных ископаемых, ремонта, строительства и запуска Геотермальных и петротермальных циркуляционных станций (ГЦС), развития тепличных площадей.

Таким образом, экономический вклад в газификацию острова Итуруп и создание электрогенерирующих мощностей на основе газа, будет являться инвестициями в будущее и поддержит экономическое развитие региона, обеспечит расширение внутреннего рынка сбыта газа.

ВЫВОДЫ

История отечественного подземного хранения газа ведет свою летопись практически с конца 50-х годов XX века, с начала интенсивного развития добычи и транспортировки газа. Первые ПХГ – Щелковское, Калужское и Елшано-Курдюмское до сих пор успешно эксплуатируются. Поисками мест для размещения ПХГ занимались многие отечественные научно-исследовательские институты – ВНИИГАЗ, ВНИГРИ и другие. Фамилии Савченко В.П., Ханин А.А., Сидоренко М.В. навсегда вписаны в историю изучения ПХГ. Геологические исследования, проведенные в СССР, дали огромную базу и сыграли важнейшую роль для изучения геологии России. На данный момент в РФ создано 24 ПХГ общей активной емкостью 65,2 млрд. м³. Ведутся работы по сооружению четырех ПХГ, продолжается разведка площадей для создания ПХГ.

Создание ПХГ регламентируется ГОСТ, где прописаны нормы проектирования, требования к ОВОС, и меры по охране окружающей среды. В Федеральных нормах и правилах безопасности опасных производственных объектов подземных хранилищ газа указывается на необходимость технологического контроля и объектного мониторинга. СанПин устанавливает размер санитарно-защитных зон. В Методических рекомендациях по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, куда входят ПХГ, утверждено, что ПХГ должны быть расположены вне территории городов и других поселений за пределами 3-го пояса зон санитарной охраны действующих и проектируемых подземных и поверхностных источников водоснабжения, на территориях с сейсмичностью выше 9 баллов, а также на участках развития физико-геологических и криогенных процессов (карст, оползни, сели, термокарст и пр.) и рекомендует для создания ПХГ в водоносных пластах глубоко залегающие водоносные горизонты на участках, в пределах которых пласт-коллектор залегает в виде антиклинали, изолирован выдержанными водоупорными пластами от водоносных горизонтов верхней гидродинамической зоны и содержит подземные воды повышенной и высокой минерализации. Анализ нормативных документов указывает на то, что к настоящему времени не разработано четкого алгоритма для поиска мест размещения ПХГ. Законы предписывают размещение ПХГ согласно схемам территориального планирования регионов, однако необходима единая стратегия на многие годы вперед для полномасштабного развития ЕСГ.

На территориях Дальневосточного ФО расположено множество полезных ресурсов, для добычи которых нужна энергия. Объемы добычи газа и его экспорта возрастают, растет и потребность в газификации регионов. Для создания резервов энергоресурсов, для равномерной

работы магистральных газопроводов, для перевода угольных ТЭЦ на газ и снижения вредных выбросов в атмосферу, целесообразно создание ПХГ.

Поиск мест размещения ПХГ затруднен вследствие необходимости учета большого числа критериев. В данной работе выделены и обоснованы экологические, геологические и социально-экономические критерии оценки территорий. Для упрощения и систематизации процесса поисков оптимального места размещения ПХГ с учетом этих критериев, была разработана методика типизации территорий для поиска мест размещения подземных хранилищ газа по геоэкологическим критериям.

Данная методика имеет особую экологическую и практическую значимость при развитии газовой инфраструктуры России, в том числе Дальневосточного ФО. Использование методики позволяет учитывать, как возможность сооружения ПХГ, так и негативные экологические последствия его эксплуатации. Разработанная методика позволяет значительно сократить районы поиска и предварительно наметить площади для разведочного бурения.

