

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР ПО ГЕОЛОГИИ»

Объект авторского права
УДК 622.276.1/4.553.982.04(476.12)

ЛОБОВ Константин Александрович

**ВЛИЯНИЕ ГЕОФЛЮИДАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ
НА ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

**по специальности 25.01.12 – геология, поиски и разведка нефтяных
и газовых месторождений**

Минск, 2024

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

Научный руководители

Карабанов Александр Кириллович,

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, академик НАН Беларуси

Грибик Ярослав Гаврилович,

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент, заведующий лабораторией
геотектоники и геофизики ГНУ «Институт
природопользования НАН Беларуси»,
г. Минск, Беларусь

Официальные оппоненты:

Зуй Владимир Игнатьевич,

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, профессор кафедры региональной
геологии УО «Белорусский государственный
университет», г. Минск, Беларусь

Петрова Наталья Семеновна, кандидат
геолого-минералогических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник отдела геологии
и минерагении платформенного чехла
филиала «Институт геологии»
республиканского унитарного предприятия
«Научно-производственный центр по
геологии», г. Минск, Беларусь

Оппонирующая
организация

УО «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины», г.
Гомель, Беларусь

Защита состоится 6 июня 2024 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: +375(17) 282-74-67.

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

Автореферат разослан «26» апреля 2024 г.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций К 12.01.01



С.В. Демидова

ВВЕДЕНИЕ

Поддержание уровней добычи нефти на месторождениях Республики Беларусь зависит как от успешности освоения вновь открываемых нефтяных месторождений, так и от инновационного подхода в решении задач оптимизации разработки действующих месторождений.

Одним из главных факторов, влияющих на продуктивность нефтяных скважин и существенно определяющих конечную выработку нефтяных пластов, является геодинамическая напряженность пород-коллекторов. Величина напряженности зависит от энергетического баланса в нефтяной залежи, связанного с колебанием уровней геофлюидальных давлений. В этой связи изучение изменчивости напряженно-деформированного состояния пластов в процессе разработки и его роль в усилении или ослаблении проводимости проницаемых пород и нефтепродуктивности добывающих скважин представляется весьма актуальным при разработке нефтяных месторождений Припятского прогиба.

Флюидодинамические эффекты в пустотных средах пластов при их дренировании недостаточно изучены в породах со сложной геометрией пустотного пространства, каковыми являются карбонатные породы-коллекторы месторождений нефти Припятского прогиба. Поэтому оценка, мониторинг и прогноз изменчивости напряженно-деформированного состояния нефтеперспективных геологических объектов на новых участках и разрабатываемых месторождениях нефти требуют нового научного подхода.

В настоящее время расширение территории поисков и разведки углеводородов в регионе с целью обнаружения новых промышленных месторождений связано со значительными материальными затратами. Естественно, что интенсивный подход в развитии топливно-энергетической базы нашей страны, базирующийся на инновационных технологиях, в том числе на детальном изучении и учете геологической анизотропии продуктивных пластов техногенного происхождения, представляется весьма перспективным.

Данная проблема формирует научно-практическую задачу, сводящуюся к разработке научно-методической базы для прогнозирования напряженно-деформированного состояния горных пород, которая должна учитывать горнотехнические и геологические характеристики месторождений нефти и газа, а также возможность ее реализации в практических целях хозяйственной деятельности, связанной с добычей углеводородов и других полезных ископаемых.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2016–2020 гг.: п. 8. «Рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов» и на 2021–2025 гг.: п. 3. «Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование». Диссертационное исследование выполнено в рамках государственных программ и тем: Государственная программа освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011–2015 годы и на период до 2020 года, задание «Разработка технологии оценки напряженно-деформированного состояния нефтяных пластов для оптимизации процесса добычи нефти» (2013, № ГР 20122316); «Мониторинг разработки месторождений и залежей нефти и газа РУП «Производственное объединение «Белоруснефть». Этап 1. Анализ разработки месторождений и залежей нефти и газа Беларуси» (2016, № ГР 3720).

Цель, задачи, объект и предмет исследования. *Цель работы* – выявить закономерности изменения фильтрационно-емкостных характеристик карбонатных коллекторов Припятского прогиба при изменении их напряженного состояния и использовать эти закономерности для минимизации рисков опасных геофлюидодинамических процессов и явлений.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*: 1) выбрать наиболее представительные залежи нефти различных стратиграфических комплексов для расчета напряженно-деформированного состояния горных пород на месторождениях Речицко-Вишанской зоны нефтегазонакопления; 2) проанализировать факторы, влияющие на упругие, прочностные, компрессионные и фильтрационные свойства продуктивных пород в лабораторных условиях; 3) рассчитать основные геодинамические параметры, являющиеся индикаторами и оказывающие влияние на напряженно-деформированное состояние коллекторов месторождений Припятского прогиба; 4) разработать классификацию нефтяных пластов по их напряженно-деформированному состоянию для месторождений Припятского прогиба; 5) районировать залежи и месторождения Припятского прогиба по уровням средних эффективных давлений; 6) создать картографический материал, отображающий изменения напряженно-деформированного состояния исследуемых объектов в результате разработки нефтяных месторождений, а также выявить влияние напряжений на изменение емкостных характеристик коллекторов и на добычные возможности скважин.

Объект исследования – карбонатные коллекторы нефтяных месторождений Припятского прогиба. *Предмет исследования* – динамика

геофлюидальных давлений и ее влияние на фильтрационные характеристики карбонатных коллекторов нефтяных месторождений Припятского прогиба.

Научная новизна. Диссертация включает следующие новые научные результаты.

1. Установлена закономерность распределения средних эффективных давлений для блоковой структуры карбонатных коллекторов нефтяных залежей Припятского прогиба.

2. Разработана классификация месторождений по напряженному состоянию, которая дала возможность структурировать основные залежи Припятского прогиба по уровням напряженности.

3. Впервые рассчитаны значения критических давлений, превышение которых сопровождается необратимыми упруго-пластическими деформациями, для нефтяных залежей в целом и отдельных эксплуатационных скважин основных месторождений Припятского прогиба.

4. Впервые разработана методика оценки напряженно-деформированного состояния карбонатных коллекторов Припятского прогиба (на примере межсолевого комплекса Чкаловского месторождения).

Положения, выносимые на защиту

1. Впервые разработана методика оценки напряженно-деформированного состояния карбонатных коллекторов Припятского прогиба на примере межсолевого комплекса Чкаловского месторождения, включающая расчет средних эффективных и критических давлений по каждой скважине по пятилетним циклам мониторинга за 20-летний период, добычные характеристики скважин, их обводненность, а также результаты трассерных исследований. Создана модель распределения трещинной емкости западного и восточного блоков залежи с целью определения приоритетности участков для отбора остаточных запасов нефти и поддержания энергетики залежи.

2. Моделированием геодинамических процессов на полноразмерном керне, нефтепромысловыми данными, показателями работы фонда скважин подтверждены рассчитанные значения критических давлений по залежам и в отдельных скважинах, превышение которых сопровождается необратимыми упруго-пластическими деформациями со снижением трещинной проницаемости пород и резким уменьшением дебита эксплуатационных скважин.

3. Впервые установлена закономерность распределения средних эффективных давлений для блоковой структуры карбонатных коллекторов нефтяных залежей Припятского прогиба, которая подтверждается результатами комплекса аналитических исследований. Данная

закономерность позволяет определять оптимальное с позиций емкостно-фильтрационных свойств местоположение горных выработок.

Личный вклад соискателя. Автором изучены все доступные фондовые и опубликованные материалы по существующим методам изучения влияния геофлюидальных давлений и горных напряжений на фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов. Впоследствии диссертантом была разработана собственная методика оценки напряженно-деформированного состояния карбонатных коллекторов Припятского прогиба на примере межсолевого комплекса Чкаловского месторождения.

