

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Республиканское унитарное предприятие
«Научно-производственный центр по геологии»

Объект авторского права
УДК 552.08+622.691.24(476)

ШПАК
Сергей Евгеньевич

**ГЕОЛОГИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ
В СВЯЗИ С СОЗДАНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ПОДЗЕМНЫХ
ХРАНИЛИЩ ГАЗА**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 25.01.01 – общая и региональная геология

Минск, 2026

Научная работа выполнена в республиканском унитарном предприятии
«Научно-производственный центр по геологии»

Научный руководитель **Левашкевич Владимир Георгиевич**,
доктор геолого-минералогических наук,
заместитель академика-секретаря
Отделения химии и наук о Земле
Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Беларусь

Официальные оппоненты: **Зуй Владимир Игнатьевич**,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор, профессор кафедры
региональной геологии факультета
географии и геоинформатики Белорусского
государственного университета, г. Минск,
Беларусь

Гирин Роберт Эдмундович, кандидат
геолого-минералогических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории
геотектоники и геофизики
государственного научного учреждения
«Институт природопользования
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Беларусь

Оппонирующая организация: Учреждение образования «Гомельский
государственный университет имени
Франциска Скорины», г. Гомель, Беларусь

Защита состоится 30 апреля 2026 г. в 11.00 на заседании Совета по
защите диссертаций К 12.01.01 при республиканском унитарном
предприятии «Научно-производственный центр по геологии» по адресу:
220084, г. Минск, ул. Академика Купревича, 7, Беларусь; e-mail ученого
секретаря: direkt_ig@geologiya.by; телефон ученого секретаря:
+375172827467.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке республиканского
унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии».

Автореферат разослан 25 марта 2026 г.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций К 12.01.01



С.В.Демидова

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 № 1084, для обеспечения энергетической безопасности и регулирования сезонной неравномерности газопотребления необходимо расширение объемов подземных хранилищ газа (ПХГ) на территории страны.

По состоянию на текущий момент в действующих ПХГ Беларуси может быть создан максимальный объем активного газа 1,14 млрд м³, что составляет 6 % от его годового потребления и недостаточно для обеспечения должного уровня стабильности и безопасности работы газотранспортной системы страны. Исходя из годового потребления природного газа Республики Беларусь, для обеспечения энергетической безопасности минимальный объем газовых хранилищ Беларуси должен составлять 1,7 млрд м³. По этой причине актуальной задачей является оптимизация эксплуатации действующих ПХГ и выявление геологических структур, пригодных для создания новых ПХГ с учетом требований ТКП 036-2006 (02230) «Правила создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в пористых пластах».

На юго-западе Беларуси, в Подляско-Брестской впадине, создано и эксплуатируется Прибугское ПХГ в пределах одноименной локальной геологической структуры, где резервуаром хранения газа служат кембрийские терригенные отложения. В этом регионе имеются другие локальные структуры, контролируемые тектоническими нарушениями, в кембрийских образованиях которых развиты водоносные горизонты с хорошими коллекторскими свойствами и пласты с надежными экранирующими характеристиками, имеются подводящие магистральные газопроводы.

Актуально акцентировать внимание на детализации особенностей геологического строения и литолого-петрофизических свойств кембрийских отложений Прибугской структуры с целью оптимизации эксплуатации ПХГ в ее пределах. Эти свойства могут быть использованы в качестве эталонных для поисков других геологических объектов в белорусской части Подляско-Брестской впадины – Брестской впадины (БВ), пригодных для создания новых ПХГ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Тема исследований соответствует пункту 3 «Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование», в части полезные ископаемые и изучение недр (Указ Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 № 156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы»).

Диссертационная работа выполнялась в рамках мероприятий Государственной программы обеспечения функционирования и развития Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь на 2011–2015 годы; подпрограммы 5 «Обеспечение функционирования, развития и совершенствования Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь» Государственной программы «Охрана окружающей среды, устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 годы и подпрограммы 5 «Национальная система мониторинга окружающей среды» Государственной программы «Охрана окружающей среды, устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 годы. Диссертационная работа выполнялась также в рамках производственных заданий ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»: «Определение геотермического режима пластов на Прибугском ПХГ методом высокоточной термометрии скважин с целью выявления гидродинамически активных пропластков и контроля производственного процесса», совместно с РУП «БелНИГРИ» (в настоящее время – государственное предприятие «НПЦ по геологии»), 2005–2008 гг.; проведение геоэкологического мониторинга на Прибугском ПХГ, совместно с Институтом природопользования НАН Беларуси, 2009–2025 гг.; реализация Технологического проекта эксплуатации Прибугского ПХГ и Комплексной программы по контролю герметичности Прибугского ПХГ, совместно с ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2015–2025 гг.

Цель, задачи, объект и предмет исследования. *Цель работы* – на основе петрофизического анализа горных пород кембрийских отложений Прибугской структуры детализировать ее геологическое строение и выявить особенности состава и свойств пород, определяющих эффективность эксплуатации Прибугского ПХГ и возможность обнаружения в Брестской впадине иных локальных структур, пригодных для создания новых ПХГ.

Задачи: 1) на основе изучения физических свойств горных пород и геофизических исследований скважин (ГИС) по вновь пробуренным скважинам уточнить геологическое строение рытской, страдечской, спановской, орлинской свит кембрия Прибугской структуры и детализировать положение разлома в ее пределах; 2) охарактеризовать изменчивость литологических и петрофизических свойств пород в объеме кембрийских отложений Прибугской структуры; 3) предложить пути повышения эффективности эксплуатации Прибугского ПХГ; 4) уточнить геологическое строение и характер пространственного размещения пород-коллекторов и пород-покрышек кембрийских отложений Кустинской, Высоковской и Антопольской локальных структур; 5) выявить новые геологические объекты, пригодные для подземного хранения газа в соответствии с требованиями ТКП 036 (02230) на основе сопоставления строения и распределения фильтрационно-емкостных и экранирующих свойств горных пород

кембрийских отложений в пределах Прибугской и других структур на юго-западе Беларуси.

Объект исследований – локальные структуры Брестской впадины.

Предмет исследований – вещественный состав, структурно-текстурные особенности и петрофизические свойства горных пород кембрийских отложений в пределах локальных структур.

Научная новизна. Впервые на основе данных геологоразведки, анализа вещественного состава, особенностей залегания пород и обработки геофизических материалов по скважинам определены параметры тектонического нарушения в пределах Прибугской структуры Брестской впадины. Впервые обнаружено существенное снижение фильтрационно-емкостных свойств пород в кровле нижнекембрийского пласта-коллектора ($\epsilon_{1str2-I}$), выявлено наличие «ленточной» пористости и проницаемости по напластованию пород пласта-покрышки ($\epsilon_{1str3-II}$) основной газовой залежи и присутствие практически непроницаемых маломощных существенно глинистых пропластков в песчаниках спановской свиты (ϵ_{1sp}). Показана связь коллекторских свойств пород-коллекторов и пород-покрышек с минеральным составом и постседиментационными изменениями. На основе изучения физических свойств горных пород выполнено разделение кембрийских отложений на пласты и тем самым детализировано геологическое строение локальных структур Брестской впадины.

Впервые выявлено сходство геологических и петрофизических характеристик кембрийских отложений Прибугской, Кустинской, Высоковской и Антопольской структур, актуализированы данные о положении стратиграфических границ кембрийских отложений. Предложен дополнительный маркер стратиграфической границы между вендскими и кембрийскими отложениями – наличие фосфора в породах рытской свиты.

Положения, выносимые на защиту:

1. Низкая проницаемость песчаников основного пласта-коллектора Прибугского ПХГ в зоне тектонического нарушения, контролирующего положение Прибугской локальной структуры, отсутствие контакта газовой залежи с разломом по замкнутой изогипсе –1115 м и практически повсеместное контактирование эксплуатационного пласта $\epsilon_{1str2-I}$ по разлому с глинистым пластом $\epsilon_{1str3-II}$ опущенного блока структуры обуславливают герметичность газовой залежи по латерали через разлом.

2. К литолого-петрофизическим особенностям кембрийского разреза Прибугской структуры, определяющим эффективность эксплуатации ПХГ в ее пределах и подходы к созданию новых ПХГ на юго-западе Беларуси, относятся: значительное ухудшение фильтрационно-емкостных свойств пород в кровле нижнекембрийского пласта-коллектора ($\epsilon_{1str2-I}$); наличие «ленточной» пористости и проницаемости по напластованию пород пласта-

покрышки ($C_{1str3-II}$) основной газовой залежи; присутствие практически непроницаемых маломощных существенно глинистых пропластков в песчаниках спановской свиты.

3. Геологическое строение Кустинской структуры и распределение фильтрационно-емкостных свойств пород в ее кембрийском разрезе идентичны таковым для Прибугской структуры, что позволяет определить перспективные объекты в пределах Кустинской структуры для хранения газа в нижнестрадаческих, спановских и орлинских отложениях, имеющих достаточно надежные покрышки и горизонты для контроля газовых залежей.