Проведена типизация ряда территорий Дальневосточного ФО – Камчатского края, Чукотского АО, Магаданской и Сахалинской области, обоснована необходимость создания ПХГ. По результатам типизации выделены районы возможного размещения ПХГ, рассмотрено их геологическое строение. Предложено рассмотреть возможность создания опытно-промышленного подводного подземного хранилища газа (ППХГ) на шельфе острова Сахалин.

При планировании строительства ПХГ на территории Дальневосточного ФО рекомендуется опираться на результаты типизации, поскольку Методика типизации территорий для поиска мест размещения подземных хранилищ газа по геоэкологическим критериям позволяет соблюдать принципы устойчивого развития и рационального использования природных ресурсов при долгосрочном планировании.

Дальнейшие исследования будут направлены на усовершенствование и расширение методологических основ типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ; поиски мест размещения ПХГ и оценку возможностей развития отрасли хранения и транспортировки газа в Якутии, Хабаровском крае и других регионах Дальневосточного ФО.

Список литературы

1. Антипов М.П., Бондаренко Г.Е., Бордовская Т.О., Шипилов Э.В. Анадырский бассейн (северо-восток Евразии, Беринговоморское побережье): геологическое строение, тектоническая эволюция и нефтегазоносность: Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. 53 с.
2. Бачурина Н. М. Экономическая эффективность создания и эксплуатации подземных хранилищ газа : автореферат дис. на соиск. ст. кандидата экономических наук : 08.00.05 / Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И. М. Губкина. Москва, 2002. 23 с.
3. Бекетов С. Б., Бражников А. А. Методы воздействия на продуктивный пласт с целью повышения производительности скважин подземных хранилищ газа // ГИАБ. 2008. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-vozdeystviya-na-produktivnyy-plast-s-tselyu-povysheniya-proizvoditelnosti-skvazhin-podzemnyh-hranilisch-gaza> (дата обращения: 21.08.2019).
4. Бирюков В.В., Штанг А.А. Оборудование нефтегазовых производств : учебник / Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. – 514 с. (Серия "Учебники НГТУ").
5. Будников Б.О. Методологические основы оценки влияния подземных хранилищ газа на окружающую среду: на примере Московского управления подземного хранения газа : автореферат дис. на соиск. ст. кандидата географических наук : 11.00.11 / Ун-т по землеустройству. Москва, 1997. 29 с.
6. Бузинов С.Н. Оптимальный объем и размещение подземных хранилищ газа по системам магистральных газопроводов [Текст] / С. Н. Бузинов, А. И. Киселев, Г. Ф. Меланифиди. - Москва : [б. и.], 1972. - 41 с. : граф.; 20 см. - (Научно-технический обзор. Серия "Транспорт и хранение газа"/ М-во газовой пром-сти. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т экономики, организации производства и техн.-экон. информации в газовой пром-сти "ВНИИЭГазпром").
7. Бузинов С. Н., Раабен В. Н., Киселев А. И. и др. Предложения по сокращению сроков создания подземных хранилищ газа в водоносных структурах [Текст]: подлежит внедрению/Всесоюз. науч.-исслед. ин-т природных газов (ВНИИГаз). Москва : [б. и.], 1970. - 13 с.; 20 см. На обороте тит. л. авт.: Бузинов С. Н., Раабен В. Н., Киселев А. И.
8. Бухгалтер Э.Б., Дедиков Е.В., Бухгалтер Л.Б., Хабаров А.В., Будников Б.О. Экология подземного хранения газа. – Москва: Наука/Интерпериодика, 2002. 432с.
9. Бухгалтер Л.Б. Методологические основы разработки экологически безопасных производств на территории Русской равнины : диссертация на соиск. ст. доктора географических наук : 11.00.11.- Москва, 1998. 369 с.: ил. РГБ ОД, 71 99-11/5-5
10. Васючков Ю.Ф. Воробьев Б.М. Патент: Е21В43/295 - газификация полезных ископаемых для получения смеси горючих газов, 1997 г. URL: <https://findpatent.ru/patent/210/2100588.html> (дата обращения 10.04.2020).

