

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва, 2021

Работа выполнена на кафедре экологии и природопользования Экологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)»

Научный руководитель:

Экзарьян Владимир Нишанович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)».

Официальные оппоненты:

Лаврусевич Андрей Александрович, доктор геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой «Инженерных изысканий и геоэкологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ).

Григорьева Ия Юрьевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент по кафедре инженерной и экологической геологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), г. Москва.

Защита диссертации состоится 23 сентября 2021 г. в 17.00 на заседании диссертационного совета 24.2.364.02 (Д 212.121.04) на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе: <https://www.mgri.ru>

Автореферат разослан « » _____ 2021 г.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 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:

- впервые предложена методологическая основа для комплексной оценки территорий с целью выбора мест размещения ПХГ, которая позволяет сравнивать различные характеристики по единой оценочной шкале;
- научно обоснованы геоэкологические критерии выбора мест расположения ПХГ (геологические, экологические и социально-экономические), положенные в основу разработанной методики;
- проведена типизация ряда территорий Дальневосточного ФО и выявлены районы возможного размещения ПХГ;
- предложен новый подход к созданию Единой Системы Газоснабжения Дальневосточного ФО за счет создания новых ПХГ с позиции предупреждения негативных экологических последствий;
- впервые сформулирована мысль о создании подводных подземных хранилищ газа в природных геологических коллекторах в районе острова Сахалин.

Объекты исследований:

Объектами исследования являлись субъекты 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.
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 территории для размещения ПХГ. 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 в разработке методологических основ типизации территорий для выбора мест размещения ПХГ по геоэкологическим критериям и апробации методики типизации на конкретных 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 118 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Изученность исследований в области создания подземных хранилищ газа в СССР и России

После Великой Отечественной Войны подача газа в Москву обеспечивалась за счет семи газгольдерных станций общей активной ёмкостью около 1,1 млн. м³ газа. В 1955 г. Советом Министров СССР было принято постановление «О начале работ по созданию подземных хранилищ газа в СССР». Первое ПХГ – Башкатовское – появилось в 1958 году в одноименном истощенном месторождении газа рядом с Бугурусланом в Оренбургской области. В том же году начата закачка газа в Елшанское и в Аманакское истощённое газовое месторождение около Саратова.

В СССР стремительно росли объемы добычи и использования природного газа, и нарастала проблема неравномерности его подачи, которая в отсутствие ПХГ решалась при помощи резервирования пропускной способности магистрального газопровода. В 1957-58 гг. пробурены первые скважины на Калужском и Щёлковском ПХГ, утвержден приказ об организации Калужской опытной станции ПХГ. По предложению Главгаза в 1959 г. Совет Министров СССР принимает Постановление «Об организации подземного хранения газа в СССР». Этим постановлением Совет Министров СССР поднял на правительственный уровень проблему создания в стране ПХГ. В 1959 г. началась опытная закачка газа в Калужское подземное хранилище газа, а в 1960 году — в Щёлковское ПХГ. Эти пиковые ПХГ должны были покрывать неравномерность потребления и поставлять необходимые объемы газа в зимний период при значительных похолоданиях, когда

потребление газа в городах вырастает почти в три раза. Ввод в эксплуатацию этих хранилищ дал мощную основу для энергоснабжения и теплоснабжения Москвы.

В 1960-е годы создается несколько ПХГ: под Ленинградом – Гатчинское и Колпинское; под Киевом – Олишевское; под Ташкентом – Полторацкое; в Латвии – Инчукалнское. 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. Вплоть до 1984 г. происходило форсированное развитие подземного хранения газа в СССР и изучение геологического строения регионов. С 1985 по 1991 гг. происходило наращивание объема газа в существующих хранилищах. На 2019 год в России эксплуатируется 24 ПХГ, создана Единая Газотранспортная Система РФ и инфраструктура для экспорта газа, в стадии строительства находится Удмуртский резервирующий комплекс, Шатровское, Арбузовское, Новомосковское, Беднодемьяновское ПХГ. Идет разведка площадей для целей ПХГ в Архангельской, Ярославской, Томской, Новосибирской областях и в районе городов Свободный и Благовещенск в Амурской области.

Развитие теории проектирования и эксплуатации подземных хранилищ газа в нашей стране связаны с именами известных ученых, таких как Д.И. Астрахан, А.М. Власов, Г.Г. Гершанович, Р.Ф. Гимер, А.Е. Евгеньев, Г.И. Задора, С.Н. Закиров, И.А. М.Ф. Каримов, М.В. Лурье, В.М. Максимов, А.А. Михайловский, Г.И. Солдаткин, Чарный, А.И. Ширковский, М.В. Филинов, и др., а также зарубежных исследователей А. Ван Эвердингена, Е. Вудса, Г. Кречтмара, К. Кутса, М.Р.Тека, В. Херска и др. Благодаря основополагающим решениям выдающихся организаторов газовой промышленности А.К. Картунова, С.А. Оруджева, В.А. Динкова, Н.К. Байбакова, В.А. Каламкарова, 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. Большая заслуга в проектировании подземных хранилищ газа принадлежит научно-исследовательским и проектным институтам ВНИИГАЗ и ВНИПИТРАНСГАЗ, а также ООО «ПОДЗЕМГАЗПРОМ». Методика поисково-разведочных работ при создании ПХГ разрабатывалась специалистами Мингазпрома, Союзбургаза, ВНИИГАЗа 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. Изучению зависимости безопасной эксплуатации ПХГ от литолого-фациальной структуры пластовых коллекторов посвящена работа О.П. Пономарева (2010). О сооружении искусственных подводных купольных коллекторов для хранения газа писал Л.К. Сильверстов. Одним из направлений изучения ПХГ является экологическая безопасность и негативное воздействие на окружающую среду. На подземных хранилищах газа и трубопроводах проводится непрерывный мониторинг газопроявлений. Этой теме касается диссертация С.Г. Солдаткина (1999) «Методы контроля герметичности и