Фактический материал для диссертации собран лично автором в течение 2012–2020 гг. в ходе исследований, проводимых в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» БелНИПИнефть. С целью оценки напряженно-деформированного состояния пластов-коллекторов и влияния динамики геофлюидальных давлений на их фильтрационно-емкостные свойства автором проанализированы основные геодинамические параметры и составлен графический материал по 25 месторождениям, 35 залежам и свыше 800 скважинам нефтяных залежей Речицко-Вишанской зоны Припятского прогиба за весь период эксплуатации. Анализ, обработку, графическое и табличное отображение и интерпретацию результатов исследований, вошедших в диссертацию, выполнил автор диссертации. Автор участвовал в постановке цели и формулировке задач работы, планировании и проведении исследований. Все полученные научные результаты отражены в опубликованных работах соискателя, в том числе в соавторстве.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертации и результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих республиканских и международных научных совещаниях и конференциях: Международная научно-практическая конференция «Современное состояние и актуальные направления геологического изучения и комплексного освоения ресурсов недр стран СНГ» (Минск, 2013); Международная конференция «Эффективные технологии разработки залежей углеводородов» (Речица, 2013); Международная конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии XXI века» (Санкт-Петербург, 2013); II Научно-практическая конференция молодых специалистов БелНИПИнефть «Актуальные вопросы развития нефтяной промышленности Республики Беларусь» (Гомель, 2014); II Всероссийская молодежная научно-практическая школа-конференция «Науки о Земле. Современное состояние» (Шира, 2014); Межвузовская международная научная конференция «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств»

(Гомель, 2015); Международная конференция молодых ученых «Молодежь в науке-2015» (Минск, 2015); II и III Международные научно-практические конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств» (Гомель, 2016, 2017); X Университетские геологические чтения «Современные проблемы геологического картирования» (Минск, 2016).

Результаты диссертационного исследования внедрены в проект разработки Чкаловского нефтяного месторождения. Они также используются в учебном процессе кафедры региональной геологии БГУ.

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ (2,6 авторских листа), в том числе: 6 статей в научных изданиях, включенных в перечень ВАК (из них 2 – без соавторов); 2 – в сборниках научных статей; 4 – в сборниках материалов научных конференций и чтений; 1 публикация в сборнике тезисов докладов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав основной части, заключения, списка использованных источников, приложений. Общий объем диссертации – 151 страница, в том числе 98 страниц основного текста, 43 рисунка, 8 таблиц, 2 приложение (на 5 страницах). Список использованных источников состоит из 139 наименований, включая 13 публикаций соискателя.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, кандидату геолого-минералогических наук Я.Г. Грибику, за ценные советы в процессе написания диссертации. Соискатель глубоко признателен кандидату геолого-минералогических наук М.Ф. Кибашу, а также первому научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук, академику НАН Беларуси А.К. Карабанову, оказавшим влияние на формирование научного мировоззрения диссертанта.

ГЛАВА 1 ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ГЕОФЛЮИДАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

В первой главе приведен анализ существующих научных основ формирования напряженного состояния массива пород в естественных условиях залегания и в зонах дренирования скважин. Основополагающие представления о геофлюидальных давлениях, формировании напряженно-деформированного состояния горных массивов изложены в экспериментальных и теоретических работах известных советских ученых в области геологии и геомеханики: В.М. Добрынина, С.А. Христиановича, Ю.П. Желтова, В.Н. Майдебора, Е.М. Смехова, К.И. Багринцевой,

С.Г. Лехницкого и др., а также ряда зарубежных исследователей: Дж. Тиба, Э.Ч. Доналдсона, Ф. Турнера, Х. Поулоса, Е. Дейвиса, Дж. Уоррена, П. Рута, М. Джонса и др. В этих работах представлены результаты многолетних исследований, касающиеся зависимости между напряженным состоянием горных пород и изменением их коллекторских характеристик, методов изучения напряженно-деформированного состояния горного массива, изучения характера и степени деформации трещиноватых карбонатных пород, а, главное, изменчивости фильтрационных показателей пород при изменении геофлюидальных давлений.

Многие исследования показали, что в результате изменения напряженно-деформированного состояния продуктивных отложений в процессе разработки месторождений углеводородов изменяются и фильтрационно-емкостные свойства вмещающих пород как в призабойной зоне, так и в межскважинном пространстве.

Существующие методы исследования напряженного состояния горного массива, как расчетные, так и экспериментальные, имеют свои достоинства, недостатки, границы применимости и информативные возможности.

Изучением влияния геофлюидальных давлений на упруго-деформационные эффекты горных пород в пределах Припятской нефтегазоносной области занимался белорусский геолог А.И. Лобов (1995). Он разработал ряд технических рекомендаций по созданию и поддержанию оптимального энергетического режима в нефтяных залежах с целью минимизации негативного влияния деформационных эффектов на полноту нефтеизвлечения. Однако выборка объектов и кернового материала для исследований дала представление автору в основном лишь о негативных последствиях увеличения эффективного давления, оказывающего отрицательное влияние на емкостные и фильтрационные свойства карбонатных пород-коллекторов.

Работы в области лабораторных исследований кернового материала, позволяющих спрогнозировать и оценить влияние деформационных эффектов на коллекторские свойства горных пород и коэффициент вытеснения нефти водой, проводил А.А. Тишков (2019). Им разработана методика, позволяющая экспериментально оценивать сжимаемость всей пластовой системы и насыщающих ее флюидов путем создания эффективного давления в результате снижения порового давления, а не посредством увеличения давления обжима, как у многих более ранних исследователей, что позволяло оценить только сжимаемость скелета породы. Лабораторные исследования проводились на автоматической установке для измерения относительной фазовой проницаемости образцов горных пород Autoflood 700 с технической возможностью проводить эксперименты на

керновом материале диаметром не более 30 мм, что не позволяло избежать погрешности в получении результатов, связанной со сложным строением порового пространства и распределением флюида в карбонатных породах-коллекторах.

Контроль за динамикой напряженно-деформированного состояния в процессе разработки нефтяных месторождений приобретает особую актуальность, поскольку деформационные процессы увеличивают риски снижения конечной нефтеотдачи.

ГЛАВА 2 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, СТРАТИГРАФИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Во второй главе представлены особенности геологического строения месторождений нефти, приуроченных к карбонатным коллекторам Припятского прогиба.

Большой вклад в изучение геологического строения и нефтегазоносности прогиба внесли отечественные ученые геологи и геофизики: Р.Е. Айзберг, В.Н. Бескопыльный, В.А. Богино, Н.В. Веретенников, Р.Г. Гарецкий, В.К. Голубцов, Я.Г. Грибик, А.К. Карабанов, Г.И. Каратев, В.С. Конищев, С.А. Кручек, А.В. Кудельский, К.И. Лукашев, А.В. Матвеев, А.С. Махнач, А.А. Махнач, В.А. Москвич, С.М. Обровец, Т.Г. Обуховская, В.М. Салажев, А.М. Синичка, большая группа специалистов производственных организаций.

Припятский прогиб представляет собой субшироко вытянутый внутриплатформенный грабен в пределах юго-восточной части Восточно-Европейской платформы. Он входит в состав Припятско-Днепровско-Донецкого палеозойского авлакогена и протягивается в северо-западном направлении на 280 км при ширине 150 км.

Платформенный чехол в пределах Припятского прогиба сложен отложениями позднепротерозойско-кайнозойского возраста общей мощностью до 6,5 км. В его разрезе преобладают отложения палеозойского возраста, среди которых доминируют образования среднего и позднего девона мощностью до 5 км.

Особенностью размещения нефтяных месторождений является их приуроченность к системам приразломных блоков и надразломных поднятий, контролируемых региональными разломами субширокого простирания.

Условия накопления карбонатных осадков, органогенных построек и вторичных преобразований в породах (кавернозность, трещиноватость, доломитизация) Припятского прогиба привели к тому, что, отличительной особенностью карбонатных коллекторов служит неоднородная структура емкостного пространства.

Залежи нефти в прогибе в зависимости от строения и генезиса ловушек разделяют на три типа: блоковый, сводовый и литологический. К блоковому типу относятся залежи подсолевого терригенного и карбонатного комплексов, генетически связанные с моноклиналями, ограниченными разрывными нарушениями. Залежи нефти сводового типа развиты в отложениях межсолевого комплекса и контролируются сводовыми или полусводовыми формами поверхности отложений, особенно рельефно проявляющимися по поверхности резервуара. Залежи нефти литологического типа выявлены в основном в отложениях галитовой подтолщи верхней соленосной толщи и связаны с локальным развитием и литологическим выклиниванием пород-коллекторов. В галитовой подтолще преимущественное развитие имеют структурно-литологические ловушки.

В целом, коллекторами в межсолевом комплексе Речицко-Вишанской зоны поднятий являются преимущественно органогенные известняки, в различной степени доломитизированные, и вторичные доломиты. На формирование коллекторов решающее влияние оказали такие постседиментационные процессы, как доломитизация, перекристаллизация и выщелачивание.

ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ ГЕОФЛЮИДАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В третьей главе рассмотрена двойная система проницаемости (относительно низкая в системе блоков матрицы и существенно более высокая – межблоковая, обеспеченная тектоническими трещинами первого и второго порядков) карбонатных коллекторов, которая обеспечивает суммарный переток жидкости в скважину. При дренировании коллектора пластовые флюиды по межзерновым каналам и микротрещинам поступают в систему более крупных трещин и по ним – к забою скважины.