11. Власов С.В., Тутнов И.А., Силантьева Л.Г. Формирование программ технического обслуживания и ремонта подземных хранилищ газа - улучшение промышленной безопасности // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №3 (35). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-programm-tehnicheskogo-obsluzhivaniya-i-remonta-podzemnyh-hranilisch-gaza-uluchshenie-promyshlennoy-bezopasnosti> (дата обращения: 21.08.2019).

12. Гавва Р.В. Нефтегазовый комплекс как системообразующая детерминанта российской экономики : диссертация на соиск. ст. кандидата экономических наук : 08.00.05. Москва, 2007. 170 с.

13. Ганиев Р. Р., Новикова С. П. Геологические и технологические критерии выбора пласта при обосновании создания подземного хранилища газа на территории Татарстана // Георесурсы. 2012. №2 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geologicheskie-i-tehnologicheskie-kriterii-vybora-plasta-pri-obosnovanii-sozdaniya-podzemnogo-hranilisha-gaza-na-territorii> (дата обращения: 21.08.2019)

14. Глаголев Ю. В., Серегина Н. В. Динамика расширения Совхозного подземного хранилища газа // Вести газовой науки. 2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-rasshireniya-sovhoznogo-podzemnogo-hranilisha-gaza> (дата обращения: 21.08.2019).

15. Дроздова С. Б. Цифровые инженерно-геологические картографические модели планирования подземных хранилищ газа : на примере Щелковского подземного хранилища газа : диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.08 / Дроздова Светлана Борисовна; [Место защиты: Ин-т геоэкологии РАН]. - Москва, 2010. 162 с.

16. Ермаков В.И., Зыкин М.Я., Берето Я.А. Москва 1984 Зинова Н.Б., Каратаева Т.Н., Кургузова М.К., Митрофанова Т.Н., Несмеянов М.Д. Семашев Р.Г. ВНИИГАЗ Отчет: разработать геологическое обоснование по выбору объектов для создания ПХГ на территории европейской части СССР и Западной Сибири.

17. Журавлева Т.Ю., Новожилова И.В., Калиниченко Е.Ф. Повышение эффективности эксплуатации Мозырского подземного хранилища газов // Экология и строительство. 2015. №1. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-ekspluatatsii-mozyrskogo-podzemnogo-hranilisha-gazov> (дата обращения: 21.08.2019).

18. Исаева Н.А. Обоснование схемы размещения эксплуатационных скважин ПХГ, создаваемого в крупноамплитудной ловушке водоносного пласта // Научно-технический сборник вести газовой науки. 2013. № 4 (15). С.118-124.

19. Калинин П. В., Силантьев С. П., Бяхтыгареев Р. Г. Совершенствование промышленной безопасности на подземных хранилищах газа // Проблемы Науки. 2016. №5 (47). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-promyshlennoy-bezopasnosti-na-podzemnyh-hranilishtah-gaza> (дата обращения: 21.08.2019)

20. Камынина Е.Ю. Стратегия реформирования ОАО "Газпром" как естественной монополии : автореферат дис. на соиск. ст. кандидата экономических наук : 08.00.05 / Волгогр. гос. ун-т. - Волгоград, 2005. 26 с.

21. Качур А.Н., Скрыльник Г.П. Современное состояние и перспективы развития нефтегазового комплекса на юге Дальнего Востока России // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2019. № 1. С. 38 - 42.

22. Либерман В. Б., Казаков Э. Р. Геологическое изучение и выделение первоочередных объектов для постановки дальнейших геологоразведочных работ с целью создания подземных хранилищ газа в Республике Татарстан // Георесурсы. 2015. №4 (63). URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/geologicheskoe-izuchenie-i-vydelenie-pervoочerednyhobektov-dlya-postanovki-dalneyshih-geologorazvedochnyh-rabot-s-tselyu-sozdaniya> (дата обращения: 21.08.2019).