эксплуатации подземных хранилищ с наличием перетока газа». 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 была опубликована книга «Экология подземного хранения газа», в которой Э.Б. Бухгалтер, Е.В. Дедиков, Л.Б. Бухгалтер, А.В. Хабаров и Б.О. Будников детально описывают инструменты системы слежения за утечками газа, в т. ч. лазерную аппаратуру для мониторинга утечек газопровода. До этого, вопросы экологии не выносились к обсуждению научному сообществу при изучении ПХГ и мало учитывались при выборе площадей размещения ПХГ, это подтверждает тот факт, что созданное в 1998 г. Увязовское ПХГ находится на территории Рязанского Государственного природного заказника, который появился там на 10 лет раньше.

Глава 2. Подземные хранилища газа

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

Оптимальными геологическими критериями для создания ПХГ считаются глубины залегания резервуара от 700 до 1500 м, наличие структурной ловушки с амплитудой не менее 15 м. Искусственная залежь Калужского ПХГ расположена на глубине 700-800 м в пласте песчаника. Объектом хранения является гдовский пласт-коллектор, перекрытый глинистой крышкой. Пласт-коллектор имеет связь с кристаллической брекчией через тектоническое нарушение. Наличие резервной крышки на глубине 560 м надежно изолирует вышележащие горизонты от проникновения существенных объемов хранимого газа.

На Щелковском ПХГ для подземного хранения газа выбраны два объекта: нижнецигровский и ряжский водоносные горизонты (глубина 880 м и 1160 м). Ряжские отложения представлены в основном кварцевыми песчаниками мелко и среднезернистыми, слабощементированными, с прослоями алевролитов и глин. Мощность 7-22 м. Крышкой пласта-коллектора служит стометровая толща морсовских и мосоловско-черноярских отложений. Над ряжским пластом-

коллектором залегает глинистая пачка щигровского возраста мощностью 11-25 м, в которой отмечаются линз песков, песчаников и алевролитов.

Глава 3. Типизация территорий при поиске мест размещения ПХГ

ПХГ 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 методических основ типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ и оценки геоэкологических рисков с учетом соотношения проектируемого объекта с другими коридорами транспорта газа. 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 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. Типизация территорий для целей ПХГ может ускорить поиск подходящих объектов и сократить финансовые затраты на этой стадии.

Методика типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ по геоэкологическим, геолого-технологическим и социально-экономическим критериям

При поиске мест размещения ПХГ необходимо учитывать геологические, экологические и социально-экономические особенности территорий.

Таблица 1 – Перечень геологических, экологических и социально-экономических критериев территории при поиске мест размещения подземных хранилищ газа

Группа критериев	Геологические	Сейсмичность в баллах	К ₁
		Водозаборы и водоохраные зоны	К ₂
		Опасные геологические процессы	К ₃
		Наличие флюидоупора	К ₄
		Наличие геолого-технологических условий для хранения газа	К ₅
	Экологические	Населенные пункты	К ₆
		Леса высокого бонитета	К ₇
		ООПТ	К ₈
		Территории в пределах которых в соответствии с подписанными РФ международными конвенциями (соглашениями, договорами) запрещена хозяйственная деятельность	К ₉
		Рекреационные территории	К ₁₀
	Социально-экономич.	Близость к магистральному трубопроводу	К ₁₁
		Наличие крупных потребителей газа	К ₁₂
		Количество человек в зоне дефицита отопительных ресурсов	К ₁₃

Составляющие каждого критерия оцениваются коэффициентами К₁-К₁₃.

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 2 – Коэффициент К₁. Сейсмичность в баллах

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

Вводятся условные показатели, обеспечивающие безопасное расстояние ПХГ от водозаборов.

Таблица 3 - Коэффициент К₂. 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 нормативных документах указано, что размещение ПХГ запрещается в зонах развития опасных геологических процессов: сели, оползни, карст и другие.

Таблица 4 – Коэффициент К₃. 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 трещ.	2	3	4
	Наледи	1	2	3
Эоловые	Песчаные бури	2	3	4
	Барханы	2	3	5

Флюидоупор (покрышка) должен покрывать всю территорию искусственной залежи и иметь равномерную мощность, исключаящую возможность миграции газа.

Таблица 5 – Коэффициент К₄. Наличие флюидоупора

Распространение флюидоупора	К 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

Пласт-коллектор – порода, содержащая пустоты (поры, каверны, системы трещин), способная вмещать флюиды, с высокой пористостью (20-30%), проницаемостью 30-80 мД (0,1-0,6 мкм²) низким содержанием глинистой фракции, хорошими фильтрационно-емкостными показателями.

Таблица 6 – Коэффициент К₅. Наличие геолого-технологических условий для хранения газа

Наличие геолого-технических условий для хранения газа	К ₅
Истоценное 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, пористость не ниже 10-15%)	1
Недостаточные коллекторские свойства пласта с возможностью их увеличения – горизонтальные скважины / гидроразрыв / размыв / взрывные работы	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

Сооружение ПХГ на территории крупных городов рискованно с точки зрения большого числа жертв при возможной аварии. При размещении ПХГ на территории некрупных городов, риски

снижаются. Для жителей деревень, сел и маленьких городов создание ПХГ окажет существенный вклад в развитие инфраструктуры.