Личный вклад соискателя. В основу диссертации положены результаты исследований автора, полученные в ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» и РУП «БелНИГРИ». Автор принимал непосредственное участие в полевых и камеральных работах по отбору, описанию и документации кернового материала, обработке результатов лабораторных исследований горных пород, выявлению зон пониженной и повышенной пористости и проницаемости пород кембрийских и ордовикских отложений. Автором выполнена интерпретация и переинтерпретация материалов ГИС разведочных и эксплуатационных скважин ПХГ, созданы цифровые модели, проведена геолого-статистическая обработка материалов и анализ результатов геофизических исследований по 140 скважинам, 7 сейсмогеологическим разрезам по Прибугской, Кустинской, Высоковской и Антопольской структурам Брестской впадины.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Результаты исследований и основные положения работы доложены и обсуждены на следующих научных конференциях: Международная научная конференция «Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий», посвященная 90-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А.С. Махнача (Минск, 2008); IV Научно-практическая конференция «Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность» (Москва, 2012); VI Международная конференция «Моделирование газовых и нефтегазоконденсатных месторождений» (Москва, 2014); Международная научная конференция «Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых», посвященная 110-летию со дня рождения академика НАН Беларуси К.И. Лукашева (Минск, 2017); Международная научная конференция «Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий», посвященная 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А.С. Махнача (Минск, 2018); V Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды» (Брест, 2021).

Результаты диссертации внедрены в производственную деятельность ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» и учитываются при разработке режимов закачки

и отбора газа в/из ПХГ, ремонтных работах, в частности, при выборе интервала вскрытия пласта для увеличения производительности скважин.

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе: 4 статьи – в изданиях, включенных в перечень ВАК (1 без соавторов) объемом 3 авторских листа; 6 – в материалах научно-практических конференций; 2 тезисов докладов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав основной части, заключения, библиографического списка и приложений. Объем рукописи диссертации составляет 161 страницу, в том числе 38 рисунков, 31 таблицу, 3 приложения. Список использованных источников состоит из 61 наименования, в том числе 12 публикаций соискателя.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доктору геолого-минералогических наук В.Г. Левашкевичу за постоянное внимание, ценные советы и консультации. Автор признателен кандидату геолого-минералогических наук В.П. Самодурову и сотрудникам отдела физико-химических методов исследований бывшего РУП «БелНИГРИ» за помощь в определении химических и физических свойств горных пород Прибугской структуры и результаты, использованные автором.

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ И ЕЕ ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР

Целенаправленное геологическое изучение Брестской впадины начато в 30–40-е годы XX в. в рамках проведения геологической съемки территории Беларуси масштаба 1:200 000. Была составлена структурная карта по поверхности фундамента с выделением предполагаемых разломов. Результаты этих съемок обобщены Б.В. Бондаренко в отчете «Магнитные аномалии Белорусской ССР и их геологическое истолкование» (1948).

Позже, в ходе бурения скважин в южной части БВ, были вскрыты силурийские, ордовикские, кембрийские, верхнепротерозойские образования, и благодаря работам А.С. Махнача, В.И. Шкуратова, Г.В. Зиновенко, Л.В. Пискун, П.Л. Шульги, М.Е. Стрелковой изучены их литология и стратиграфия, установлено площадное распространение кембрийских отложений. Уточнение геологического строения региона продолжено в 1960-е годы XX в. В.К. Голубцовым, А.С. Махначом по результатам нефтепоисковых работ, включающих бурение глубоких скважин, геологические и геофизические исследования. Геологические данные, полученные при бурении первых скважин, которые вскрыли весь платформенный чехол и достигли кристаллического фундамента, были использованы при интерпретации геофизических полей и разработке

представлений о тектонике территории (А.С. Махнач, Г.Х. Дикенштейн, Л.М. Левина, П.П. Лиепиньш и др.). В 1965 г. на основе результатов гравиметрических и электроразведочных работ масштаба 1:200 000 А.Ф. Кишкурным, В.Н. Шуманом, В.М. Гринцевичем, А.П. Пинчуком, Б.П. Лычковским была составлена «Структурно-тектоническая схема Брестской впадины и смежных районов». На ней Г.В. Зиновенко и Р.Г. Гарецким выделены элементы II порядка – Высоковская, Порозовская и Антопольская депрессии, Кобринский выступ. Результативными оказались сейсмические исследования, позволившие выделить разрывные нарушения и локальные малоамплитудные структуры (Высоковская, Кустинская и др.), приблизиться к оценке достоверных глубин залегания поверхности кристаллического фундамента (В.Г. Остапенко, А.Ф. Кишкурный, Б.Ю. Масляк, В.П. Роднов, В.В. Жуков, В.А. Сон, А.Ю. Зюзькевич, И.Д. Кудрявец, 1966–1969 гг.). В ходе бурения опорных скважин в БВ получены данные, позволившие уточнить разрез осадочного чехла, дать подробное описание стратиграфических подразделений (А.М. Синичка, Г.В. Зиновенко, В.Я. Бессонова, З.В. Жицкая).

Одним из важных итогов нефтепоисковых работ было установление локальных геологических структур с мощными толщами терригенных, терригенно-карбонатных и карбонатных пород, среди которых выделены породы со свойствами коллекторов и покрышек. Наиболее выдержанными и мощными коллекторами оказались песчаники ровенского и доминопольского горизонтов (нижний кембрий), а также отложения орлинской свиты (средний кембрий). К этим подразделениям приурочены и породы-покрышки.

Детализация представлений о строении кембрийских отложений продолжилась в 1980-е гг. в результате бурения глубоких разведочных скважин с целью поисков в пористых пластах объектов для создания ПХГ. Уточнена стратиграфическая схема отложений, выполнена их корреляция в пределах юго-запада Беларуси (А.С. Махнач, В.И. Шкуратов, Г.В. Зиновенко, Л.В. Пискун, В.И. Абраменко), оценена возможность использования кембрийских образований для хранения газа, в частности, на Прибугской, Кустинской и Высоковской площадях (И.А. Кожемякина, В.Я. Бессонова, В.А. Даниленко, Я.А. Пилип, Ю.А. Мясников, Н.В. Бондаренко, Р.М. Егоров, М.Е. Никишина, А.М. Морозов, А.М. Барулина, Г.С. Жардецкая и др.).

Вначале приоритет был отдан Прибугской локальной структуре, в пределах которой с 1987 г. проводилось эксплуатационное бурение, результаты которого в значительной степени детализировали представления о геологическом строении структуры и ПХГ в ее пределах. Эти результаты обобщены в опубликованных и фондовых работах Г.В. Зиновенко, Т.В. Воскобойниковой, С.Н. Бейербах, В.Я. Ключа, В.Г. Левашкевича, В.П. Самодурова, Г.П. Бровки.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследований послужили данные бурения и ГИС по более чем 140 скважинам (с отбором более 300 образцов керна), расположенным по 7 профилям вкрест и вдоль простирания длинной оси Прибугской структуры, гидродинамических испытаний пластов, выполненных в процессе производственных работ ОАО «Газпром трансгаз Беларусь».

Получены и проанализированы результаты лабораторных исследований физических свойств горных пород (плотность, общая и открытая пористость, проницаемость по газу и воде и др.), данные гранулометрического, минералогического, рентгенофлюоресцентного анализов и определений карбонатности пород. Лабораторные данные получены в профильных подразделениях ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» и государственного предприятия «НПЦ по геологии».

Фактический материал использован для построения геологических разрезов с применением компьютерных программ GRAPHER и SURFER для моделирования плоскости разлома, построения структурных карт, статистической обработки данных.

Объектами исследования являются породы пластов-коллекторов и пластов-покрышек, слагающие разрез кембрийских отложений локальных структур БВ.

Согласно требованиям ТКП 036-2006 (02230), пригодными для хранения газа являются геологические объекты с пористостью пород, усредненной по площади залегания планируемой искусственной залежи, не менее 10–15 %, представленные водоносными пластами в терригенных коллекторах. Средняя проницаемость пород должна быть не менее 150 мД для водоносных пластов при глубине залегания до 1000 м. Как правило, мощность пласта-покрышки составляет не менее 2–3 м при глубине залегания до 600 м и 4–5 м при глубине более 600 м. Покрышка должна обеспечивать надежную изоляцию продуктивных горизонтов в условиях закачки и хранения газа от вышерасположенных отложений. В литологическом отношении наилучшими покрышками являются толщи глин и каменной соли.

После уточнения стратиграфических границ, перепривязки каротажа по ряду скважин и с учетом материалов бурения новых скважин скорректирована морфология поверхностей горизонтов Прибугской структуры.

При личном участии автора выполнены комплексные лабораторные исследования петрофизических свойств горных пород по образцам керна.

ГЛАВА 3. ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О СТРАТИГРАФИИ БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ И КЕМБРИЙСКОМ РАЗРЕЗЕ ЕЕ ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР

Кембрийская толща в пределах БВ представлена терригенными отложениями нижнего и среднего отделов мощностью до 440 м (Махнач и др.,

1985). Условия осадконакопления и тектонического развития территории способствовали формированию локальных структур, пригодных для создания ПХГ. Нижнекембрийская толща сложена образованиями томмотского, атдабанского, ботомского и тойонского ярусов. Томмотская часть нижнего кембрия состоит из ровенского и лонтоваского горизонтов.