23. Маслова Л.В., Экзарьян В.Н. «Экологическая безопасность в зонах подземных газовых хранилищ» Труды XIII Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» том 2, М., 2017.

24. Маслова Л.В., Экзарьян В.Н. «Результаты газогеохимических исследований в зоне влияния калужского подземного хранилища газа» Труды пятой международной научно-практической конференции «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование», 30 ноября-3декабря 2017 года: сборник статей. – М.:Буки –Веди. С. 171-175.

25. Маслова Л.В., Экзарьян В.Н. «Оценка геолого-гидрогеологических условий при глубинном захоронении промстоков на подземных хранилищах газа» Сергеевские чтения: Вып. 20: Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2018 г.) – Москва: РУДН, 2018. 276 с.

26. Маслова Л.В., Экзарьян В.Н. «Биоэкологический мониторинг на подземных хранилищах газа» Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых: в 3 т. ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2018. 424 с.

27. Маслова Л.В. «Газогеохимическое воздействие калужского подземного хранилища газа на геологическую среду» ЛОМОНОСОВ - 2018. Сборник тезисов XXV Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. - МГУ имени Ломоносова, Москва.

28. Маслова Л.В., Экзарьян В.Н. «Воздействие на окружающую среду при разведке, сооружении и эксплуатации подземных хранилищ газа» Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ): материалы Междунар. науч.- практич.конф. / РГГРУ им. С. Орджоникидзе (МГРИ– РГГРУ). В 2 т. Т. 2 – М.: Издательство НПП «Фильтроткани», 2018. 670 с.

29. Маслова Л.В., Скопинцева О.В., Экзарьян В.Н. Методические основы создания единой регулируемой сети подземных хранилищ газа в Приморском крае / Промышленная и экологическая безопасность в горно-металлургической отрасли: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) – 2020. - №1 (специальный выпуск 1). – 296 с. – М.: Издательство «Горная книга» ISSN 0236-1493.

30. Маслова Л.В. Типизация территорий при поиске мест размещения подземных хранилищ газа // Разведка и охрана недр №10, 2019. С. 43-47.

31. Маркелов В.А. Подземное хранение газа в СССР и в России. Газовая промышленность. 2015. № 9 (727). С. 12-15.

32. Ненахов В.А. Отчет о результатах поискового бурения на Ленинградской площади с целью выявления структуры для строительства ПХГ. ОАО «Газпром», ОПАО «Подзембургаз», ООО «Газконсалт», Щелково, 2008.

33. Ненахов В.А. Отчет о результатах поискового бурения на Ленинградской площади с целью выявления структуры для строительства ПХГ. ОАО «Газпром», ОПАО «Подзембургаз», ООО «Газконсалт», Щелково, 2008.

34. Пономарев О. П. Геоэкологические особенности эксплуатации подземных хранилищ природного газа // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Естественные и медицинские науки – 2006. – №1. С. 69-77.

35. Переверзев М.В. Геоэкологическое картографирование территории подземного хранилища газа : на примере Щелковского газохранилища : автореферат дис. на соиск. ст. кандидата географических наук : 25.00.33 / МГУ им. М.В. Ломоносова. Москва, 2004. 24 с.

36. Рубан Г.Н., Сорокин С.Н. Развитие подземных хранилищ газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке как фактор энергетической безопасности государства // Георесурсы. 2010. №4 (36). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-podzemnyh-hranilisch-gaza-v-vostochnoy-sibiri-i-na-dalнем-vostoke-kak-faktor-energeticheskoy-bezopasnosti-gosudarstva> (дата обращения: 21.08.2019).

37. Самохин А.В. Эколого-геофизические исследования техногенного воздействия Калужского подземного хранилища газа на компоненты окружающей среды. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. геол.-мин. н. Москва, 2009.

38. Самсонов Р.О., Бузинов С.Н., Рубан Г.Н., Джафаров К.И. История организации подземного хранения газа в СССР - России // Георесурсы. 2010. №4 (36). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-organizatsii-podzemnogo-hraneniya-gaza-v-sssr-rossii> (дата обращения: 02.07.2020).