Таблица 7 – Коэффициент K_6 . Населенные пункты

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

Лес – это особая экосистема, в которой множество ниш от микроорганизмов до крупных хищников. Некоторые виды деревьев имеют важное экологическое значение. Для выбора территорий под размещение ПХГ с учетом типов лесных насаждений, выделяются категории, которым присваивается соответствующий коэффициент.

Таблица 8 – 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

Для защиты ценных природных территорий, редких видов растений и животных не рекомендуется располагать ПХГ в пределах ООПТ и/или территорий, в пределах которых, в соответствии с подписанными РФ международными конвенциями (соглашениями, договорами) запрещена хозяйственная деятельность.

Таблица 9 – Коэффициенты K_8 , K_9 , K_{10} . ООПТ, территории, в пределах которых, в соответствии с подписанными РФ международными конвенциями (соглашениями, договорами) запрещена хозяйственная деятельность, рекреационные территории

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

Социально-экономические критерии

ПХГ экономически выгодно располагать вблизи трассы магистрального трубопровода и поблизости от потребителя (жители городов, ТЭЦ, предприятия). Важной функцией ПХГ является возможность регулирования потоков газа от месторождений к потребителю.

Таблица 10 – 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 11 – 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 период.

Таблица 12 – 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

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

Таблица 13 – Условия для размещения ПХГ в интервалах значений коэффициента K

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

Используя имеющиеся сведения, учитывая таблицы №2-13 данной методики составляется итоговая таблица № 14.

Таблица 14 – Результаты оценки типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ

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														
2														
3														
...														
и т.д.														

На основании таблицы №14 проводится поиск мест размещения ПХГ на рассматриваемой территории.

Описание типов условий для размещения ПХГ

Тип «непригодные (рискованные)». К данному типу относятся: а) территории с сейсмичностью от 9 баллов; б) территории вблизи скважин водозаборов; в) территории, на которых развиты такие опасные геологические процессы как сели, оползни, обвалы, карст, площадь развитие суффозионных процессов, подтопления, или пучения грунтов превышает 100 м². В геологическом отношении крутое падение или пологое залегание структур вызывает большие сложности с точки зрения возможности хранения газа, а наличие синклинальных складок и не выдержанность флюидоупора делает его практически невозможным; г) территории с населенными пунктами, в которых проживает более 1 млн. человек; д) территории, в пределах которых расположены леса защиты нерестилищ, ленточные боры, рекреационные территории, ООПТ, территории, в пределах которых, в соответствии с подписанными РФ международными конвенциями (соглашениями, договорами) запрещена хозяйственная деятельность; е) территории, удаленные от магистральных газопроводов более, чем на 100 км.

Однако, это не означает невозможность создания ПХГ на данной территории, а подчеркивает риски, которое вызовет такое расположение хранилища. Например, территория хранения газа Щелковского ПХГ частично совпадает с территорией национального парка «Лосиный остров», поэтому экосистемы ООПТ испытывают неблагоприятное воздействие.

Тип «практически непригодные». Это территории: а) с сейсмичностью до 8 баллов; б) водозаборы питьевого водоснабжения производительностью более 100 тыс. м³/сут. Расположены на удалении более 500 м, менее крупные (25-50 тыс. м³/сут) могут находиться на расстоянии 300-500м; в) имеются включения непроницаемых пород, флюидоупор имеет значительные нарушения целостности. Угрозу для наземной части ПХГ могут представлять осыпи и лавины, подтопление и пучение грунтов на площади 50-100 м²; г) территории с населенными пунктами, в которых проживает более 500 тыс. человек; д) территории с экологической точки зрения характеризуются наличием лесов охранных зон вдоль рек, лесов санитарной охраны курортов и водоисточников, орехово-промысловых зон, кедровых лесов и редких растительных сообществ, а также лесов в пустынных и лесотундровых зонах; е) территории, удаленные от магистральных газопроводов на 80-100км. К такому типу можно отнести территории Пунгинского ПХГ, созданного в 1965 г. Подтопление на этом ПХГ вызывает трудности из-за обводнения пласта-коллектора, на многих скважинах уровень газовойдынного контакта находится выше забоя.

Тип «малопригодные». Это территории: а) с сейсмичностью до 7 баллов; б) с водозаборами производительностью 25-50 тыс. м³/сут, расположенными на удалении более 500 м; в) где пласт-

коллектор имеет недостаточную пористость и проницаемость, крышка коллектора осложнена активным тектоническим нарушением, которое поддается искусственной герметизации, и характеризуемые наличием осыпей или лавин, морозобойных трещин на площади 50-100 м², подтоплением площадью до 50 м²; г) с населенными пунктами, где проживает от 100 до 500 тыс. человек; д) с лесами, выполняющими функции защиты природных объектов и малонарушенными лесными территориями; е) на расстоянии до магистрального газопровода в 60-80 км. К этому типу можно отнести территорию Северо-Ставропольского ПХГ, так как оно находится в зоне 7-ми бальной сейсмичности.

Тип «пригодные». К данному типу относятся территории: а) с сейсмичностью до 6 баллов; б) у которых водозаборы питьевого водоснабжения производительностью более 5-10 тыс. м³/сут расположены на удалении более 500м; в) где допускается проявление таких процессов, как осыпи или лавины, морозобойные трещины, барханы, песчаные бури локализованы на площади не более 50 м², а наледи площадью не более 100 м², флюидоупор должен быть выдержан по мощности и по площади, а недостаточные коллекторские свойства пласта могут быть увеличены за счет инженерных решений; г) с населенными пунктами с населением 50-100 тыс. человек; д) на которых могут располагаться лесопарки и лесохозяйственные части зеленых зон; е) если магистральный газопровод находится на расстоянии до 60-ти км. Примером может служить Кущевское ПХГ. Оно создано на базе выработанного газоконденсатного месторождения. Пласт -коллектор ПХГ представлен частым чередованием небольших по мощности песчано-глинистых пропластков с подчиненными прослоями глин, пласт-коллектор относится к проницаемым (менее 100 мД). Для увеличения притока газа к забою оборудованы горизонтальные и наклонно-направленные скважины.