Отбор жидкости из трещинного коллектора приводит к снижению в нем давления насыщающего флюида, а это, в свою очередь, вызывает деформацию коллектора, которая выражается, прежде всего, в смыкании трещин, как наиболее ослабленных участков породы. В связи с этим, при некоторых критических депрессиях на пласт в трещинном коллекторе возникают так называемые обратимые, остаточные деформации, которые сказываются на движении фильтрационного потока жидкости в призабойной зоне скважины.

В дальнейшем, при снятии депрессии, восстановлении пластового давления и продолжительном его действии в упругой среде остаточная деформация должна, вероятно, постепенно исчезнуть.

Кроме того, и это важно, под воздействием депрессии и последующего восстановления давления в пласте протекают два взаимно противоположных процесса: с одной стороны, происходит смятие контактов и смыкание трещин, которое вызывает ухудшение проницаемости их развитой системы, а с другой – деформация блоков трещинного коллектора, приводящая к развитию имеющихся микротрещин и образованию новых. Детальный анализ изменения геофлюидальных давлений в продуктивных отложениях месторождений Припятского прогиба позволил автору смоделировать их исходное и текущее напряженно-деформированное состояние.

Расчет значений горного, среднего эффективного и критического давлений залежей основных месторождений Речицко-Вишанской зоны поднятий позволил классифицировать залежи подсолевого, межсолевого и внутрисолевого комплексов по напряженному состоянию и отобразить полученные результаты картографически. Предложенная классификация позволит структурировать основные месторождения Припятского прогиба по классам напряженности для дальнейшего учета их напряженного состояния в процессе освоения и моделирования эффективной системы разработки.

Результаты детального анализа распределения средних эффективных давлений в продуктивных отложениях Речицко-Вишанской зоны свидетельствуют о том, что исходное напряженно-деформированное состояние их соответствует, в основном, II–V классам напряженности. Основная доля залежей относится к III–IV классам, однако, например, залежи межсолевого комплекса Славянского и Чкаловского месторождений, а также залежь семилукского горизонта Тишковского месторождения относятся к V классу – предельно напряженных.

В рамках поставленных задач исследования, автором впервые было выполнено районирование нефтяных комплексов Припятского прогиба по среднему эффективному давлению на дату начала разработки месторождений и по текущему состоянию (на 01.01.2020). Так, начальное напряженное состояние пород подсолевых залежей изменяется в пределах среднего эффективного давления от 22 до 45 МПа. Начальное напряженное состояние этих залежей, приуроченных к Речицко-Вишанской зоне поднятий, имеет видимую тенденцию увеличения с северо-запада на юго-восток. Иерархичность блочной структуры массивов горных пород прогиба предопределяет и иерархично-блочную структуру начального поля напряжений.

В настоящее время выявлено преобладание диагонального (северо-западного и юго-восточного) сжатия. В таком случае именно в северо-восточной части Припятского прогиба должны накапливаться и проявляться максимальные напряжения. Это проявляется и при анализе полей

неотектонических напряжений. Опытнo-расчетным путем установлена прямая зависимость изменения эффективного давления от глубины залегания подсолевых залежей и обратная зависимость напряженного состояния от амплитуд структурообразующих тектонических разломов (рис. 1).

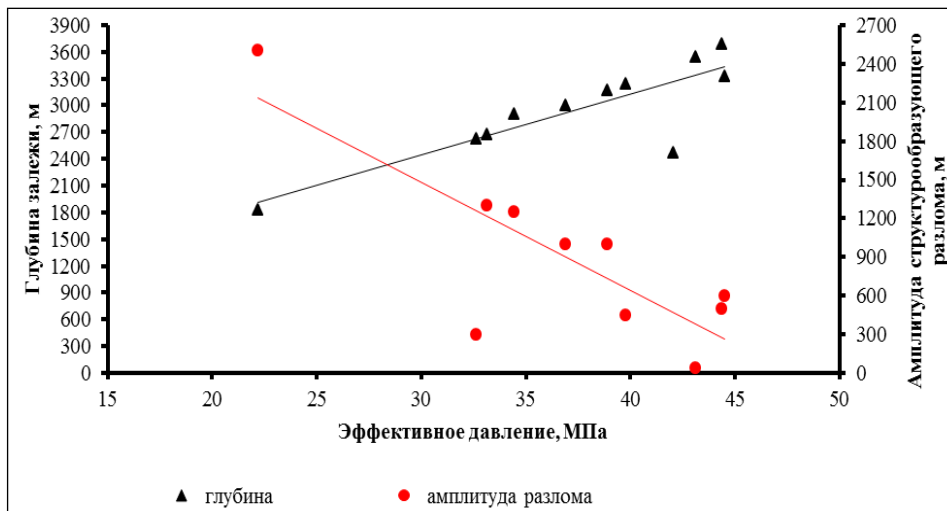


Рисунок 1 – Зависимость эффективного давления от глубины залежи и амплитуды структурообразующего разлома

Таким образом, вблизи малоамплитудных тектонических нарушений прогнозируются зоны повышенного напряженного состояния пород-коллекторов, а высокоамплитудные тектонические нарушения контролируют залежи с более низким уровнем напряженного состояния.

Начальное напряженное состояние пород внутрисолевых и межсоловых залежей характеризуется изменением среднего эффективного давления в пределах от 16 до 46 МПа. На формирование начального напряженного состояния межсоловых залежей дополнительно к разломной тектонике добавилось влияние соляной тектоники, которая, как видно из рисунка 2, также способствовала разгрузке залежей.

Под действием гравитационного фактора образуются соляные подушки, диапироиды и диапиры-купола, особенно характерные для впадин в пределах платформ; их росту нередко способствует существование пологих антиклинальных поднятий или сбросовых уступов в подсоловом ложе, создающее разность нагрузки надсоловой толщи. Течение соли и ее нагнетание в ядре соляных структур начинается при мощности надсоловых отложений в несколько сотен метров. Это подтверждается и результатами анализа соответствия структурных планов межсоловых залежей структурным планам солевых куполов.

В Припятском прогибе в сводах многих соляных поднятий и по периферии верхней средневерхнефаменской соленосной толщи, в основном, в западной части прогиба, широко распространены мульды и синклинали

оседания в триасовых и вышележащих отложениях, образованные в результате подземного растворения каменной соли.

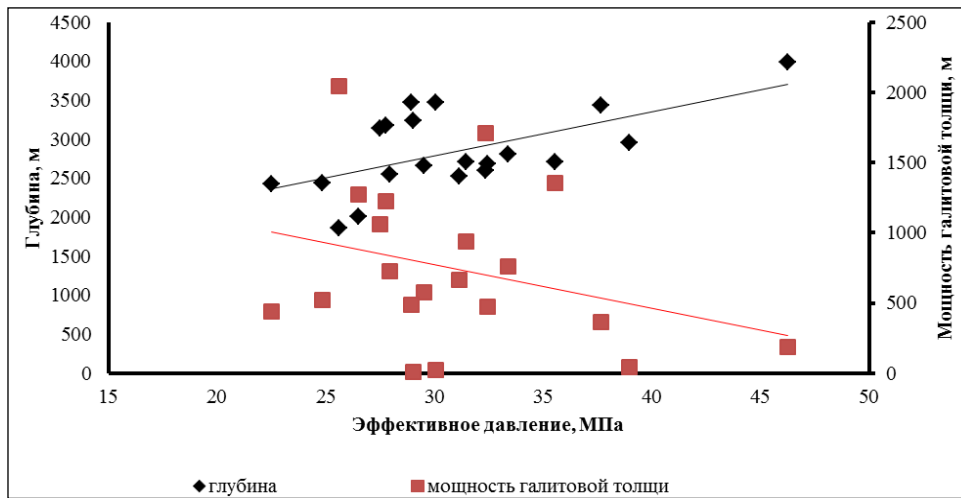


Рисунок 2 – Зависимость эффективного давления от мощности глинисто-галитовой толщи

Динамика пластового давления в процессе разработки месторождений обусловила изменение напряженного состояния пород-коллекторов. Так, текущее среднее эффективное давление залежей подсолевых комплексов изменяется от 42 до 71 МПа, по залежам внутрисолевых и межсолевых комплексов – от 36 до 67 МПа. Отдельно можно выделить низкую текущую напряженность залежи семилукского горизонта Восточно-Дроздовского месторождения (среднее эффективное давление 23 МПа), что обусловлено аномально низкой глубиной залегания подсолевого комплекса.