39. Солдаткин С.Г. Методы контроля герметичности и эксплуатации подземных хранилищ с наличием перетока газа. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. н. Москва, 1999.

40. Солдаткин С.Г. Комплекс исследований для создания гидродинамической модели эксплуатации калужского подземного хранилища газа // Георесурсы. 2010. № 4 (36). С. 24-25

41. Сидоренко М. В. Подземное хранение газа Недра М. 1965 138 а-рис. а-табл. Библиогр.: 138 с.

42. Сусальникова Н.В. и др. Геологические условия создания подземных хранилищ газа в районе гг.Ярославль, Иваново, Владимир, Чебоксары. 1962 СГПК.

43. Сусальникова Н.В., Золотинская Н.Н., Угарова М.Ф. Условия создания подземных хранилищ газа по трассе газопровода Горький-Череповец на участке Иваново-Ярославль. Москва, Союзбургаз, 1964.

44. Ширковский А.И., Задорин Г.И. Добыча и подземное хранение газа. Недра, М., 1972.

45. Экзарьян В.Н. Оценка экологических последствий в районах разработки месторождений полезных ископаемых. В сборнике: Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. 2017. С. 81-86.5.

46. Яковлева Н.В. Совершенствование методов мониторинга параметров подземных хранилищ газа с целью предотвращения осложнений при эксплуатации: автореферат дис. на соиск. ст. кандидата технических наук: 25.00.19 / Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина. - Москва, 2005. 24 с.

47. Victor A.D. Astratti, Michael J. Stellas, Jack W. Stringer and others «Seismic detection of subtle faults and fractures» Oilfield review, 2012: 24 №2, Schlumberger.

48. Рекомендации Научно-технического семинара - "Совершенствование технологии эксплуатации и перспективные направления дальнейшего развития подземных хранилищ природного газа МУМГ на 1972-1975 гг." [Текст]. - Москва: [б. и.], 1972. - 9 с.; 20 см. - (Павильон газовая промышленность ВДНХ СССР/ Моск. правл. Науч.-техн. о-ва нефт. и газовой пром-сти. (МосНТО НГП) Обществ. науч.-исслед. ин-т дальнего транспорта газа при Моск. упр. магистр. газопроводов (ОНИИДТГ МУМГ)).

49. Опыт создания и эксплуатации подземного хранилища газа в тульской залежи Елшано-Курдюмского месторождения [Текст]. - Москва : [б. и.], 1966. - 37 с. : черт.; 21 см. - (Тематические научно-технические обзоры. Серия "Газовое дело"/ М-во нефтедобывающей пром-сти СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т организации, управления и экономики нефтегазовой пром-сти).

50. Закон Магаданской области от 11.03.2010 N 1241-ОЗ (ред. от 23.10.2014) «О стратегии социального и экономического развития магаданской области на период до 2025 года».

51. Постановление администрации Магаданской области об утверждении проекта «Обновление схемы территориального планирования Магаданской области» от 02.02.2012 г. №51-па.

52. ФГБУ «ВСЕГЕИ» Государственная геологическая карта России, масштаб 1:200 000 URL: <http://www.geolkarta.ru/> (дата обращения 17.03.2020).

53. ГОСТ Р 57817-2017 Подземные хранилища газа. Нормы проектирования URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200157212> (дата обращения 16.10.2019).

54. Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых. Разработаны ФГУ «ГКЗ» по заказу МПР РФ, рекомендованы к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 N 11-17/0044-пр

55. СП 18.13330.2011 Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80* (с Изменением № 1).

56. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изменениями на 25 апреля 2014 года)

57. СП 123.13330.2012 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки. Актуализированная редакция СНиП 34-02-99 (с Изменением № 1).

58. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов подземных хранилищ газа» Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 ноября 2017 года № 486.