Тип «особо пригодные». К данному типу относятся территории: а) с сейсмичностью, не превышающей 5 баллов; б) на которых водозаборы находятся на удалении 500 м или отсутствуют; в) где отсутствуют процессы и явления, которые могут повлиять на безопасную эксплуатацию ПХГ, не развиваются опасные геологические процессы, имеющие геолого-технологические условия для хранения газа – это может быть истощенное месторождение газа или антиклинальное поднятие, в разрезе которого четко выделяется возможный пласт-коллектор. Пласт-коллектор, в т. ч., может представлять собой соляную каверну или водоносный горизонт мощностью не менее 4-6 м, с минерализацией выше 100 г/л, проницаемостью не менее 0,2 Дарси и пористостью не ниже 10-15%. Кроме того, очень важно наличие выдержанного по мощности и по площади флюидоупора; г) имеющие населенные пункты с населением менее 50 тыс. человек; д) не располагающие ценными и охраняемыми лесами, ООПТ, рекреационными зонами, территориями, в пределах которых, в соответствии с подписанными РФ международными конвенциями (соглашениями, договорами) запрещена хозяйственная деятельность; е) где ПХГ может быть расположено вблизи от

магистрального газопровода (< 50 км) или вблизи пересечения веток магистральных газопроводов или отводов для обеспечения экспорта газа; ж) особо рекомендуется сооружение ПХГ на территории с холодным климатом и в условиях, где в зоне дефицита энергоресурсов проживает более 3 млн. человек. Перечисленные условия можно назвать «идеальными» для мест расположения ПХГ. Однако, в реальности довольно сложно найти территории, на которых встречается совокупность всех факторов.

Последовательность выполнения методики типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ по геоэкологическим критериям

1. Определение территориальных границ исследования.
2. Подготовка картографической основы по официальным схемам территориального Планирования области (района) в виде проекта в программе 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.

Методика типизации территорий для поиска мест размещения ПХГ по геоэкологическим и критериям позволяет соблюдать принципы устойчивого развития и рационального использования природных ресурсов при долгосрочном планировании. Методика имеет особую значимость при развитии удаленных и труднодоступных регионов РФ, где сосредоточено не только множество месторождений полезных ископаемых, но и уникальное природное наследие. Использование ПХГ является рациональным компромиссом между получением энергии и сохранением экосистем и дикой природы, а также стимулом экономического развития.

Глава IV. Типизация территорий Дальневосточного ФО для поиска мест размещения подземных хранилищ газа

«Российское могущество будет прирастать Сибирью...» — 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. Газификация Дальнего Востока – важнейшая политическая и народно-хозяйственная задача. 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, поэтому использование разработанной методики значительно упрощает поиск мест размещения ПХГ на таких обширных территориях. Важно также учитывать наличие месторождений газа и возможности его реализации.

В ходе типизации *Камчатского края* выделялись участки различных категорий, производилась их оценка. Данная карта-схема является результатом наложения схем территориального планирования, карт распространения лесной растительности, данных о расположении водозаборов, спутниковых снимков и других официальных картографических материалов. Затем оценивалось геологическое строение. 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.

При проектировании ПХГ с использованием сейсмостойких конструкций, возможно расположение в квадрате N-57-26, на участке, ограниченном 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 (K_{2ir} , K_{2kr}) Плотниковского горст-антиклинория.