Необходимо отметить, что вариации пластового давления в процессе разработки приводят к изменению средних эффективных давлений (например, отсутствие или внедрение ППД), а, значит, и к изменению класса напряженности коллекторов. Причем в сводовых частях залежей, характеризующихся улучшенными коллекторскими свойствами и более высокими темпами добычи, чем на периклиналях структур, естественно, напряжения будут характеризоваться средними эффективными давлениями выше средних величин, что сказывается и на добычные возможности работающих здесь скважин.

По результатам анализа флюидодинамических данных в верхнедевонских карбонатных резервуарах межсолевого и подсолевого нефтеносных комплексов Речицко-Вишанской зоны в Северной части Припятского прогиба, на базе Осташковичского, Вишанского и Речицкого блоков установлена устойчивая тенденция депрессионного воздействия, связанного с отбором нефти из залежей, распространяющаяся на значительные расстояния от них.

Количественное определение геодинамических параметров, формирующих напряженное состояние пород-коллекторов, позволило классифицировать нефтяные месторождения Припятского прогиба по начальному и текущему уровню напряженного состояния. Разработанная классификация дала возможность структурировать основные месторождения Припятского прогиба по шести классам напряженности.

ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ГЕОФДЮИДАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ НА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

В четвертой главе описаны методика, ход и результаты проведенных экспериментальных исследований по изменению проницаемости пород-коллекторов при изменяющихся нагрузках, имитирующих гидродинамическую ситуацию в пластовых условиях.

Изучением влияния горных нагрузок на физико-емкостные свойства пород-коллекторов в пределах Припятского прогиба в лабораторных условиях ранее занимались О.Ф. Мартынецв, А.И. Лобов, М.А. Рынский и др.

Экспериментальные исследования кернового материала были проведены на лабораторной установке УИПК-1м с использованием керна большого диаметра по образцам пород подсолевой залежи Зуевского, межсолевой залежи Ново-Давыдовского и внутрисолевой залежи Ново-Кореневского месторождений.

Перед началом лабораторных исследований был изучен имеющийся в наличии фактический геологопромысловый материал. Изучено строение залежей нефти по керновому материалу и комплексу промыслово-геофизических данных. Выделены типы пород с определением их физических свойств, которые могут являться коллекторами нефти и газа. Изучены особенности проводки скважин, вскрытия пласта бурением и технологии испытания. Эти данные впоследствии учтены при моделировании эксперимента в лаборатории.

Исходя из литологических особенностей кернового материала, в лаборатории проведена работа по подбору режимов экстрагирования.

Предварительно были определены фильтрационно-емкостные свойства всех образцов, а также проведено насыщение керосином шести из восьми образцов.

Процесс деформации образцов внешним давлением с последующим измерением проницаемости по газу проходил по следующей технологической схеме. За начало измерения взято внешнее давление, соответствующее начальной части исследования энергетической системы

пласта – 3 МПа. Ступенчато давление поднимали до 18 МПа с интервалом 3 МПа, при этом с каждым изменением давления образец выдерживали в течение 2 часов, после чего проводились замеры газопроницаемости. С 18 до 30 МПа исследования проводили по той же схеме с интервалом изменения давления 9 МПа. Снижение внешнего давления с 30 до 18 МПа и с 18 до 3 МПа (обратный ход) проводили аналогично приведенному выше. В общей сложности образцы находились под нагрузкой 76 часов.

По результатам исследований были построены и проанализированы графические зависимости изменения газопроницаемости и относительной проницаемости от величины внешнего давления.

В низкопроницаемых коллекторах, в которых фильтрация осуществляется по микротрещинам, превышение допустимого эффективного давления ведет к смыканию микротрещин и прекращению фильтрации, т.е. к необратимым упруго-пластическим деформациям (рис. 3).

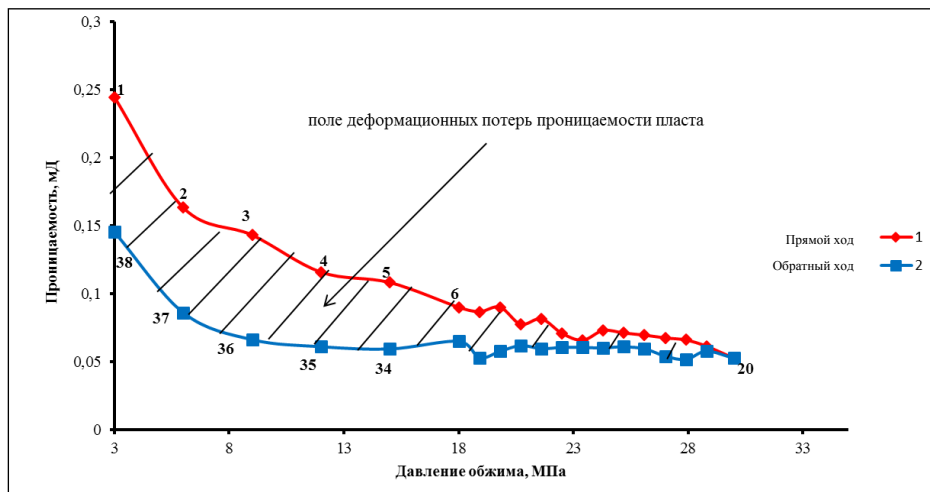


Рисунок 3 – Зависимость изменения проницаемости от давления обжима насыщенного керосином керна породы (обр. № 4 скв. 604 Зуевская, подсолевые отложения)

При достижении деформацией некоторой критической величины, порода начинает растрескиваться, что способствует возникновению искусственной системы разветвленных трещин (новой системы фильтрации) (рис. 4). Это приводит к тому, что в процессе эксплуатации нефтяной скважины проницаемость призабойной зоны пласта резко увеличивается, причем необратимо, и ее фильтрационные свойства не только восстанавливаются, но и значительно улучшаются.

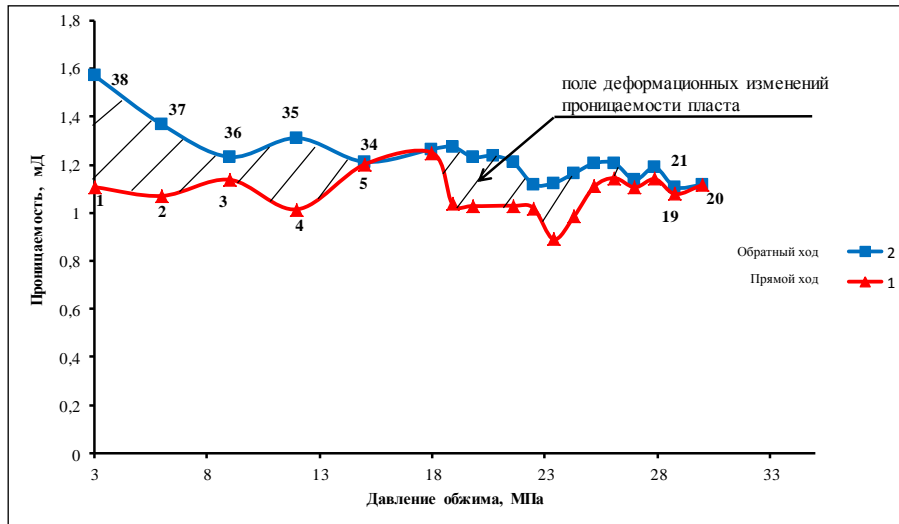


Рисунок 4 – Зависимость изменения проницаемости от давления обжима насыщенного керосином керна породы (обр. № 18 скв. 114 Ново-Давыдовская, межслоевые отложения)

Основное влияние на результаты исследований образцов, представленных карбонатными породами разного возраста, оказывают начальные фильтрационно-емкостные свойства испытываемых пород.

Вытеснение основного объема керосина как из низкопроницаемых, так и из высокопроницаемых образцов происходит при давлении обжима 3 МПа.

Под воздействием депрессий и последующего восстановления давления в коллекторах трещинного типа протекают два взаимно противоположных процесса: с одной стороны, происходит смятие контактов и смыкание трещин, которые вызывают ухудшение проницаемости их развитой системы, а с другой – деформация блоков трещинного коллектора, приводящая к развитию имеющихся микротрещин и образованию новых.

Для механики горных пород важное значение имеет выявленная особенность механизма остаточной деформации, преимущественное развитие межзернового скольжения, сопровождающегося разуплотнением структуры пород. Для качественной и количественной оценки упругой и неупругой динамики фильтрационно-емкостных свойств горных пород при их извлечении из глубоких скважин на поверхность необходима информация о деформационных свойствах и проницаемости коллекторов нефти и газа при равномерном всестороннем сжатии. Одним из важных вопросов при разработке глубокозалегающих залежей углеводородов является установление предельных величин напряжений, что позволяет уточнить условия перехода к упруго-пластическому режиму.