Ровенский горизонт представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и каолинитово-гидрослюдистых глин мощностью до 30 м. Лонтоваский горизонт (до 155 м) складывается гидрослюдистыми алевролитистыми глинами, среди которых встречаются прослои песчаников.

Залегающая выше толща атдабанского яруса (доминопольский и вергальский горизонты) сложена преимущественно кварцевыми песчаниками, алевролитовыми и глинистыми прослоями.

Отложения раусвенского горизонта (до 50 м) представлены ботомским и тойонским ярусом, который складывается чередующимися гидрослюдисто-каолинитовыми глинами, алевролитами и песчаниками.

Среднекембрийская толща представлена амгинским ярусом и состоит из образований кибартайского горизонта (до 49 м) и орлинской свиты (до 74 м). Кибартайский горизонт – это переслаивание преимущественно кварцевых песчаников и алевролитов с гидрослюдистыми и гидрослюдисто-каолинитовыми глинами. Орлинские кварцевые песчаники, перемежающиеся алевролитами и глинами, перекрываются породами ордовика.

Далее описание разреза дано по региональным стратиграфическим подразделениям (горизонтам), принятым в производственной практике создания и эксплуатации ПХГ, – наименованиям местных подразделений (свит), в соответствии с которыми ровенский горизонт соответствует рытской свите, лонтоваский – страдечской, доминопольский – спановской, вергальский – бугской, раусвенский – величковичской, кибартайский – ставской.

Гидрогеологические условия БВ характеризуются мощной (до 1000 м) зоной активного водообмена.

Установлено, что рассматриваемые кембрийские отложения формировались в преимущественно мелководном морском бассейне, подверженном трансгрессиям с запада и юго-запада, регрессиям и перерывам в седиментации, что имело большое значение при формировании пород-коллекторов и пород-покрышек в их разрезе (Зиновенко, Воскобойникова, 2011).

БВ как структура в основном формировалась во время каледонского этапа тектонического развития территории Беларуси, который ознаменовался накоплением мощной толщи осадочных образований в результате значительного погружения территории. В это время произошло и образование локальных структур, обусловленное активизацией движения по разломам.

Наиболее крупное и изученное из поднятий – Прибугское, представляющее собой брахиантиклиналь северо-восточного простирания с амплитудой до 75 м по кровле ордовикских отложений и эффузивной толщи венда.

ГЛАВА 4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЛИТОЛОГО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИБУГСКОЙ СТРУКТУРЫ

В разрезе Прибугской структуры выделены все стратиграфические подразделения кембрия, известные в пределах БВ (Зиновенко, 1985, 1986).

На основании данных бурения на Прибугской площади в ходе опытной эксплуатации ПХГ автором уточнено и детализировано геологическое строение структуры, изучены литолого-петрофизические свойства пород.

Для детализации разреза кембрийских отложений построено 6 профилей, пересекающих структуру вкрест простирания, и один профиль вдоль ее длинной оси (рисунок 1А).

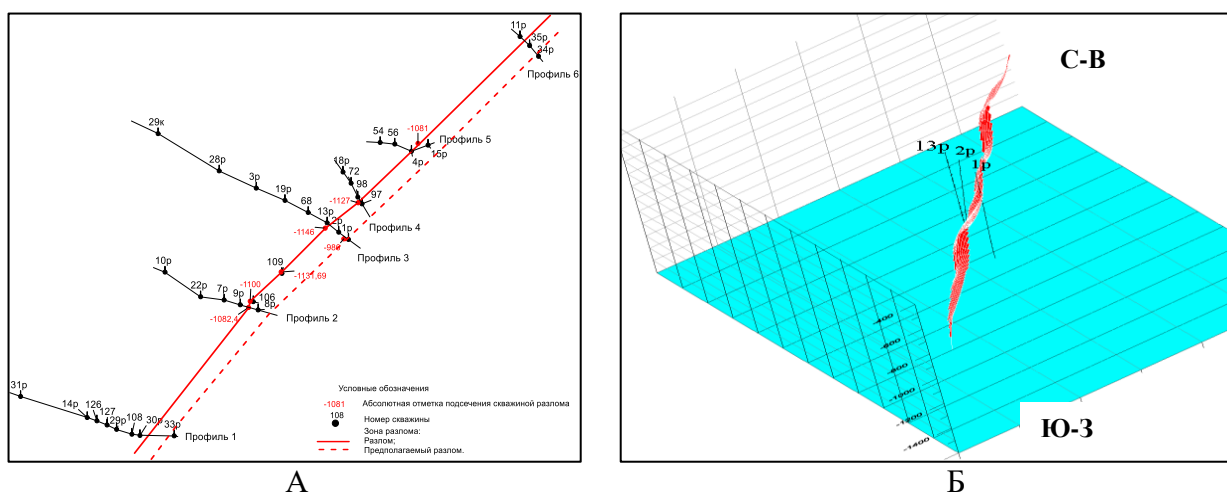


Рисунок 1 – Схема расположения профилей и скважин с отметками их пересечения разломом (А) и пространственное положение разлома в 3D изображении (Б)

Данные бурения скважин, результаты их геофизических исследований и изучения горных пород, материалы площадных сейсмических исследований использованы для построения геологических разрезов и уточнения положения разлома (рисунок 2).

Установлены координаты точек пересечения скважин с разломом по данным ГИС скважин и результатам исследования кернового материала (см. рисунок 1). Определен угол плоскости разлома, его амплитуда, протяженность, выполнена геологическая детализация зоны разлома и оценена его значимость в герметичности ПХГ.