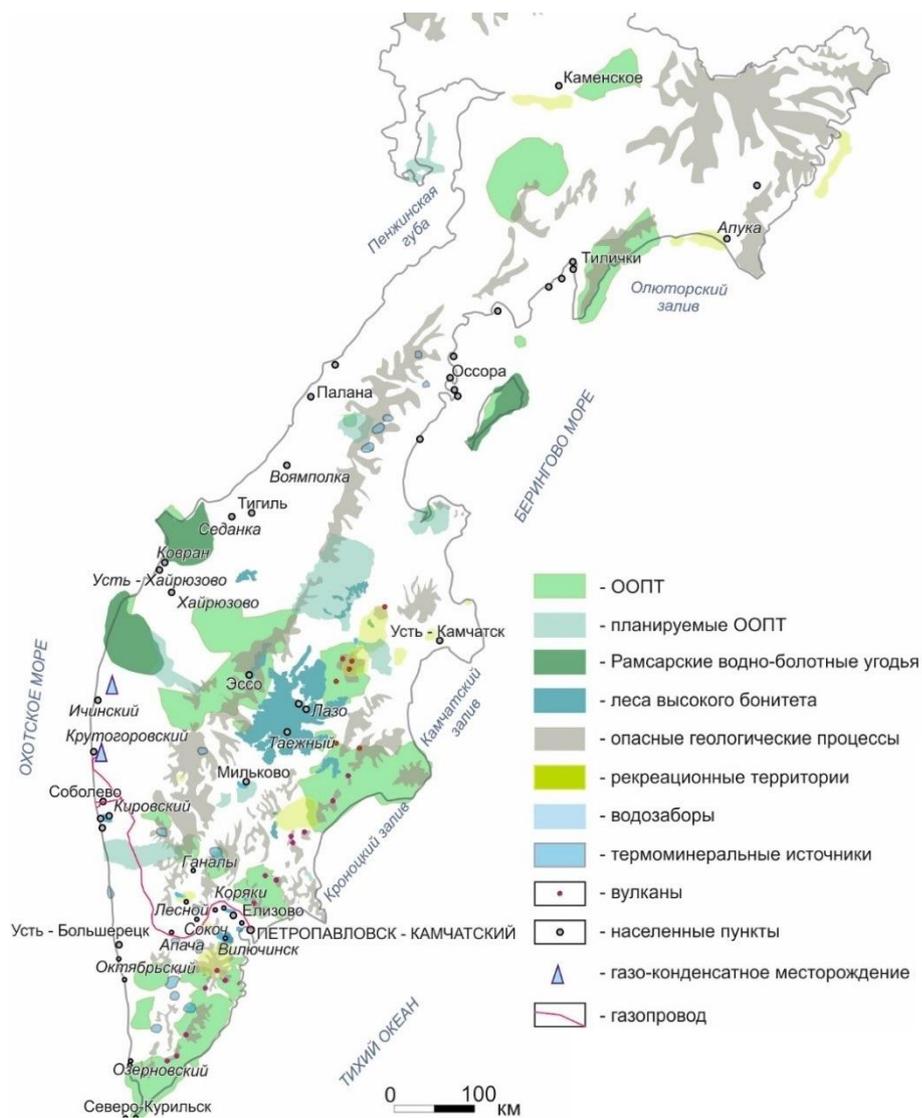
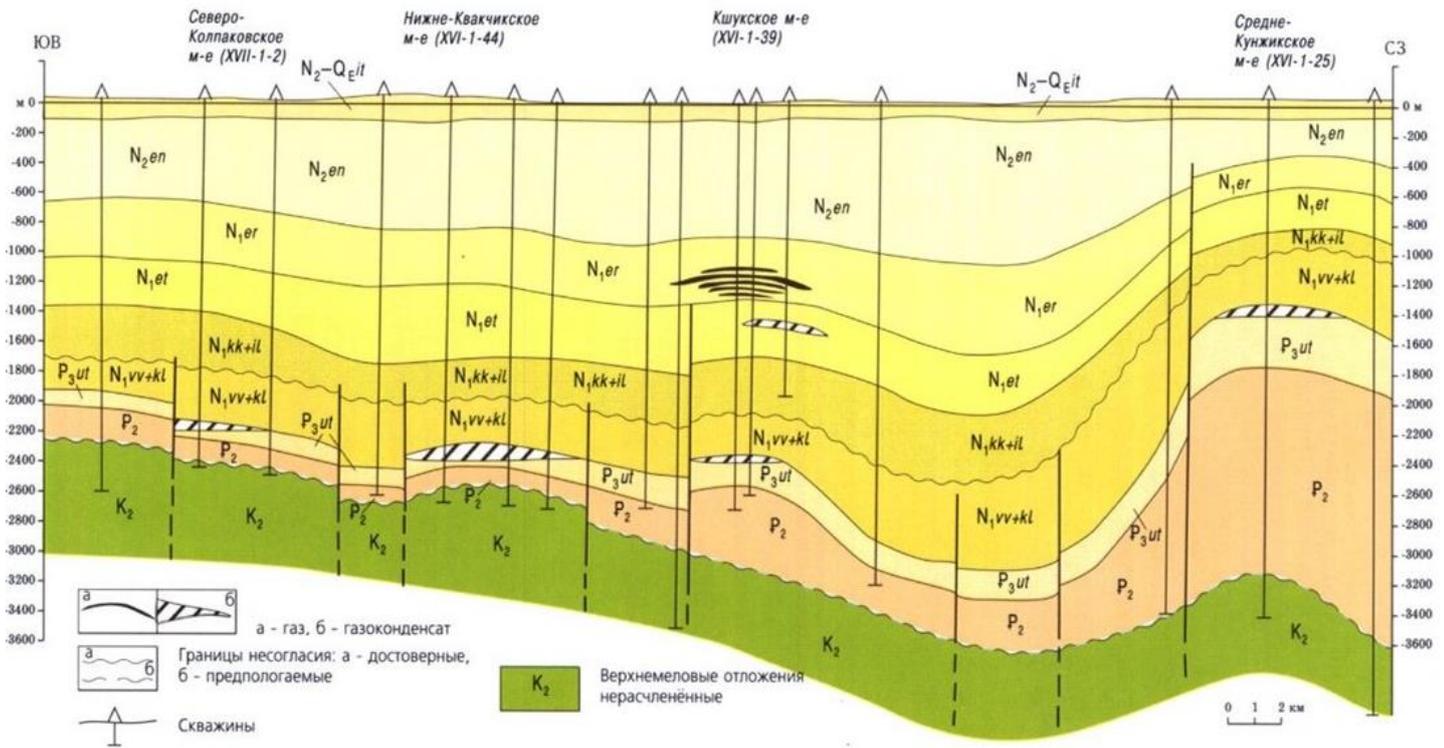


Рис. 1. Критерии типизации территорий при выборе мест размещения ПХГ в Камчатском крае