Напряженно-деформированное состояние горных пород играет важную роль при испытании, освоении и эксплуатации скважин, вскрывших трещинно-каверново-поровый коллектор. После вскрытия таких пластов и отборов даже небольших объемов флюида происходит повышение

эффективных давлений, приводящее к деформации пород-коллекторов, а, значит, к изменению раскрытости трещин и фильтрационно-емкостных свойств продуктивных объектов. Эти процессы оказывают доминирующее влияние на поздних стадиях разработки, когда в процессе нефтеизвлечения была стравлена значительная часть попутного газа, и тем самым существенно потерян запас упругой энергии.

Результаты, полученные по данным экспериментальных исследований, можно использовать в практике нефтедобычи для условий Припятского прогиба, применяя направленную разгрузку продуктивного пласта, создавая на забое скважины депрессии определенного уровня в сочетании с предварительным проведением технологических операций – перфорации необходимого типа и плотности, нарезания ориентированных щелей. Депрессии необходимого уровня и продолжительности в нефтедобывающих скважинах можно создавать с помощью струйных насосов. Проведенные исследования также показали, что создание определенного уровня депрессий, влияющего на увеличение проницаемости пласта, недостаточно для сохранения и увеличения его нефтеотдачи. Для решения последней задачи необходимо применять методы, способы и технологии для разуплотнения матрицы, применяя, например, воздействие на продуктивные коллекторы волновых полей, осуществляя искусственную деструкцию их матричной части.

ГЛАВА 5 МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ГЕОФЛЮИДАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ И ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА (НА ПРИМЕРЕ ЧКАЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

В пятой главе рассмотрено влияние динамики геофлюидальных давлений на напряженно-деформированное состояние пластов-коллекторов, изложена впервые разработанная методика комплексных промыслово-геологических исследований. В качестве объекта изучения выбрана залежь нефти межсолевого комплекса Чкаловского месторождения, характеризующаяся каверно-порово-трещинным типом коллекторов, представленных преимущественно доломитами, реже – кавернозными и трещиноватыми известняками.

С целью анализа и учета трещинной составляющей коллектора в пределах площади залежи выделены участки трещинной пустотности, связанные с условиями формирования структуры под влиянием горных нагрузок в процессе тектогенеза. Трещинная пустотность представляет собой отношение объема пустот трещин к общему объему породы. Количественное

определение трещинной пустотности выполнено по геологическим данным о структуре залежи межсолевого комплекса.

Полученные данные были увязаны с результатами анализа движения фильтрационных потоков и параметрами эксплуатации нефтяных скважин.

Как видно из построенных карт для залежи межсолевого комплекса Чкаловского месторождения (рис. 5–6), поля повышенной трещинной пустотности приурочены к участкам увеличения углов наклона поверхности структуры к приразломной зоне. Между характером обводнения скважин и количественной характеристикой пустотности прослеживается определенная связь: скважины, характеризующиеся резким темпом обводнения продукции, находятся в зонах максимальных значений этой пустотности.

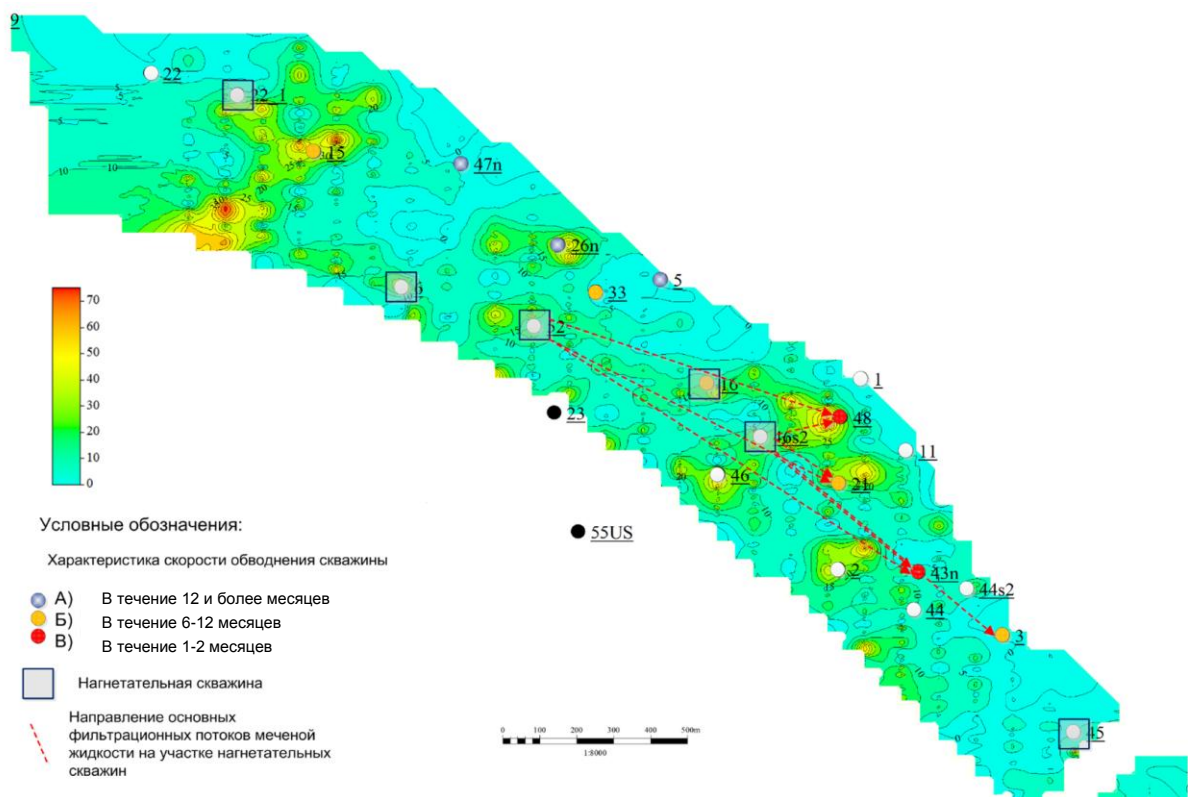


Рисунок 5 – Схематическая карта распределения трещинной пустотности.

Чкаловское месторождение, западный блок (составил К.А. Лобов)

С целью учета влияния двойной среды (трещинная и поровая составляющие) на показатели разработки карбонатных коллекторов было проанализировано изменение во времени напряженно-деформированного состояния залежи, его влияние на первичную трещинную пустотность коллектора, вызванную структурно-тектоническими процессами, и, как следствие, на изменение параметров эксплуатации скважин.

Для этого, используя формулу Джонса, рассчитано среднее эффективное давление $P_{\text{ср эф}}$ по каждой скважине, характеризующее напряженное состояние массива пород.

$$P_{\text{ср эф}} = \frac{P_{\text{ос}} + P_{\text{рад}} + P_{\text{кол}}}{3} \quad (1),$$

где $P_{\text{ос}}$ – осевое напряжение в скважине, $P_{\text{рад}}$ – радиальное напряжение в скважине, $P_{\text{кол}}$ – кольцевое напряжение в скважине.

На стенке скважины радиальные напряжения максимальные, а тангенциальные – минимальные по абсолютной величине. С удалением от стенки скважины первые достаточно быстро уменьшаются, а вторые – возрастают. Осевые и радиальные напряжения на стенке всегда являются сжимающими, а тангенциальные – растягивающими, т.е. порода в окрестности скважины находится в более сложном напряженном состоянии,