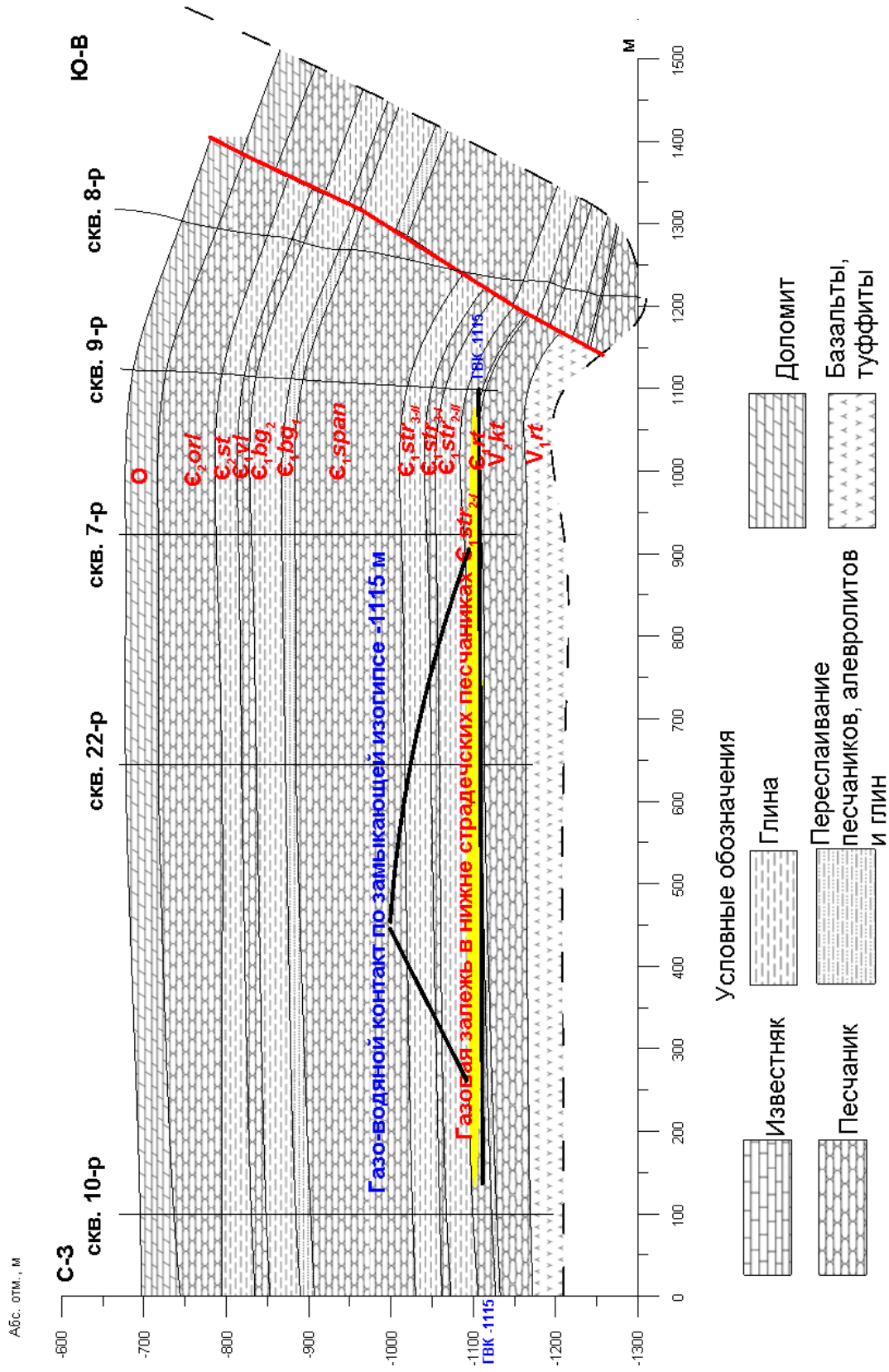


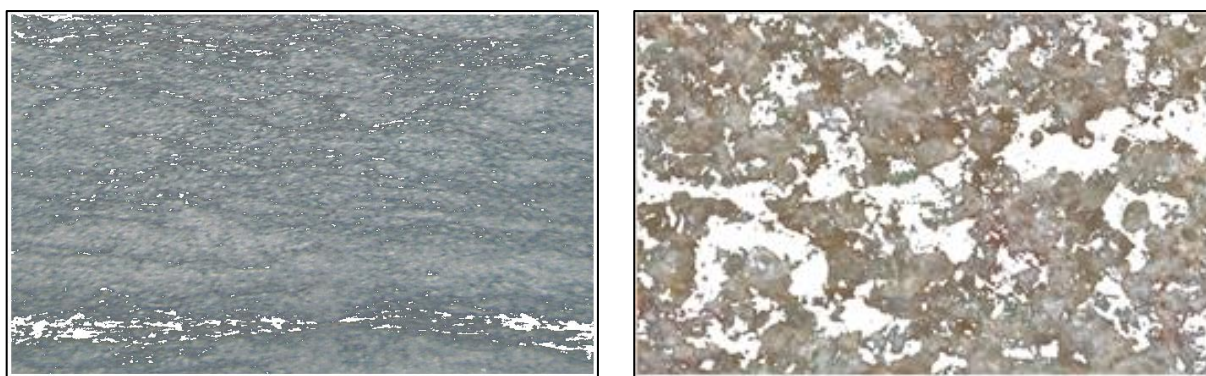
Рисунок 2 – Геологический разрез кембрийских отложений Пригубской структуры вдоль короткой оси по профилю скважин 10-р-22-р-7-р-9-р-8-р

Разлом прослеживается в скважинах 8-р, 106, 109, 1-р, 2-р, 97 и 15-р, где в приподнятом и опущенном блоках залегают отложения вендского, кембрийского, ордовикского возраста. Методика определения угла наклона плоскости разлома основана на аксиоме: «через три несовпадающие и не лежащие на одной прямой точки трехмерного пространства проходит единственная плоскость». Входными данными служили абсолютные отметки пересечения плоскости разлома скважинами с учетом искривления их стволов.

В результате моделирования определен угол плоскости разлома (в среднем 57 градусов) взбросового типа.

Нижняя граница рытской свиты – граница кембрийской системы в целом – отмечается не только сменой палеонтологических и литолого-минералогических характеристик, но и резкой сменой содержания фосфора в породах. Предположительно это связано с появлением в истории Земли организмов с хитиново-фосфатным скелетом.

Рытская свита представлена в кровле отложений в основном алевролитами, песчаниками с повышенной глинистостью и, как следствие, – с пониженными фильтрационно-емкостными свойствами, а в подошве – глинистыми алевролитами с проницаемостью преимущественно по напластованию (рисунок 3А). Выявлены зоны опесчанности пород (проницаемые литологические «окна»).



А

Б

Рисунок 3 – Фотографии фрагментов образца породы рытской свиты (глина алевритистая, глуб. 1234,6 м, скв. 71) с наличием порового пространства (белые участки) (А) и нижней пласт страдечской свиты (песчаник кварцевый, глуб. 1232,4 м, скв. 46) с наличием порового пространства (белые участки) (Б). Фондовые материалы ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

В разрезе страдечской свиты ($\epsilon_1 str$) прослеживаются четыре литологических пласта ($\epsilon_1 str_{2-I}$; $\epsilon_1 str_{2-II}$; $\epsilon_1 str_{3-I}$; $\epsilon_1 str_{3-II}$), отвечающие ритмам осадконакопления.

Породы нижнего пласта страдечской свиты ($\epsilon_1 str_{2-1}$) мощностью до 20 м представлены песчаниками (рисунок 3Б). Неравномерность фильтрационно-емкостных свойств в разрезе обусловлена формой зерен и особенностями их

упаковки, распределением цемента и характером катагенетических преобразований. Породы характеризуются малой глинистостью (0–5 %), относительно высокой проницаемостью (до 800 мД) и пористостью (до 25 %), однако в кровле имеются пропластки с повышенным (до 40 %) содержанием глинистых минералов, что снижает фильтрационно-емкостные свойства пород. В привзбросовой части структуры эффективная пористость снижается до 10 %. Аномально низкие значения ее отмечаются в скв. 4-р, непосредственно у разрывного нарушения в скв. 2-р, 9-р и 11-р на взбросовой и в скв. 8-р, 33-р под взбросовой частями структуры. Данные отложения используются в качестве основного пласта-коллектора для хранения газа Прибугского ПХГ.

Залегающий выше пласт $\text{Є}_{1\text{str}2-II}$ представлен чередованием глинистых пропластков с песчаными (преимущественно). По данным бурения установлено положение двух песчаных и трех глинистых пропластков, из которых средний в районе скв. 28 (северо-западное направление) сливается с верхним в один целый. Газопроницаемость глинистых пропластков изменяется от $4,15 \times 10^{-4}$ до $1,0 \times 10^{-3}$ мД. По шкале экранирующей способности глинистых пород (Ханин, 1969) породы относятся к группам С и Д (обладают средними и пониженными изолирующими способностями).

Заключительный ритм осадконакопления страдечской свиты в подошве представлен пластом ($\text{Є}_{1\text{str}3-I}$) разнозернистых кварцевых песчаников с глинистыми линзами. Пласт является контрольным для газовой залежи Прибугского ПХГ.

Заканчивается страдечская свита выдержанным по мощности и простиранию алеврито-глинистым пластом ($\text{Є}_{1\text{str}3-II}$). Его мощность в своде структуры составляет в среднем 30 м и по направлению к крыльям увеличивается до 40–45 м. Учитывая важное значение пласта $\text{Є}_{1\text{str}3-II}$ для подземного хранения газа в нижнестрадечских отложениях как покрывки, этим отложениям уделено повышенное внимание. Они представлены в основном алевролитоглинистыми полевошпатово-кварцевыми, слюдястыми породами.

Глинистость алевролитовых слоев составляет в среднем 12–25 %, достигая 62 % для отдельных участков. В теле отложений присутствуют весьма тонкие слои алеврито-песчаных прослоев (рисунок 4), которые практически не выделяются на диаграммах стандартного каротажа. Примером служит разрез скв. 44, в котором алеврито-песчаный слой определен на глубинах 1160–1161 м.

Здесь породы характеризуются пониженной глинистостью, низким содержанием окислов калия, железа, магния, алюминия, свидетельствуя об их принадлежности к песчаному ряду (рисунок 4Б). По данным обработки ГИС и

кернового материала установлено, что общая пористость пород пласта $\epsilon_{1str3-II}$ достаточно высокая – 15–17 %, а открытая – 13–15 %. Породы характеризуются в целом весьма низкой проницаемостью, составляющей доли и первые единицы мД. Это связано с тем, что пористость и проницаемость проявляются лишь вдоль напластования пород, формируя ленточные участки (рисунок 4А), которые выделяются и по химическому составу пород. Они имеют весьма низкую проницаемость вкrest напластования и повышенную в 8–10 раз – вдоль него.

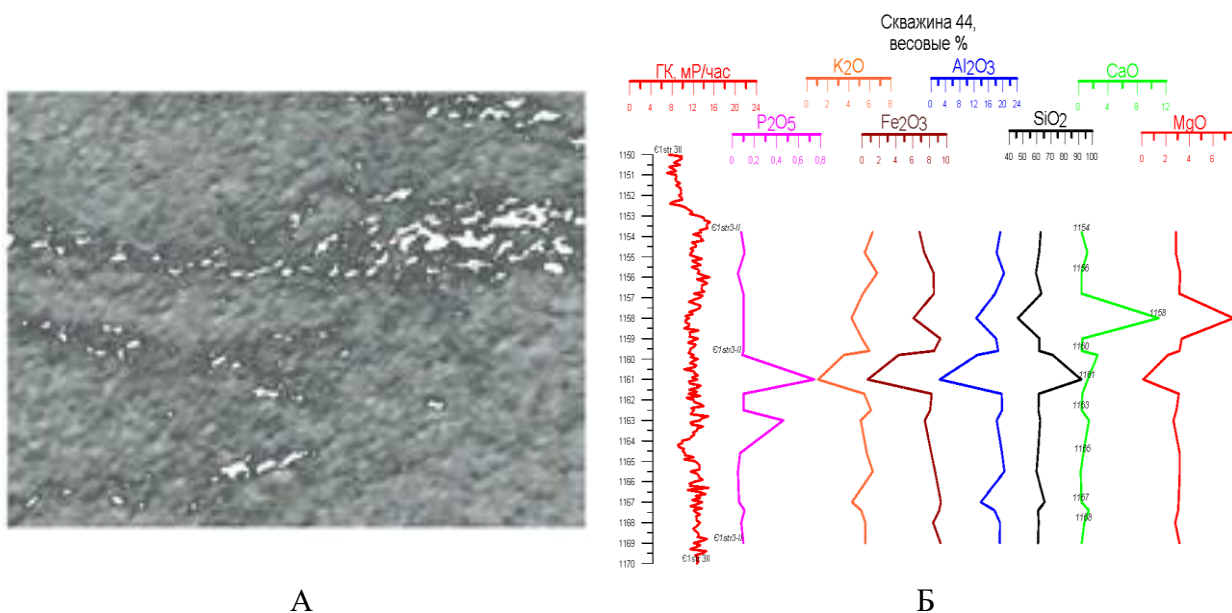


Рисунок 4 – Фотография пор (белые участки) в образце глин с глубины 1160 м, скв 44 (А) (фондовые материалы ОАО «Газпром трансгаз Беларусь») и вариации породообразующих оксидов в разрезе верхнестрадацких отложений скважины 44 (Б)