ПЛИОЦЕН N ₂	N ₂ -Q _{eit}	Иткинская толща. Конгломераты, галечники, песчаники, пески, туфоконгломераты, туффиты, суглинки (250м)	
	N ₂ en	Энемтемская свита. Песчаники, туфопесчаники, конгломераты, угли (350м)	
	N ₁	N ₁ er	Эрмановская свита. Конгломераты, песчаники, пески, глины, диатомиты, лигниты, угли (400м)
		N ₁ et	Этолонская свита. Песчаники, гравелиты, туфы, конгломераты, алевролиты, диатомиты
		N ₁ kk	Какертская свита. Туфопесчаники, туфы, туфоалевролиты, аргиллиты, конгломераты, диатомиты (500м)
	ОЦЕН N ₁	N ₁ il	Ильинская свита. Песчаники, конгломераты, туфопесчаники, алевролиты, туфы, угли (400м)
N ₁ vv+kl		Вивентская и кулувенская свиты неразделенные. Туффиты, опоки, пелловые туфы, туфопесчаники (600м)	
P ₃	P ₃ ut	Утхолокская свита. Туфы, аргиллиты, конгломераты, песчаники, туффиты, гравелиты (400м)	

Рис. 2. Геологическое строение газоконденсатных месторождений Колпаковского прогиба

На территории *Магаданской области* сконцентрировано множество полезных ископаемых, в т. ч. 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 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 м^3 на 1 км^2 . 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 м^3 на 1 км^2 . В перспективе Магадан может стать центром дальневосточного мореходства, нефтегазодобычи, судостроения и транспортным узлом – для этого необходимо создать комфортные условия для проживания людей.

Рассмотрены различные варианты газификации Магаданской области: газификация за счет месторождений Якутии; разработка пришельфовых месторождений Магадан-1,2,3; поставки сжиженного газа автотранспортом из Якутии; поставки Сахалинского газа морским транспортом; разработка месторождений газа на суше, подземная газификация угля.

Учитывая физико-географические особенности Магаданской области, 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. По результатам типизации все участки, кроме квадратов №9 и №10 можно охарактеризовать как «непригодные» по одному или нескольким критериям.

Рассмотрены более подробно квадраты №9 и №10. Квадрату №9 соответствует лист государственной геологической карты Р-56-14, разрез по линии А-Б-В-Г проходит по участкам 9.3, 9.6, 9.9 (рис. 3). 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.

В границах квадратов удовлетворяющего по экологическим и социально-экономическим критериям, в качестве пласта коллектора предварительно можно рассматривать известковистые песчаники верхнего отдела Пермской системы или прослойки песчаников среднеканской свиты. В качестве покрышки – алевролиты индского яруса нижнего отдела Триасовой системы.

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, но 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, подземных взрывных работ или сооружения наклонно-направленных скважин.

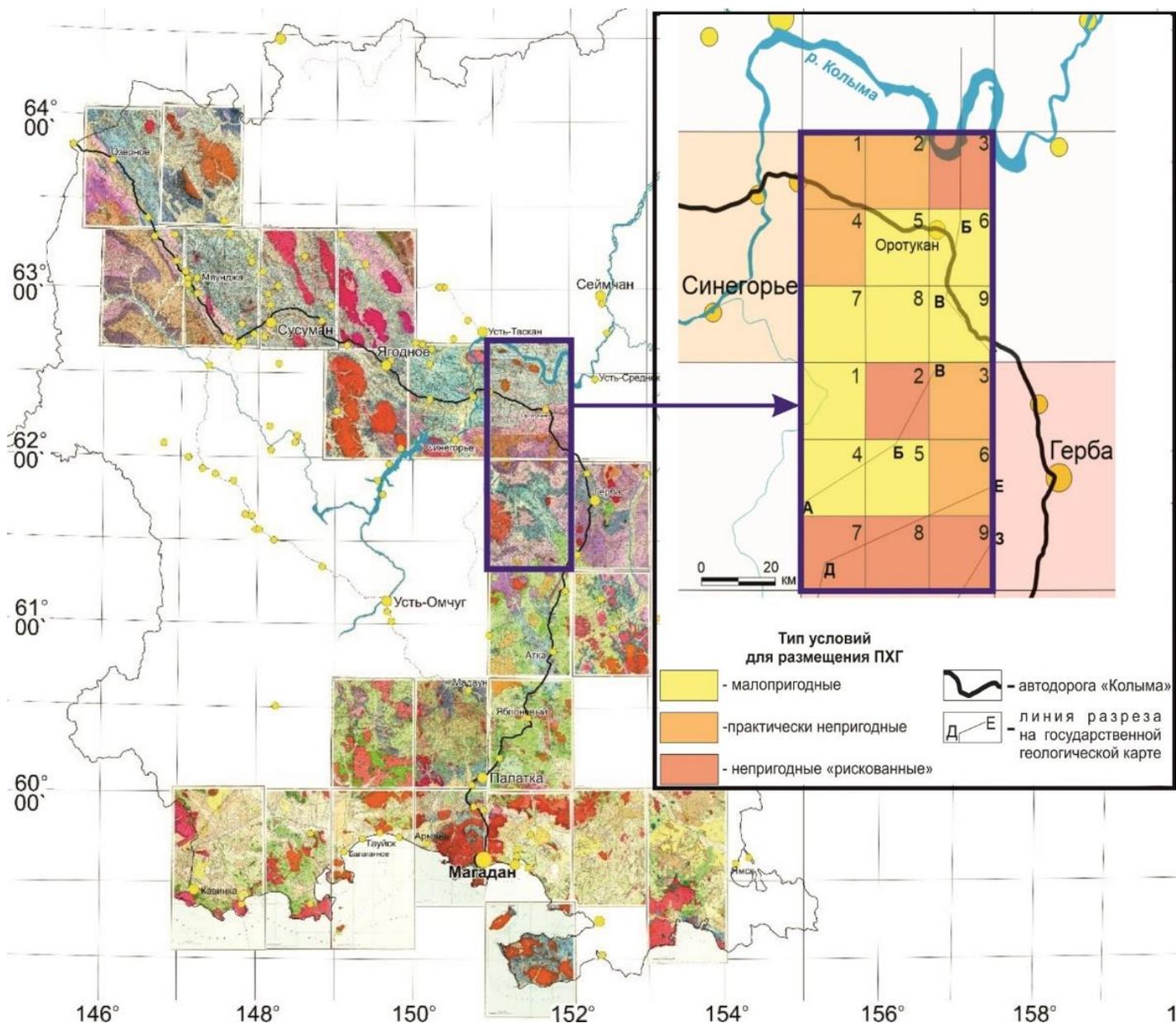


Рис. 3 - Схема привязки листов Государственной геологической карты и результаты оценки квадратов №9, 10 по пригодности для строительства ПХГ