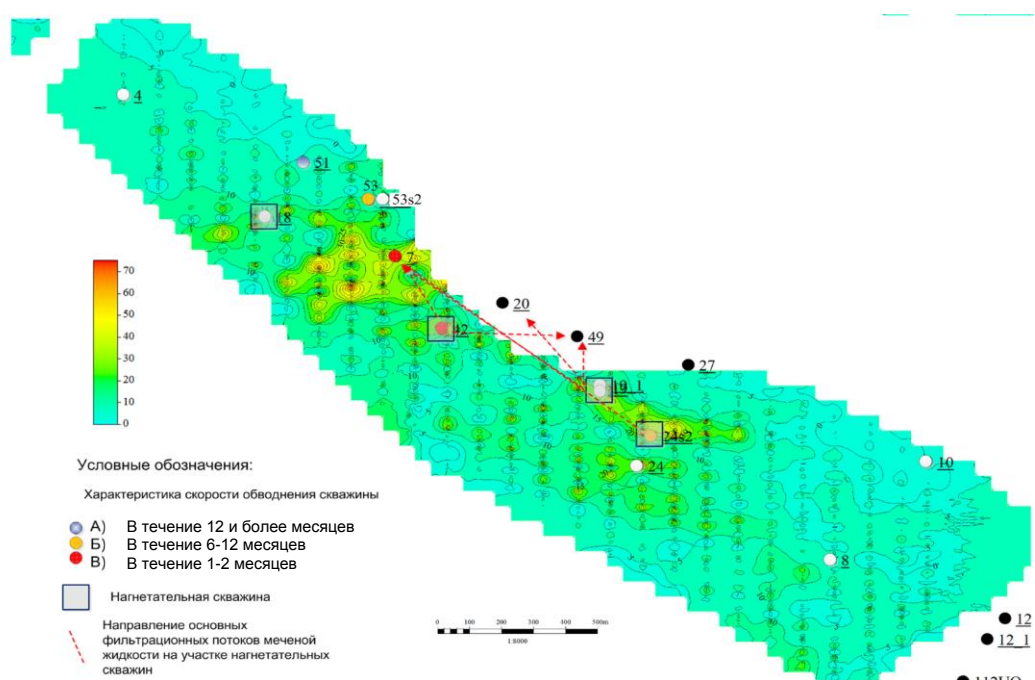


Рисунок 6 – Схематическая карта распределения трещинной пустотности.

Чкаловское месторождение, восточный блок (составил К.А. Лобов)

Таким образом, преобладающее влияние на напряженное состояние пласта в окрестностях скважин оказывают нормальные напряжения – осевые, радиальные и кольцевые.

Геодинамика в карбонатных коллекторах играет важную роль на всех этапах геологоразведочного процесса, начиная с бурения скважины и заканчивая разработкой месторождения. Вариации пластового давления приводят к изменению средних эффективных давлений, а значит, происходят изменения раскрытости трещин и проницаемости коллекторов. Особенно это важно для низкопроницаемых коллекторов, где фильтрация происходит по микротрещинам, и превышение допустимого среднего эффективного давления приводит к смыканию микротрещин и прекращению фильтрации.

Рассчитанные средние эффективные давления позволили визуализировать динамику напряженно-деформированного состояния залежи

нефти межсолевого комплекса Чкаловского месторождения путем построения карт по пятилетним циклам мониторинга за ее двадцатилетний период разработки (рис. 7–8).

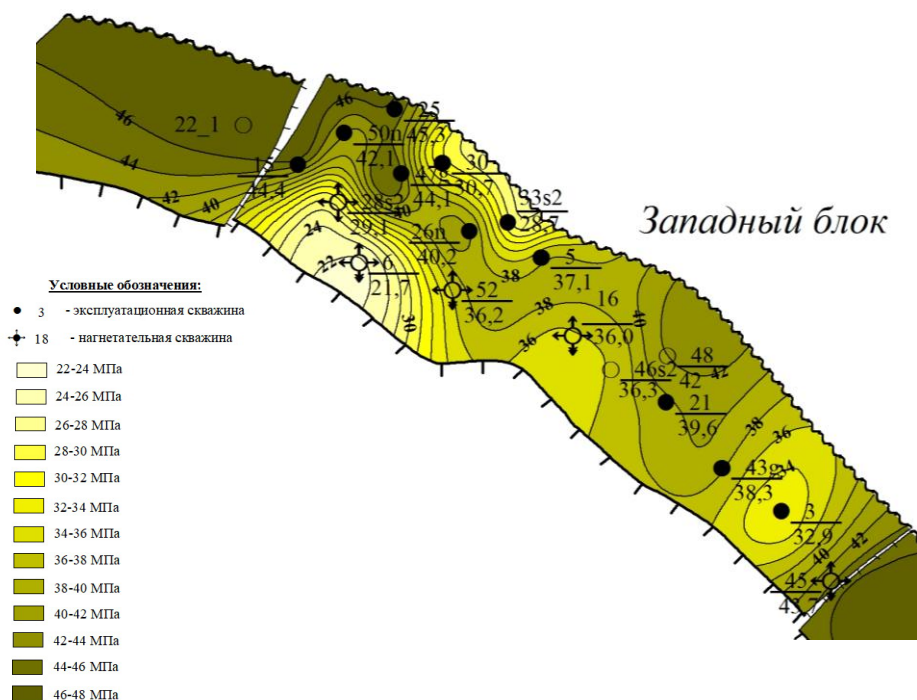


Рисунок 7 – Выкопировка из схематической карты распределения среднего эффективного давления по залежи межсолевого комплекса Чкаловского месторождения, западный блок (составил К.А. Лобов)

Составленные карты распределения средних эффективных давлений и проведенный анализ разработки Чкаловского месторождения Припятского прогиба позволяют выделить и оценить, а в дальнейшем и спрогнозировать зоны повышенных горных нагрузок на нефтяные резервуары, что дает возможность осваивать месторождения в оптимальном режиме и планировать геолого-технические мероприятия по сохранению и наращиванию уровней добычи нефти.

Если величина напряжений объемного сжатия меньше предела текучести $P_{тек}$ карбонатных пород, и равного 25 МПа (Липский, Мануйло, 2010), то породы коллектора проявляют упругие свойства. В противном случае они испытывают частично необратимые упруго-пластические деформации. Контроль за типом деформации пород позволяет принимать соответствующие меры для предотвращения пластических деформаций, которые уменьшают трещинную проницаемость, замедляют темпы отбора нефти, снижают нефтеотдачу пластов. Такой мерой является поддержание необходимого пластового давления.

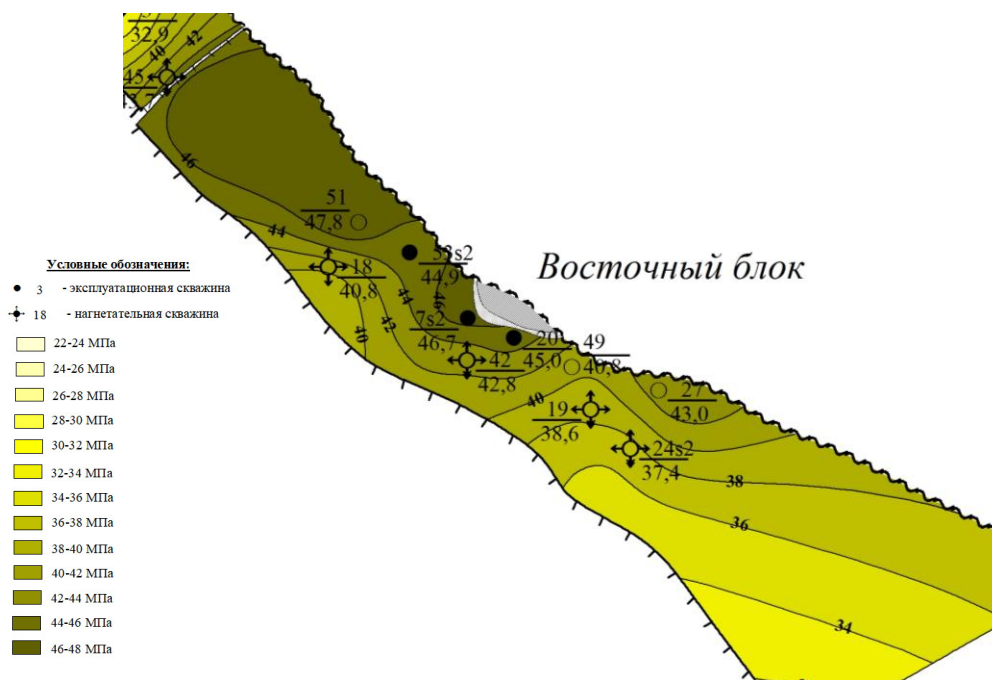


Рисунок 8 – Выкопировка из схематической карты распределения среднего эффективного давления по залежи межсолевого комплекса Чкаловского месторождения, восточный блок (составил К.А. Лобов)

При $P_{\text{ср.эф.}} = P_{\text{тек}}$ определяем критические значения пластового давления для каждой скважины залежи по формуле:

$$P_{\text{кр}} = \frac{(1 + \mu) \times P_{\text{гор}}}{3(1 - \mu)} - P_{\text{тек}} \quad (2),$$

предложенной в работе (Rhett, Risnes, 2002), где: μ – коэффициент Пуассона, который для условий Припятского прогиба можно принять равным 0,35 (Липский, Мануйло, 2010); $P_{\text{гор}}$ – горное давление (при расчете приравненное к геостатическому давлению), $P_{\text{тек}}$ – предел текучести пород.