Повышенное содержание глинистой фракции в породах и весьма низкая их проницаемость вдоль оси керна свидетельствуют о высоких изолирующих свойствах отложений пласта ($\epsilon_{1str3-II}$) в целом, особенно учитывая их мощность и наличие практически непроницаемых слоев в теле структуры. Установлено, что породы обладают средними и пониженными изолирующими способностями (группы С и Д по Ханину, 1969).

На отложениях страдечской свиты залегает мощная (до 140 м), однородная по вещественному составу и фильтрационно-емкостным свойствам спановская свита. Она сложена кварцевыми (кварца больше 90 %) мелкозернистыми, реже среднезернистыми песчаниками. Их проницаемость достигает 800 мД, а пористость определяется, с одной стороны, гранулометрическим составом, с другой – типом цементации.

В толще свиты встречаются маломощные (до 2 м) прослои (пропластки) с выраженным слоистым строением. В них хорошо отсортированные кварцевые песчаники чередуются с песчаниками, часть порового пространства

которых заполнена каолинит-гидрослюдистым цементом (до 17 %) (например, на глуб. 1091,6 м, скв. 74) (рисунок 5А). В таких прослоях значительно снижены открытая пористость и проницаемость (рисунок 5Б). Здесь отмечаются повышенные содержания оксидов железа, калия, алюминия, магния и натрия, которые имеют тесную связь с содержанием глинистых минералов. Истинное положение пропластков и свойств пород, отобранных из ряда скважин в пределах Прибугской структуры, определено на основе изучения вещественного состава и физических свойств пород.

Установлено, что наиболее значимые пропластки, способные служить локальной крышкой и удерживать значительные объемы газа, локализируются в прикровельной и средней частях спановских отложений.

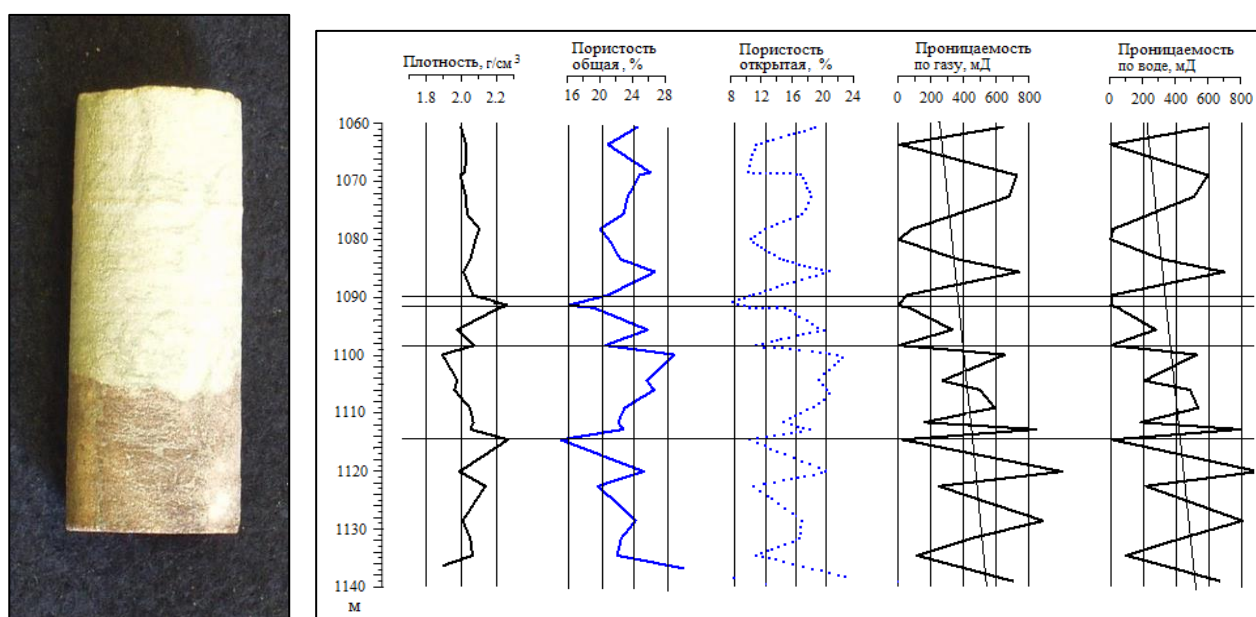


Рисунок 5 – Слоистость в образце керна с глубины 1091,6 м, скв. 74 (А) и изменение физических параметров пород спановской свиты по глубине скв. 74 (Б). Фондовые материалы ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

Отложения бугской свиты, залегающей на породах спановской свиты, в верхней части преимущественно представлены мелко-, средне- и крупнозернистыми песчаниками с карбонатным и глинистым цементом и алевролитами с прослоями и линзами глин мощностью от 9 м. В основании свиты прослеживается маломощный (0,5–7,0 м) пласт плотных выклинивающихся глин с весьма низкой проницаемостью (0,0004–0,0006 мД). Отсутствие таких пород в районе расположения скв. 16 и 37 приводит к гидродинамической связи песчаников свиты с гидродинамической системой спановского коллектора, что ставит под сомнение отнесение бугских отложений в качестве крышки для спановских песчаников.

Величковичская и ставская свиты играют незначительную роль в эксплуатации ПХГ, в связи с чем их породы детально не рассматривались.

Орлинская свита, завершающая кембрийский разрез Прибугской структуры, повсеместно представлена песчаниками. Это один из контрольных горизонтов ПХГ. Вместе с тем, данная свита может быть самостоятельным объектом хранения газа. Надежным флюидоупором (покрышкой) газовой залежи могут служить отложения ордовика и силура.

Песчаники свиты характеризуются почти мономинеральным кварцевым составом (до 90 %) и низким содержанием других минералов, что определяет их высокие фильтрационно-емкостные свойства. Общая пористость песчаников в среднем 18 %, открытая – 15 %, проницаемость – более 450 мД по газу, что связано с отсутствием цемента в большей части порового пространства.

Орлинские отложения перекрываются породами ордовика, при этом важны результаты исследований фильтрационно-емкостных свойств последних с целью определения их пригодности в качестве покрышки (таблица).

Ордовикские породы представлены преимущественно волнисто-слоистыми органогенными известняками. В них практически отсутствует трещиноватость, по которой возможно движение газа (видимые трещины залечены и практически водо-, газонепроницаемы). Глинистый материал сосредоточен в отдельных слоях и в цементе детрита. Поры размером 0,07–0,09 мм. Так как размер пор весьма мал, то проницаемость образцов пород незначительна (таблица).

Таблица – Фильтрационно-емкостные параметры образцов пород ордовика Прибугской структуры

Глубина, м	Плотность, г/см ³	Пористость, %		Проницаемость, мД	Остаточная водонасы- щенность, %
		Общая	Открытая		
Скв. 45. Исследовано 46 образцов					
807,5-852,5	1,84-2,64	1,27-30,96	0,90-7,53	0,0213-0,3116	33,70-86,14
Скв. 98. Исследовано 7 образцов					
836,72-886,65	2,38-2,66	3,2-12,3	0,8-3,2	0,02-0,2	-