59. ФЗ РФ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» (с изменениями на 1 мая 2019 года). Статья 7. Особенности перевода земель сельскохозяйственных угодий или земельных участков в составе таких земель из земель сельскохозяйственного назначения в другую категорию.

60. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*.

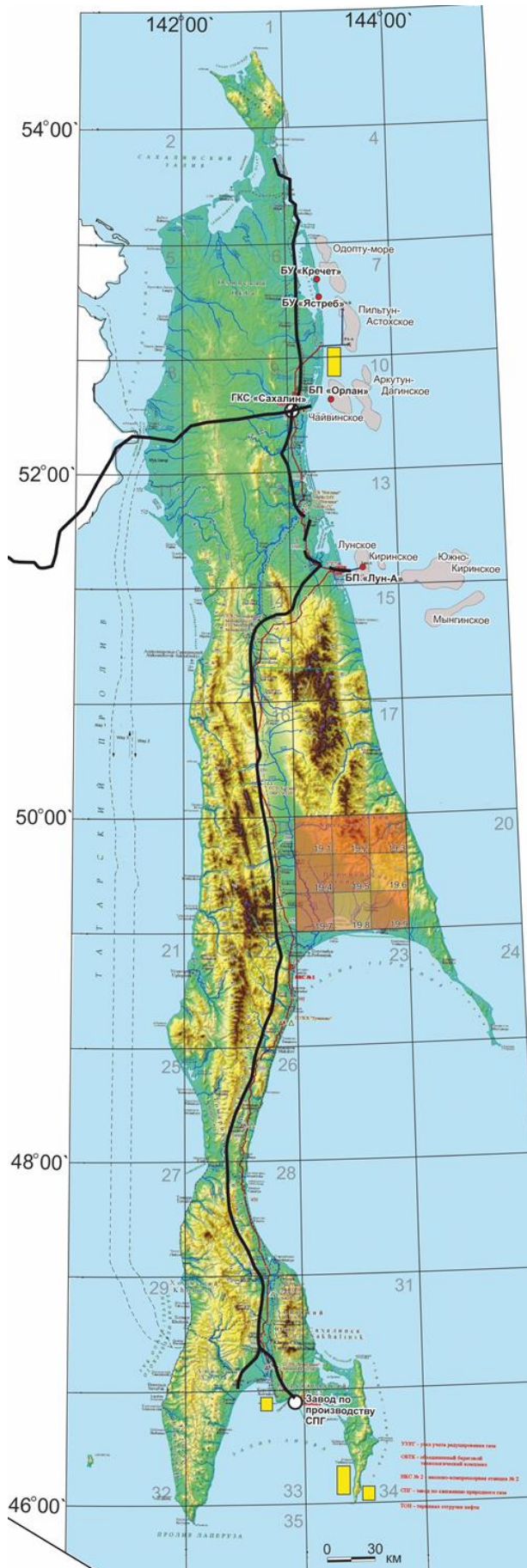
61. СНиП 34-02-99 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки.

62. Приказ министерства промышленности и энергетики РФ от 3 сентября 2007 года № 340 «О Программе создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР».

63. Постановление Правительства Чукотского АО от 1 февраля 2019 г. № 41 «О внесении изменений в Постановление Правительства Чукотского автономного округа от 28 января 2016 года № 41» «Об утверждении Государственной программы ЧАО на 2016-2021 гг.»


64. Постановление Госгортехнадзора РФ № 57 от 05.06.2003 «Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в пористых пластах. ПБ 08-621-03» (Не применяется с 17 мая 2014 года на основании приказа Ростехнадзора от 22 ноября 2013 года № 561).

65. Виды подземных хранилищ газа. URL: <http://gabbassov-adilbek.narod.ru/riegkm/pages/lek14.htm> (дата обращения 10.03.2020).



Приложение 1.

Рекомендуемые участки возможного сооружения подводных подземных хранилищ газа (ППХГ)

 - Участки возможного сооружения подводных подземных хранилищ газа (ППХГ)