Северная часть Чукотского АО обеспечена электроэнергией за счет Билибинской АЭС, мощностью 45 МВт, вырабатывающей электрическую и тепловую энергию, однако с 2018 года стоит вопрос о выводе из эксплуатации. Вместо неё начато строительство ТЭС мощностью 25 МВт, которая в перспективе должна работать на газе. 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.

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

По результатам типизации «особо-пригодные» и «пригодные» территории для сооружения ПХГ отсутствуют. «Малопригодные» типы территорий выделены в районе г. Эгвекинот и с. Хатырка. При сооружении ПХГ в районе г. Эгвекинот потребуется продлить газопровод от Анадыря. Поскольку в Эгвекиноте есть морской порт, появится возможность заполнить ПХГ привозным газом в летний период, при необходимости подав его и в Анадырь. Таким образом при сооружении ПХГ в районе г. Эгвекинот в Чукотском АО будет заложена основа для единой регулируемой сети газоснабжения. Расположение ПХГ в районе с. Хатырка имело бы выгодное положение при наличии морского порта. 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.

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, поставок газа на материк и для обеспечения мобильности экспортных поставок целесообразно создание ПХГ.

Для поиска места размещения ПХГ территория острова была разбита на квадраты по географическому принципу, каждому квадрату была присвоена внутренняя нумерация, затем они оценивались по геолого-технологическим, экологическим и социально-экономическим критериям.

По результатам типизации из-за высокой сейсмической активности не обнаружены территории, пригодные для сооружения ПХГ. На острове развиты опасные геологические процессы: сели, оползни, пучение грунтов, снежные лавины, представляющие 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 (рис. 4).

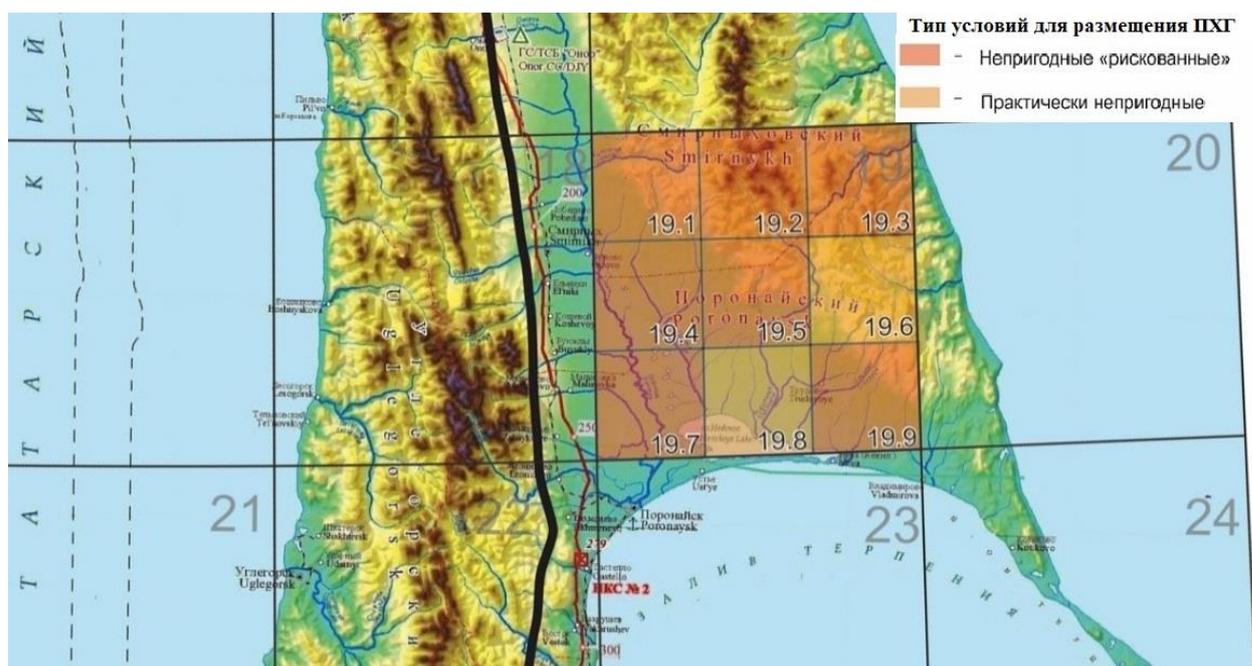
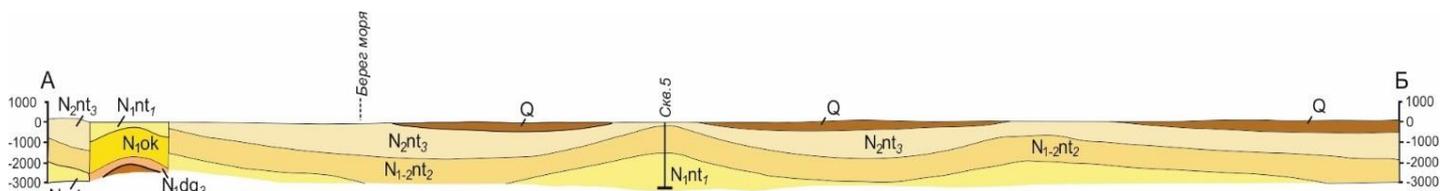