Полученные данные о критических давлениях для каждой скважины эксплуатационного фонда были увязаны с фактическими результатами эксплуатации добывающих и нагнетательных скважин Чкаловского месторождения.

При освоении скважин в пласте создаются два взаимодействующих поля – давление пластового флюида и напряжение горных пород. В коллекторах с чисто упругими деформациями приток монотонно увеличивается с ростом депрессии, т.е. поля уравниваются при изменении дебита скважин, и деформация коллектора не оказывает катастрофического влияния на их стенки. Пластические деформации в пласте возникают только в том случае, если разность между наименьшими и наибольшими нормальными напряжениями (радиальным и вертикальным) превысит предел текучести пород, т.е. когда забойное давление будет меньше критического давления.

Повышение добычных возможностей нефтяных скважин всегда было и остается важнейшей проблемой нефтегазодобывающей отрасли. Простые расчеты показывают, что ухудшение фильтрационных свойств продуктивного пласта даже в небольшой окрестности скважины существенно снижает ее продуктивность. На практике уже на стадии проектирования разработки месторождения закладываются, по меньшей мере, две проблемы недоизвлечения нефти, а это 60–70 % запасов, заключенных в матричной емкости коллектора.

Вторая проблема – это собственно гидродинамика пласта при его заводнении, напрямую связанная с его степенью трещиноватости. При наличии уже имеющейся системы трещин и неоднородности пласта нагнетаемая вода обходит блоки матрицы и разрезает залежь, создавая систему потоков от нагнетательных скважин к добывающим. Оставшаяся «матричная нефть» в процессах вытеснения не участвует, она блокируется; блокируется также подпитка проводящих трещин новыми поступлениями нефти из матрицы.

Разработанную методику применили при составлении проекта разработки Чкаловского месторождения в 2015 г.

Применение методики для выделения участков трещинной пустотности позволяет прогнозировать невыработанные и слабо выработанные участки залежи и при комплексном подходе, с учетом динамики напряженно-деформированного состояния залежи, позволяет учитывать их при оценке выработки запасов, планировании геолого-технических мероприятий и бурении новых скважин на залежь межсолевого комплекса месторождения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации. Итогом проведенных исследований являются следующие новые научные результаты.

1. Получены аналитические зависимости, позволяющие оценить изменение фильтрационных свойств пород-коллекторов при изменении пластового давления, предназначенные для оценки напряженно-деформированного состояния продуктивных залежей Речицко-Вишанской зоны Припятского прогиба при добыче углеводородов [2; 4; 11; 12].

2. Впервые рассчитаны средние эффективные давления для блоковой структуры верхнедевонских карбонатных пород-коллекторов, что позволило впервые составить региональные карты начального и текущего напряженного состояния разрабатываемых залежей месторождений Речицко-Вишанской зоны Припятского прогиба на 01.01.2020 и на дату начала их разработки [1; 4; 6; 7; 9; 13].

3. Разработана классификация напряженного состояния для залежей подсолевого, межсолевого и внутрисолевого комплексов месторождений Речицко-Вишанской зоны Припятского прогиба, позволяющая ранжировать эти залежи по величине среднего эффективного давления на 01.01.2020 и на дату начала их разработки [3; 10].

4. По результатам лабораторных исследований моделирования геодинамических процессов установлено, что характер изменения проницаемости исследуемых пород-коллекторов при изменении эффективного давления зависит от их начальных фильтрационно-емкостных свойств и типа коллектора [2; 3; 9].

5. На основе разработанной методики оценки напряженно-деформированного состояния карбонатных коллекторов на примере залежи межсолевого комплекса Чкаловского месторождения получен уникальный картографический материал, позволяющий прогнозировать невыработанные (или слабо вырабатываемые) участки залежи в зонах пониженной трещинной пустотности и при комплексном подходе, с учетом изменения напряженно-деформированного состояния залежи, дающий возможность учитывать их при оценке выработки запасов, планировании геолого-технических мероприятий и проектировании разработки [5; 10; 11].

6. Впервые рассчитаны значения критических давлений для залежей в целом и эксплуатационных скважин по основным месторождениям Припятского прогиба, превышение которых сопровождается резким снижением фильтрационных свойств пород-коллекторов вследствие необратимых деформационных процессов [1–3; 8; 12].

Рекомендации по практическому использованию результатов. Разработанная методика оценки напряженно-деформированного состояния карбонатных коллекторов использована в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» БелНИПИнефть при составлении проектного документа разработки Чкаловского нефтяного месторождения (акт о внедрении от 05.07.2021), а также может быть использована для решения разнообразных задач при проектировании процесса разработки и при эксплуатации скважин, в том числе:

– для ведения мониторинга изменения напряженно-деформированного состояния карбонатных коллекторов в процессе разработки нефтяных месторождений с целью оперативного управления энергетикой залежей;

– для определения местоположения концентрации текущих остаточных запасов углеводородов и участков оптимальных емкостно-фильтрационных свойств с целью оптимального заложения эксплуатационного фонда скважин, а также дальнейшего планирования геолого-технических мероприятий;

– для определения начальных критических давлений в действующем фонде скважин с целью поддержания пластового давления на уровне, не допускающем развития в породах-коллекторах необратимых упруго-пластических деформаций, оказывающих негативное влияние на трещинную проницаемость и, в конечном итоге, на дебит нефтяной скважины.

Ряд результатов выполненного автором детального анализа изменения эффективного давления во времени на нефтяных месторождениях Припятского прогиба в настоящее время используется при чтении дисциплин «Геология нефти и газа» и «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» студентам-геологам Белорусского государственного университета (акт о внедрении от 25.01.2019).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ
Статьи в научных рецензируемых журналах, соответствующих
требованиям ВАК

1. Влияние упруго-пластичных деформаций на фильтрационные характеристики коллектора (на примере семилукской залежи Зуевского месторождения) / К. А. Лобов, М. Ф. Кибаш, А. И. Зайцев, Н. Н. Евтушенко, Н. Л. Лобова // Літасфера. – 2013. – № 2. – С. 76–80.

2. Влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные процессы и дебиты скважин (на примере залежей Речицко-Вишанской зоны поднятий) / К. А. Лобов, А. М. Ковхуто, М. Ф. Кибаш, А. И. Зайцев, Н. Н. Евтушенко, Н. Л. Лобова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2015. – № 3. – С. 56–62.

3. Особенности влияния техногенных геодинамических напряжений на свойства сложнопостроенных карбонатных коллекторов Припятского прогиба / К. А. Лобов, А. М. Ковхуто, М. Ф. Кибаш, А. И. Зайцев, Н. Н. Евтушенко, Н. Л. Лобова // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 70–73.

4. Лобов, К. А. Влияние напряженно-деформированного состояния горных пород межсолевого комплекса Ново-Давыдовского месторождения нефти на продуктивность скважин / К. А. Лобов // Літасфера. – 2015. – № 1. – С. 116–121.

5. Лобов, К. А. Учет основных закономерностей распространения зон трещинной пустотности при проектировании и анализе разработки залежей в сложнопостроенных карбонатных коллекторах (на примере межсолевой залежи Чкаловского месторождения Припятского прогиба) / К. А. Лобов, В. Г. Седач // Молодежь в науке – 2015: приложение к журналу «Известия Национальной академии наук Беларуси». – 2016. – № 1. – С. 97–101.

6. Лобов, К. А. Геомеханические аспекты формирования напряженно-деформированного состояния пород-коллекторов Речицко-Вишанской зоны нефтегазонакопления / К. А. Лобов // Літасфера. – 2017. – № 2. – С. 104–109.

Статьи в сборниках научных статей

7. Лобов, К. А. Влияние геодинамических напряжений на фильтрационно-емкостные характеристики карбонатных коллекторов (на примере семилукской залежи Зуевского месторождения) / К. А. Лобов // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси [Электронный ресурс]: сб. науч. статей. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – С. 104–107.

8. Лобов, К. А. Начальное напряженное состояние массива горных пород Речицко-Вишанской зоны нефтегазонакопления Припятского прогиба / К. А. Лобов // Вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития

Беларуси [Электронный ресурс]: сб. науч. статей: в 2 ч. – Ч.1. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – С. 189–195.

Статьи в сборниках материалов научных конференций и чтений

9. Влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные характеристики и дебиты скважин (на примере залежей Речицко-Вишанской зоны поднятий Припятского прогиба) / К. А. Лобов, А. М. Ковхуто, М. Ф. Кибаш, А. И. Зайцев, Н. Н. Евтушенко, Н. Л. Лобова // Актуальные проблемы нефтегазовой геологии XXI века: матер. III Междунар. конф. молодых ученых и специалистов, г. Санкт-Петербург, 28 окт. – 1 ноября 2013 г. – Санкт-Петербург: ФГУП «ВНИГРИ», 2013. – С. 41–49.