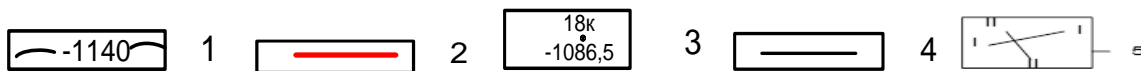
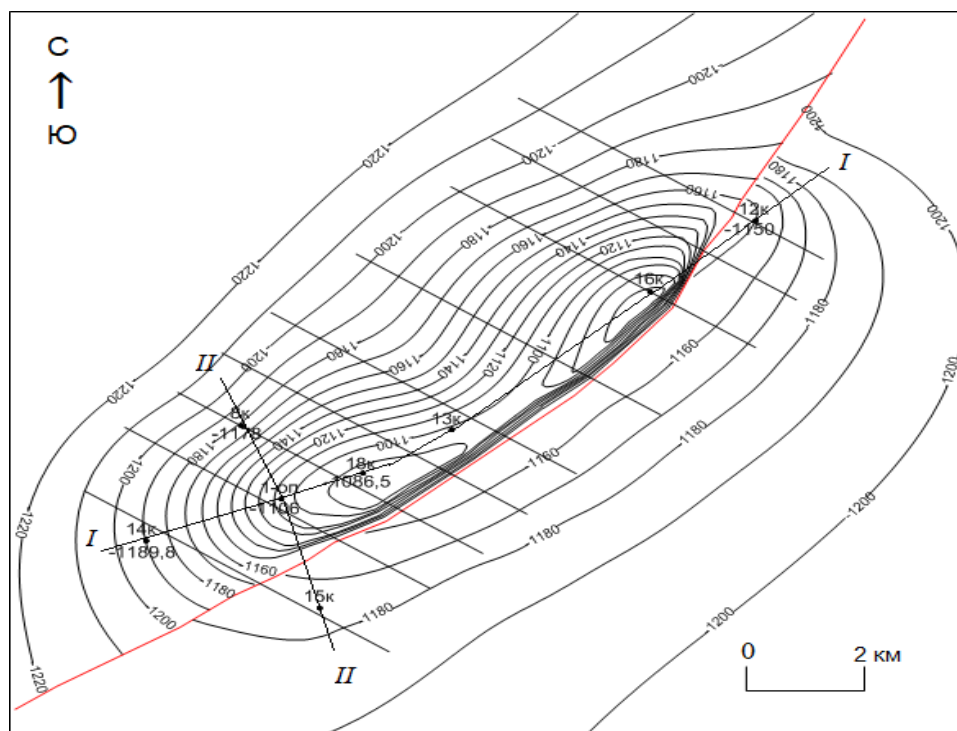
Поры расположены преимущественно по напластованию, в связи с чем проницаемость пород в этом направлении значительно (практически в 10 раз) превышает проницаемость вдоль оси керна. Открытая пористость карбонатных пород в среднем составляет 1–3 %. Остаточная водонасыщенность пород из-за их низкой пористости и практически полного отсутствия связанности пор весьма высокая и составляет 60–70 %, и только

для отдельных образцов она понижается до 30–35 %. Ордовикские отложения могут быть отнесены к группе D (пониженные экранирующие способности). В целом, породы ордовика могут быть покрывкой для орлинских отложений.

ГЛАВА 5. КУСТИНСКАЯ, ВЫСОКОВСКАЯ И АНТОПОЛЬСКАЯ ЛОКАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА В КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ

С учетом материалов детального изучения кембрийских отложений Прибугской структуры как эталонной, представлены результаты исследования на Кустинской, Высоковской и Антопольской структурах, включающие геолого-гидродинамическую и литолого-стратиграфическую характеристику разрезов, детальное расчленение отложений на пачки с выделением пластов-коллекторов и пластов-покрывок, оценку фильтрационно-емкостных свойств пород.

Кустинское антиклинальное поднятие северо-восточного простирания хорошо прослеживается по всем опорным горизонтам кембрия и имеет по ним сходные с Прибугским поднятием размеры, морфологию и амплитуду (рисунок 6). Кембрийские образования на Кустинской структуре расположены глубже почти на 100 м, чем в пределах Прибугской структуры.



1 – Изогипсы по поверхности пласта-коллектора $\epsilon_{1str2-i}$ страдечских отложений нижнего кембрия;
2 – тектоническое нарушение; 3 – скважины: сверху номер скважины, снизу – абсолютная отметка кровли $\epsilon_{1str2-i}$; 4 – сейсмопрофили; 5 – линии профилей построения разрезов

Рисунок 6 – Структурная карта поверхности пласта-коллектора $\epsilon_{1str2-i}$
Кустинской структуры

Уточнено положение пластов-коллекторов, пластов-покрышек и оценены их фильтрационно-емкостные свойства. Выделен ряд горизонтов с породами, обладающими хорошими коллекторскими свойствами: открытая пористость 14,7–25,2 %, проницаемость 7,13–240,33 мД. Установлены пласты пород, обладающие свойствами пластов-покрышек.

Отложения $\text{Є}_1\text{str}_{2-I}$ представлены песчаниками кварцевыми, полевошпатово-кварцевыми с глауконитом. Пористость и проницаемость отложений сравнимы с таковыми для пород Прибугской структуры, что относит их к породам-коллекторам с высокими фильтрационно-емкостными свойствами, пригодными для хранения газа. В качестве надежного флюидоупора выступают практически непроницаемые алеврито-глинистые породы пласта $\text{Є}_1\text{str}_{3-II}$.

Высокими фильтрационно-емкостными свойствами характеризуются спановская и орлинская свиты. Исследованы также перекрывающие их горизонты, которые могут служить крышкой.

Схожесть условий осадконакопления в кембрийское время в пределах Кустинской и Прибугской структур и особенностей их тектонического развития, а также корреляция данных каротажа скважин и результаты исследований состава и литолого-петрофизических свойств пород Прибугской структуры дают основание предполагать близость свойств одноименных пород-коллекторов и пород-покрышек названных структур.

Площадь поверхности пласта-коллектора $\text{Є}_1\text{str}_{2-I}$ по изогипсе –1150 м достигает 16 км². Пласт наклонен в юго-западном направлении, как и для Прибугской структуры. С юго-востока структура осложнена тектоническим нарушением (см. рисунок 6). Амплитуда разлома в купольной части составляет 80–90 м.

Изучение **Высоковской структуры** проведено с привлечением фондовых материалов ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» в сопоставлении с данными детальными исследованиями керна Прибугской структуры. Привлечены данные (каротажные диаграммы, описание керна и др.) по трем скважинам (1к, 20к, 21к), а также материалы сейсмических исследований. Высоковское поднятие осложнено нарушением северо-восточного простирания с амплитудой 215 м по поверхности кристаллического фундамента и 186 м по поверхности ордовика. Кембрийские отложения мощностью до 350 м залегают здесь на глинах котлинского горизонта и перекрываются отложениями нижнего ордовика. В пределах структуры выделены литологические объекты, близкие по строению и составу к таковым на Прибугской и Кустинской структурах (рисунок 7).

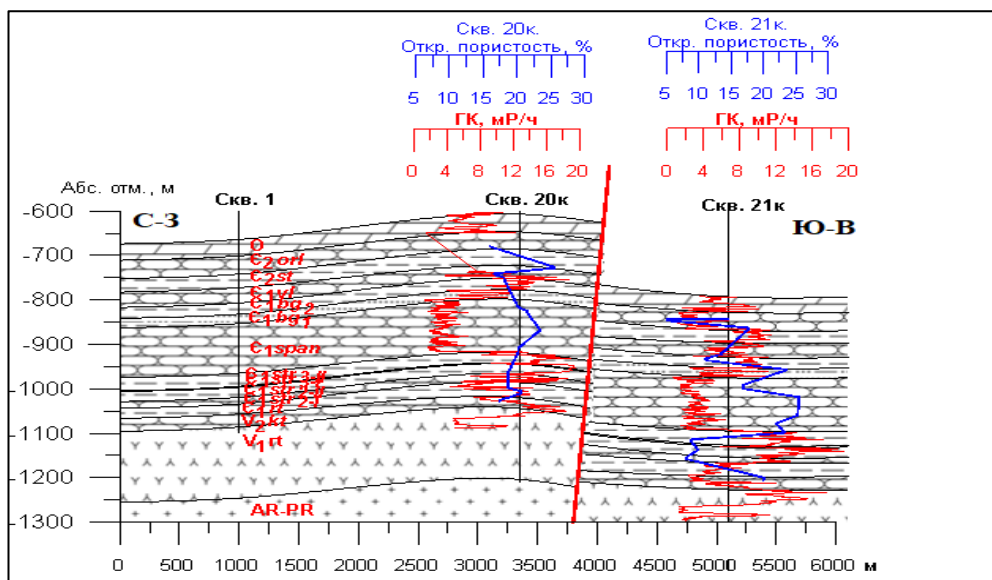


Рисунок 7 – Разрез кембрийских отложений вдоль малой оси Высоковской структуры.
Условные обозначения см. на рис. 2

Оценены фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов и пород-покрышек, уточнены их границы, мощности, распространение по площади.

Перспективными объектами для хранения газа являются нижнестратечские, спановские и орлинские песчаники, обладающие хорошими коллекторскими свойствами и перекрытые породами-покрышками с изолирующими свойствами. Выделенные отложения уверенно отображаются на диаграммах каротажа скважин и коррелируют с одновозрастными образованиями Прибугской структуры.

Приведены результаты гидродинамических исследований скважин, подтверждающие наличие хорошо проницаемых пород-коллекторов и пород-покрышек в пределах Высоковской структуры. Оценены объемы возможного хранения газа в предлагаемых отложениях, которые могут достигать 540 млн м³ активного газа.