Рис. 4. Результаты укрупненной типизации квадрата №19 для поиска мест размещения ПХГ

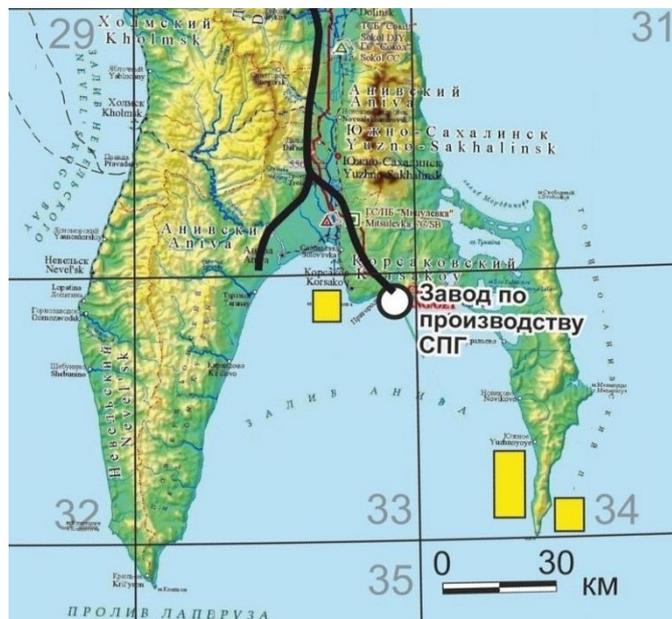
На острове Сахалин развита газотранспортная инфраструктура для поставок газа на материк и на экспорт. С учетом обширных запасов газа на шельфе Охотского моря и необходимости газификации населенных пунктов, целесообразно сооружение ПХГ. Поскольку геологическое строение Сахалина очень сложное – с наличием 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 (рис.5). Анализ применяемых технологий по добыче и транспортировке газа указывает на принципиальную возможность сооружения подобного объекта. Площадка ППХГ не должна располагаться в морских охраняемых акваториях – заповедниках, национальных парках, заказниках. При расположении промышленной площадки ППХГ на суше отрицательное экологическое воздействие на прибрежную зону будет минимальным.



Масштаб горизонтальный и вертикальный 1: 200 000

- N₂nt₃ - Неогеновая система. Плиоцен. Верхняя подсвета. Пески разнозернистые плохо отсортированные, прослои гравийников, галечников, алевролитов
- N₁₋₂nt₂ - Неогеновая система. Плиоцен - миоцен. Средняя подсвета. Пески, песчаники рыхлые, алевролиты, прослои глин, алевроитов, линзы песчаников известковистых
- N₁nt₁ - Неогеновая система. Миоцен. Нижняя подсвета. Пески, песчаники, прослои алевроитов, глин, алевролитов
- N₁ok - Неогеновая система. Миоцен. Окобыкайская свита. Глины, алевролиты, прослои песчаников, песков

Рис. 5 – Геологическое строение в кв. №10, в районе Чайвинского и Акутун-Дагинского



месторождения

-участки возможного сооружения ППХГ

Рис. 6 – Участки возможного сооружения подводных подземных хранилищ газ

Заключение

Многие экологические проблемы являются результатом действий, направленных на получение энергии - радиационное загрязнение, загрязнение воздуха выбросами угольных ТЭС, разливы нефти и пр. Использование газа тоже наносит ущерб окружающей среде, однако имеет и ряд преимуществ по сравнению с другими способами энергоснабжения.

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 экологических, геологических и социально-экономических 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 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.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих трудах:

Научные статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Маслова Л.В. Типизация территорий при поиске мест размещения подземных хранилищ газа // Разведка и охрана недр №10, 2019. С. 43-47.
2. 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» С.233-241.
3. Экзарьян В.Н., Маслова Л.В., Слащева А.В. Геоэкологические критерии типизации территорий для поиска мест размещения подземных хранилищ газа // Экология урбанизированных территорий №1, 2020. - 122 с. С.76-82.

Другие публикации:

1. 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. - М.:Буки - Веди. С. 171-175.
2. 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 - 3 декабря 2017 года: сборник статей. - М.: Буки-Веди. С.171-175.
3. 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. С. 77-81.
4. Маслова Л.В., Экзарьян В.Н. Биоэкологический мониторинг на подземных хранилищах газа // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. по материалам XI Международная науч.- практическая конференция студент., аспирантов и молодых ученых: в 3 т. ; Пермский гос. нац. исследовательский ун-т. - Пермь, 2018. С. 373-376.
5. Маслова Л.В. Газогеохимическое воздействие Калужского подземного хранилища газа на геологическую среду // ЛОМОНОСОВ - 2018. Сборник тезисов XXV Международной науч. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - МГУ имени Ломоносова, Москва. - 2018.
6. 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 Международной науч.- практической конференции / РГГРУ им. С. Орджоникидзе (МГРИ- РГГРУ). В 2 т. Т. 2 - М.: Издательство Н1П1 «Фильтроткани», 2018. С. 140-142.
7. Маслова. Л.В. Развитие единой регулируемой сети подземных хранилищ газа на Дальнем Востоке за счет газификации Магаданской области // Дальневосточная весна – 2020 : материалы 18-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности (5 июня 2020 г.). - Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. С. 178-184.