10. Лобов, К. А. К вопросу учета влияния техногенных геодинамических напряжений при разработке сложнопостроенных карбонатных коллекторов Припятского прогиба / К. А. Лобов // Науки о Земле. Современное состояние: матер. II Всерос. молодежной науч.-практ. школы-конф., Геологический полигон «Шира», Республика Хакасия, Россия; 31 июля – 7 авг. 2014 г. / Новосибирский гос. ун-т; Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН. – Новосибирск: РИЦ НГК, 2014. – С. 207–209.

11. Лобов, К. А. Особенности влияния техногенных геодинамических напряжений на фильтрационно-емкостные свойства сложнопостроенных карбонатных коллекторов Припятского прогиба / К. А. Лобов // Современное состояние и актуальные направления геологического изучения и комплексного освоения ресурсов недр стран СНГ: матер. Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XVII сессии Межправительственного совета по разведке, использованию и охране недр государств – участников СНГ, г. Минск, 13–15 ноября 2013 г. / науч. ред. А. М. Ковхуто. – Минск, 2014. – С. 27–31.

12. Лобов, К. А. Изменения пород-коллекторов в процессе нефтеизвлечения на примере месторождений Припятского прогиба / К. А. Лобов // Современные проблемы геологического картирования: матер. X Универс. геологич. чтений, г. Минск, 14–15 апр. 2016 г. / редкол.: В. И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Издательский центр БГУ, 2016. – С. 96–99.

Тезисы докладов конференций

13. Влияние упруго-пластичных деформаций на фильтрационные характеристики коллектора (на примере семилукской залежи Зуевского месторождения) / К. А. Лобов, А. И. Зайцев, Н. Н. Евтушенко, Н. Л. Лобова, М. Ф. Кибаш // Эффективные технологии разработки залежей углеводородов: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., г. Речица, 1–4 окт. 2013 г. / гл. ред. В. Н. Бескопыльный. – Речица, 2013. – С. 197–199.

Резюме
Лобов Константин Александрович

Влияние геофлюидальных давлений на фильтрационные свойства пород-коллекторов нефтяных месторождений Припятского прогиба

Ключевые слова: геофлюидальное давление, карбонатный коллектор, среднее эффективное давление, напряженно-деформированное состояние, керн, Припятский прогиб.

Объект исследования: карбонатные коллекторы нефтяных месторождений Припятского прогиба.

Цель работы: выявить закономерности изменения фильтрационно-емкостных характеристик карбонатных коллекторов Припятского прогиба при изменении их напряженного состояния и использовать эти закономерности для минимизации рисков опасных геофлюидодинамических процессов и явлений.

Методы исследования: теоретические и экспериментальные исследования, анализ и обобщение полученных результатов с применением современных компьютерных технологий, в том числе с использованием новейших программных продуктов по составлению геологических моделей месторождений нефти; комплексные лабораторные исследования пород; статистические методы обработки массивов данных.

Полученные результаты и их новизна: на основе разработанной методики по оценке напряженно-деформированного состояния карбонатных коллекторов на примере залежи межсолевого комплекса Чкаловского месторождения был получен уникальный картографический материал, с помощью которого можно определить участки залежи с аномальной напряженностью пород-коллекторов с целью локализации остаточных извлекаемых запасов и дальнейшего оптимального заложения горных выработок. Расчет основных геофлюидальных давлений позволил ранжировать нефтяные залежи месторождений Припятского прогиба по уровню напряженного состояния. Впервые рассчитаны значения критических давлений для залежей в целом и эксплуатационных скважин по основным месторождениям Припятского прогиба, превышение которых сопровождается резким снижением фильтрационных свойств пород-коллекторов вследствие необратимых деформационных процессов.

Степень использования: результаты исследований используются в учебном процессе кафедры региональной геологии БГУ, а также внедрены в проект разработки Чкаловского нефтяного месторождения.

Область применения: решение задач по проектированию систем разработки нефтяных месторождений, заложению новых скважин и планированию геолого-технических мероприятий.

Abstract
Lobov Konstantin

Influence of geofluid pressure on the filtration properties of reservoir rocks of oil fields within the Pripyat trough

Keywords: geofluid pressure, carbonate reservoir, mean effective pressure, stress-strain state, core, Pripyat trough.

Object of research: carbonate reservoirs of oil fields of the Pripyat trough.

Purpose of research: to identify patterns of changes in the filtration and capacitance characteristics of the Pripyat trough carbonate reservoirs under their stress state dynamics and use these patterns to minimize the risks of dangerous geofluid-dynamic processes and phenomena.

Methods of research: theoretical and experimental studies, analysis and generalization of the results obtained using modern computer technologies, including the use of the latest software products for compiling geological models of oil fields; complex laboratory research of rocks; statistical methods for processing data sets.

Results and their novelty: based on the developed methodology for assessing the stress-strain state of carbonate reservoirs using the example of the deposit of Chkalovo field intersault reservoir, unique cartographic material was obtained, which it makes possible to identify areas of the deposit with anomalous stress of reservoir rocks in order to localize residual recoverable reserves and further optimal placement of mine workings. Calculation of the main geofluid pressures made it possible to rank the oil deposits of the Pripyat trough fields according to the level of stress state. For the first time, critical pressure values have been calculated for deposits in general and production wells for the main fields of the Pripyat trough, the excess of which is accompanied by a sharp decrease in the filtration properties of reservoir rocks due to irreversible deformation processes.

Degree of use: research results are used in the educational process of the Department of Regional Geology of BSU, and are also introduced into the project for development of the Chkalov oil field.

Application: problem solving of oil field development systems design, laying of new wells and planning of geological and technical activities.

Рэзюмэ

Лобаў Канстанцін Аляксандравіч

Уплыў геафлюідальных ціскаў на фільтрацыйныя ўласцівасці парод-калектараў нафтавых радовішчаў Прыпяцкага прагіну

Ключавыя словы: геафлюідальны ціск, карбанатны калектар, сярэдні эфектыўны ціск, напружана-дэфармаваны стан, керн, Прыпяцкі прагін.

Аб'ект даследавання: карбанатныя калектары нафтавых радовішчаў Прыпяцкага прагіну.

Мэта працы: выявіць заканамернасці змены фільтрацыйна-ёмістасных характарыстык карбанатных калектараў Прыпяцкага прагіну пры змене іх напружанага стану і выкарыстаць гэтыя заканамернасці для мінімізацыі рызык небяспечных геафлюідадынамічных працэсаў і з'яў.

Метады даследавання: тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні, аналіз і абагульненне атрыманых вынікаў з ужываннем сучасных камп'ютарных тэхналогій, у тым ліку з выкарыстаннем найноўшых праграмных прадуктаў па складанні геалагічных мадэляў радовішчаў нафты; комплексныя лабараторныя даследаванні парод; статыстычныя метады апрацоўкі масіваў дадзеных.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: на аснове распрацаванай метадыкі па ацэнцы напружана-дэфармаванага стану складана пабудаваных карбанатных калектараў на прыкладзе паклады міжсолевага комплексу Чкалаўскага радовішча быў атрыманы ўнікальны картаграфічны матэрыял, з дапамогай якога можна вызначыць участкі паклады з анамальнай напружанасцю парод-калектараў, з мэтай лакалізацыі рэшткавых вымаемых запасаў, аптымальнага залажэння горных выпрацовак. Разлік асноўных геафлюідальных ціскаў дазволіў ранжыраваць нафтавыя паклады радовішчаў Прыпяцкага прагіну па ўзроўні напружанага стану. Упершыню разлічаны значэнні крытычных ціскаў для пакладаў увагуле і эксплуатацыйных свідравін па асноўных радовішчах Прыпяцкага прагіну, перавышэнне якіх суправаджаецца рэзкім зніжэннем фільтрацыйных уласцівасцяў парод-калектараў з прычыны незваротных дэфармацыйных працэсаў.

Ступень выкарыстання: вынікі даследаванняў выкарыстоўваюцца ў навучальным працэсе кафедры рэгіянальнай геалогіі БДУ, а таксама ўкаранёныя ў праект распрацоўкі Чкалаўскага нафтавага радовішча.

Вобласць прымянення: рашэнне задач па праектаванні сістэм распрацоўкі нафтавых радовішчаў, залажэнню новых свідравін і планаванню геолога-тэхнічных мерапрыемстваў.

Подписано в печать 47.06.2026.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 3.79. Тираж 60 экз. Заказ № 3; 6.

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.