Антопольская структура выделена Белорусским геофизическим трестом в 1970 г. по данным сейсмических исследований. В ее пределах пробурена лишь одна скважина 11к, вскрывшая кембрийские отложения на полную мощность. В составе отложений выделен ряд литологических пачек, которые отчетливо прослеживаются в пределах ранее исследованных структур. Дано их литологическое описание. Приведены параметры пластов-коллекторов (пористость 16,0–25,5 %, газопроницаемость 106,0–144,6 мД) и оценена экранирующая способность глинистых, алевролито-глинистых образований в качестве покрышки. Отмечена недостаточность фактического материала для вывода о пригодности отложений структуры для создания ПХГ. Необходимы детальные сейсмические и буровые работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате диссертационного исследования впервые получены новые экспериментальные данные о физических и фильтрационно-емкостных свойствах горных пород кембрийских отложений Прибугской структуры Брестской впадины и проведен их анализ в связи с подземным хранением газа.

Основные научные результаты диссертации

1. Установлено значительное снижение фильтрационно-емкостных свойств пород в кровле основного пласта-коллектора $\epsilon_{1str2-I}$, обусловленное повышением в их составе содержания глинистых минералов группы каолинита и гидрослюды до 40 %, плотности пород до 2,3 г/см³, понижением общей (14–15 %) и открытой (12–13 %) пористости. Проницаемость таких пород по газу вдоль оси керна не превышает 1 мД [2, 4, 5, 7, 9, 10].

2. Выявлено, что относительно высокая общая пористость пород основного пласта-покрышки $\epsilon_{1str3-II}$ (15–17 %) обусловлена в большей степени присутствием в его составе не определяемых геофизическим методом весьма тонких алевроито-песчаных прослоев с относительно повышенными (в 8–10 раз) значениями пористости и проницаемости по напластованию пород относительно их значений. Вкрест напластования породы пласта-покрышки $\epsilon_{1str3-II}$ характеризуются весьма низкой проницаемостью, составляющей доли и иногда первые единицы мД [2, 4, 5, 7, 9, 10].

3. В отложениях спановской свиты, сложенных кварцевыми (кварца больше 90 %) в основном мелкозернистыми песчаниками с общей проницаемостью до 800 мД, установлено наличие практически неопределяемых геофизическими методами весьма маломощных (до 1–2 м) пропластков пород с весьма низкими фильтрационными характеристиками. Породы этих пропластков отличаются от основных пород спановских отложений часто повышенной плотностью (до 2,3 г/см³), низкими значениями общей (до 16 %) и открытой (до 8 %) пористости, присутствием глинистых минералов в поровом цементе, что обуславливает практическое отсутствие проницаемости вкрест напластования пород (проницаемость по газу менее 0,1 мД). Фильтрационно-емкостные параметры таких пропластков сравнимы с таковыми для пород-покрышек [3–5, 9, 10].

4. Показано, что основной пласт-коллектор хранения газа в поднятом крыле страдечских отложений Прибугского ПХГ ($\epsilon_{1str2-I}$) в зоне газовой залежи практически повсеместно контактирует по разлому с глинистыми породами опущенного блока пласта-покрышки $\epsilon_{1str3-II}$, определяя герметичность искусственной газовой залежи в местах такого контакта, что подтверждено комплексными гидродинамическими исследованиями скважин на опущенном и приподнятом блоках структуры. В местах контакта по разлому основного пласта-коллектора хранения газа с проницаемыми породами отложений опущенного блока структуры герметичность газовой залежи достигается

отсутствием ее контакта с зоной разлома по изогипсе –1115 м, определяемой проектной документацией по эксплуатации ПХГ [2–4, 6, 7, 9–11].

5. Установлено, что породы пластов-коллекторов и пластов-покрышек кембрийских отложений характеризуются широким спектром фильтрационно-емкостных свойств, что обусловлено формой зерен и особенностями их упаковки в породе, распределением и типом порового цемента, характером катагенетических преобразований. В процессе постседиментационных изменений в таких отложениях формировались тонкие пропластки с повышенной проницаемостью по напластованию пород в пластах-покрышках и пониженной проницаемостью вкrest напластованию пород в пределах пород-коллекторов. Наличие таких образований имеет важное значение при контроле газовой залежи или регулировании процессов ее эксплуатации [2, 5, 7, 9, 12].

6. Выявлено скачкообразное повышение оксидов фосфора в породах рытской свиты нижнего кембрия по отношению к породам котлинского горизонта венда, что может быть использовано как один из маркеров границы между этими образованиями. Предположительно это связано с появлением в истории Земли организмов с хитиново-фосфатным скелетом [2, 4, 10].

7. Сравнительный анализ геологического строения, петрофизических свойств пород и условий образования локальных структур Брестской впадины с учетом результатов детальных исследований пород Прибугской структуры (как эталона) показал, что кембрийские отложения Кустинской структуры наиболее полно удовлетворяют требованиям ТКП 036-2006 (02230) «Правила создания и эксплуатации ПХГ в пористых пластах», и в ее пределах может быть создано ПХГ в кембрийских отложениях. Высоковская и Антопольская локальные структуры оцениваются как перспективные [1, 2, 8, 11].

8. Показано, что Кустинская локальная структура может быть использована в качестве объекта для подземного хранилища газа. При этом практически идентичность геологического строения и распределения фильтрационно-емкостных свойств горных пород в кембрийской толще Кустинской локальной структуры с таковыми параметрами Прибугской структуры позволят значительно уменьшить объемы буровых работ с подъемом керна при подготовке Кустинского поднятия к созданию ПХГ [1, 11].

Рекомендации по практическому использованию результатов

На основе детализации геологического строения и анализа распределения петрофизических свойств кембрийских отложений Прибугской структуры даны рекомендации о наиболее благоприятных и неблагоприятных интервалах эксплуатации пласта-коллектора и о перспективных направлениях строительства эксплуатационных скважин.

Полученные результаты могут быть рекомендованы к методическому сопровождению производственного процесса строительства новых, ремонта или реконструкции существующих скважин.

Результаты внедрены в производственный процесс ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», что подтверждается двумя актами о внедрении, и учитываются при разработке режима закачки и отбора газа в/из ПХГ, ремонтных работах, выборе интервалов вскрытия страдечского эксплуатационного пласта $\epsilon_{1str2-I}$ и спановского контрольного горизонта ϵ_{1sp} .

Детализация и уточнение геологического разреза в целом и фильтрационно-емкостных свойств в частности может способствовать более точной оценке объема газа как в пласте-коллекторе, так и обосновать его нахождение в пласте-покрышке и контрольных горизонтах, а также отсутствие газа в кровле эксплуатационного пласта $\epsilon_{1str2-I}$, что в свою очередь обосновывает необходимость перевода эксплуатационных, наблюдательных скважин пласта $\epsilon_{1str2-I}$ и скважин системы разгрузки газа спановского горизонта ϵ_{1sp} на эксплуатацию в других интервалах.

Уточнение морфологии пластов, подтверждение герметичности газовой залежи по разлому, а также выявленные особенности фильтрационно-емкостных свойств в приразломной зоне и на периклиналях структуры могут быть использованы и учтены при обосновании наблюдательной сети скважин при выполнении работ по геоэкологическому мониторингу.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке геолого-гидродинамической и геолого-петрофизической модели Прибугского ПХГ, при подготовке проекта геологоразведочных работ в пределах Кустинской, Высоковской и Антопольской локальных структур, а также для выполнения детальных сейсмических исследований для оконтуривания ловушки в пределах данных структур.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК

1. Шпак, С. Е. Геологическое строение страдечских отложений нижнего кембрия Кустинского поднятия и перспектива создания подземного хранилища газа / С. Е. Шпак // Природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 9–13.

2. Шпак, С. Е. Геологическое строение и емкостные свойства нижнекембрийских отложений Прибугской локальной структуры и сопредельных территорий Подляско-Брестской впадины / С. Е. Шпак, Я. Г. Грибик // Літасфера. – 2018. – № 2 (49). – С. 34–53.

3. Левашкевич, В. Г. Состав и физико-химические свойства пород-коллекторов спановской свиты Прибугской структуры Подляско-Брестской впадины / В. Г. Левашкевич, В. П. Самодуров, С. Е. Шпак // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2018. – Т. 54, № 3. – С. 349–358. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2018-54-3-349-358>

4. Шпак, С. Е. Физические свойства пород кембрийских отложений Прибугской структуры Подляско-Брестской впадины / С. Е. Шпак // Природопользование. – 2022. – № 1. – С. 103–111.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

5. Шпак, С. Е. Особенности геологического строения Прибугского поднятия (Подляско-Брестская впадина) в связи с эксплуатацией подземного хранилища газа / С. Е. Шпак // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. академика НАН Беларуси А. С. Махнача, Минск, 9–10 дек. 2008 г. / РУП «БелНИГРИ»; редкол.: Я. И. Аношко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 323–327.

6. Шпак, С. Е. Детализация зоны разлома Прибугского локального поднятия / С. Е. Шпак // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 110-летию со дня рожд. академика НАН Беларуси Константина Игнатьевича Лукашева, Минск, 23–25 мая 2017 г., г. Минск / БГУ; отв. ред. О. В. Лукашев. – Минск, 2017. – С. 85–88.

7. Левашкевич, В. Г. Состав и физические свойства пород-коллекторов и покрышек верхнего протерозоя и нижнего кембрия Прибугской структуры в Подляско-Брестской впадине / В. Г. Левашкевич, С. Е. Шпак // Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. академика НАН Беларуси А. С. Махнача, Минск, 21–22 ноября 2018 г., г. Минск / Ин-т природопользования НАН Беларуси, редкол.: А. А. Махнач [и др.]. – Минск, 2018. – С. 106–109.

8. Шпак, С. Е. Геологическое строение и емкостные свойства кембрийских отложений Кустинского локального поднятия Брестской впадины как перспективного объекта для создания подземного хранилища газа / С. Е. Шпак // Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: материалы Междунар. науч.

конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. академика НАН Беларуси А. С. Махнач, Минск, 21–22 ноября 2018 г., г. Минск / Ин-т природопользования НАН Беларуси, редкол.: А. А. Махнач [и др.]. – Минск, 2018. – С. 194–197.

9. Шпак, С. Е. Характеристика состава и физических свойств пород кембрийских отложений Прибугской структуры / С. Е. Шпак, В. Г. Левашкевич // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: сб. матер. V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г., г. Брест / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: С. А. Лысенко [и др.]. – Ч. 1. – Брест, 2021. – С. 157–159.

10. Левашкевич, В. Г. Характерные особенности вещественного состава и физических свойств кембрийских отложений Прибугской локальной структуры Брестской впадины / В. Г. Левашкевич, В. П. Самодуров, С. Е. Шпак // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: сб. матер. V Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 27–29 сент. 2021 г., г. Брест / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: С. А. Лысенко [и др.]. – Ч. 1. – Брест, 2021. – С. 79–84.

Тезисы докладов

11. Шпак, С. Е. Брестская впадина как перспективная область для создания комплекса ПХГ / С. Е. Шпак // Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность: сб. тез. докл. IV Междунар. науч. конф. – ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – Москва, 2012. – С. 20.

12. Шпак, С. Е. Применение геологической модели Прибугского ПХГ для оптимизации размещения дополнительных эксплуатационных скважин / С. Е. Шпак, С. А. Воронов, Р. Р. Исхаков // Моделирование газовых и нефтегазоконденсатных месторождений: сб. тез. докл. V Междунар. науч. конф. – ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – Москва, 2014. – С. 33.

РЕЗЮМЕ

Шпак Сергей Евгеньевич

Геология локальных структур Брестской впадины в связи с созданием и эксплуатацией подземных хранилищ газа

Ключевые слова: кембрийские отложения, локальная структура, разлом, коллекторские свойства, флюидоупор, пласт-коллектор.

Цель исследования: на основе изучения физических свойств горных пород кембрийских отложений выявить и проанализировать особенности геологического строения и распределения литолого-петрофизических характеристик кембрийских отложений в пределах Прибугской структуры, направленные на повышение эффективности эксплуатации Прибугского ПХГ и выявление новых локальных структур на юго-западе Беларуси, пригодных для создания ПХГ.

Методы исследования: анализ ГИС, описание образцов керна, петрофизические исследования, корреляционный метод, метод математического моделирования.

Полученные результаты и их новизна: Установлено снижение фильтрационно-емкостных свойств пород в кровле нижнекембрийского пласта ($\text{Є}_{1\text{str}2-I}$). Выявлена высокая общая пористость (15–17 %) пород пласта ($\text{Є}_{1\text{str}3-II}$), обусловленная присутствием в его составе тонких алеврито-песчаных прослоев по напластованию пород. Установлены параметры дизъюнктивного нарушения Прибугской структуры. Предложен дополнительный маркер стратиграфической границы между вендскими и кембрийскими отложениями по наличию фосфора. Установлена взаимосвязь коллекторских свойств горных пород с минералогическими характеристиками и постседиментационными изменениями пород. Установлено наличие практически непроницаемых маломощных существенно глинистых пропластков в песчаниках спановской свиты. Выявлено сходство геологических и петрофизических характеристик кембрийских отложений Прибугской, Кустинской, Высоковской, Антопольской структур.

Рекомендации по использованию: Основные результаты работы опубликованы. Они использованы в практике эксплуатации Прибугского ПХГ при уточнении расчленения кембрийских отложений, рациональном размещении скважин и выборе интервалов их перфорации, выработке мероприятий по управлению газовой залежью, организации геоэкологического мониторинга ПХГ.

Область применения: геология, исследования горных пород, создание и эксплуатация подземных хранилищ газа.

РЭЗІЮМЭ

Шпак Сяргей Яўгенавіч

Геалогія лакальных структур Брэстскай ўпадзіны ў дачыненні да стварэння і эксплуатацыі падземных сховішчаў газа

Ключавыя словы: кембрыійскія адклады, лакальная структура, разлом, калектарскія ўласцівасці, флюідаўпор, пласт-калектар.

Мэта даследавання: на аснове вивучэння фізічных уласцівасцяў горных парод кембрыійскіх адкладаў выявіць і прааналізаваць асаблівасці геалагічнай будовы і размеркавання літолага-петрафізічных характарыстык кембрыійскіх адкладаў у межах Прыбугскай структуры, накіраваныя на павышэнне эфектыўнасці эксплуатацыі Прыбугскага ПСГ і выяўленне новых лакальных структур на паўднёвым захадзе Беларусі, прыдатных для ПСГ.

Метады даследаванняў: аналіз ГДС, апісанне ўзораў керна, петрафізічныя даследаванні, карэляцыйны метады, метады матэматычнага мадэлявання.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: устаноўлена зніжэнне фільтрацыйна-емкасных уласцівасцяў парод у кроўлі ніжнекембрыійскага пласта $E_{1str2-I}$. Выяўлена высокая агульная порыстасць (15–17 %) парод пласта $E_{1str3-II}$, абумоўленая прысутнасцю ў яго складзе тонкіх алеўрытава-пячаных праслояў па напластаванню парод. Устаноўлены параметры дыз'юнктыўнага парушэння ў межах Прыбугскай структуры. Прапанаваны дадатковы маркер стратыграфічнай мяжы паміж вендскімі і кембрыійскімі адкладамі па наяўнасці фосфару. Устаноўлена ўзаемасувязь калектарскіх уласцівасцяў горных парод з мінералагічнымі характарыстыкамі і постседыментацыйнымі змяненнямі парод. Устаноўлена наяўнасць практычна непранікальных маламагутных істотна гліністых прапласткаў у пячаніках спанаўскай світы. Выяўлена падабенства геалагічных і петрафізічных уласцівасцяў кембрыійскіх адкладаў Прыбугскай, Кушцінскай, Высокаўскай, Антопальскай структур.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: Асноўныя вынікі працы апублікаваны. Яны выкарыставаны ў практыцы эксплуатацыі Прыбугскага ПСГ пры ўдакладненні расчлянэння кембрыійскіх адкладаў, рацыянальным размеркаванні свідравін і выбары інтэрвалаў іх перфарацыі, выпрацоўцы мерапрыемстваў па кіраванню газавай залежжы, арганізацыі геаэкалагічнага маніторынга ПСГ.

Галіна прымянення: геалогія, даследаванні горных парод, стварэнне і эксплуатацыя падземных сховішчаў газа.

SUMMARY

Siarhei Y. Shpak

Geology of local structures of Brest Depression in connection with underground gas storages building and exploitation

Key words: Cambrian deposits, local structure, fault, reservoir conditions, fluid seal, collector layer.

Purpose of the research: based on the study of the physical properties of rocks of the Cambrian sediments, to identify and analyze the features of the geological structure and distribution of lithological and petrophysical characteristics of Cambrian deposits within Pribug structure, aimed at increasing operation efficiency of the Pribug UGS and identifying of new local structures in the southwest of Belarus suitable for creation UGS in Cambrian sediments.

Research methods: GWR-analysis, drill sample description, petrophysical research, correlation method, mathematic modelling method.

The results obtained and their novelty: decrease in the filtration-capacitive properties of rocks in the roof of the main reservoir bed $\epsilon_{1str2-I}$ was established. High total porosity of rocks of the caprock bed $\epsilon_{1str3-II}$ (15–17%) was revealed due to the presence of thin silt-sand interlayers along the bedding of rocks. The parameters of the disjunctive disturbance within the Pribugskaya structure were established. An additional marker of the stratigraphic boundary between the Vendian and Cambrian deposits based on the presence of phosphorus was proposed. The relationship between the reservoir properties of rocks and the mineralogical characteristics and postsedimentary changes in the rocks was established. The presence of thin impermeable clayey interlayers in the sandstones of the Spanovskaya suite was established. Similarity of geological and petrophysical characteristics of Cambrian deposits on the Pribugskaya, Kustinskaya, Vysokovskaya, Antopolskaya structures was determined.

Recommendation of use: Main results of the research were published. The research data was put into practice in terms of Pribug UGS exploration for updating of the stratigraphic differentiation of Cambrian deposits, for rational well distribution on the area and optimal selection of the perforation interval zone, elaboration of procedures to operate gas deposit and organize UGS geocological monitoring.

Scope of application: geology, investigation of rocks, underground gas storages exploration.



Подписано в печать 23.03.2026.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,63. Тираж 60 экз. Заказ № 83.

ФТИ НАН Беларуси.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/12 от 21.11.2013.
220084, ул. Академика Купревича, 10, г. Минск.