

*На правах рукописи*



Ганиев Радик Рафкатович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОИСКА И РАЗВЕДКИ  
МАЛОРАЗМЕРНЫХ ЛОВУШЕК НЕФТИ В ПАШИЙСКО-ТИМАНСКОМ  
ПРОДУКТИВНОМ КОМПЛЕКСЕ (НА ПРИМЕРЕ ТАТАРСТАНА)

Специальность 25.00.12 – Геология, поиски и разведка  
нефтяных и газовых месторождений

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Санкт-Петербург – 2012

Работа выполнена в Государственном бюджетном учреждении Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (ГБУ ИПЭН АН РТ)

**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:**

Ларочкина Ирина Андреевна - доктор геолого-минералогических наук

**ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:**

Жарков Александр Михайлович - доктор геолого-минералогических наук, ФГУП «ВНИГРИ»/ Заведующий отделом анализа эффективности ГРП и перспектив освоения углеводородов Поволжского, Южно-Уральского федеральных округов России

Масагутов Рим Хакимович - доктор геолого-минералогических наук, ОАО АНК Башнефть/ Начальник отдела управления запасами и геологоразведочных работ

**ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ:**

ООО «БашНИПИнефть» (г. Уфа)

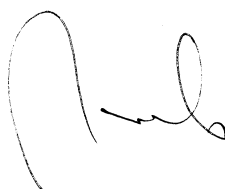
Защита состоится «14» декабря 2012 г. в 14 ч. 00 мин. на заседании Диссертационного совета Д 216.008.01 при Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ») по адресу: 191014, г. Санкт-Петербург, Литейный пр., 39

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВНИГРИ».

Автореферат разослан « 13 » ноября 2012 г.

Отзывы на диссертацию в двух экземплярах, заверенных подписью и печатью, просим направлять по адресу: 191014, г. Санкт-Петербург, Литейный пр., 39, Ученому секретарю.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, к.г.-м.н



Г.А. Григорьев

## Общая характеристика работы

Актуальность работы. Республика Татарстан - старый нефтедобывающий регион с многолетним опытом проведения поисково-разведочных работ нефтяных месторождений. По состоянию на 01.01.2011 года степень разведанности начальных суммарных ресурсов нефти в республике одна из самых высоких в РФ и составляет 87.9%. Разведанные запасы выработаны на 77.3%. Кроме того, за последнее время снижаются объемы бурения, рост добычи нефти преимущественно достигается за счет интенсификации разработки эксплуатируемых месторождений, находящихся на глубокой четвертой стадии разработки, ухудшается структура прироста разведанных запасов нефти. Снижается доля ее прироста за счет геологоразведочных работ (ГРР) и происходит увеличение прироста запасов в результате пересмотра коэффициентов извлечения нефти.

Количество мелких месторождений в республике составляет 195 единиц, что в процентном выражении составляет 96.5% от общего числа. Запасы нефти категорий А+В+С1 и С2 в них сосредоточены, соответственно, в объеме 47.4% и 67.6% от общих запасов по республике.

Потенциал углеводородного сырья в РТ еще достаточно высокий. Перспективные извлекаемые ресурсы нефти составляют величину 1 150 млн.т. (Пояснительная записка ..., 2011). Эйфельско-франский нефтеносный комплекс характеризуется наибольшей величиной текущих геологических запасов нефти и перспективных ресурсов категории С3 – 43% и 40%, соответственно.

На поздней стадии освоения недр Татарстана, в силу повышения изученности территории, отмечается закономерное «мельчание» объектов поиска. Поэтому объектами поиска, за редким исключением, будут являться средние, мелкие и преимущественно очень мелкие месторождения, контролируемые малоразмерными и малоамплитудными локальными поднятиями, являющиеся по своему геологическому строению сложнопостроенными.

Таким образом, в недрах Татарстана залежи нефти терригенного девона остаются одним из основных источников углеводородного сырья. Поэтому проблема совершенствования методики поиска и разведки малоразмерных ловушек нефти в отложениях пашийско-тиманского продуктивного комплекса продиктована необходимостью прироста запасов нефти на текущем этапе высокой степени опоскованности и разведанности начальных суммарных ресурсов РТ. В этих условиях актуальным становится необходимость разработки комплексных методик, направленных на усиление поисков и разведки новых месторождений, связанных с локально нефтеносными горизонтами. В том числе пашийско-тиманскими, как на малоперспективных землях западной части территории республики, так и на высокоперспективных восточных, где залежи

могут быть либо пропущенными, либо невоскритыми. Актуальность работы подчеркивает тот факт, что именно с мелкими и мельчайшими залежами нефти связываются 98% прогнозных запасов нефти в РТ.

Цель диссертационного исследования - разработка методических приёмов поисков залежей нефти в пашийско-тиманском продуктивном комплексе, позволяющих повысить эффективность поисков и разведки малоразмерных ловушек нефти и уточнение перспектив основных нефтегазоносных территорий Татарстана.

Для решения поставленной цели решаются следующие основные задачи:

- палеотектоническая реконструкция условий формирования продуктивных горизонтов терригенных девонских отложений;
- исследование современных структурных условий залегания продуктивных пластов;
- выявление закономерностей пространственной приуроченности малоразмерных локальных поднятий, контролируемых залежи нефти;
- типизация малоразмерных ловушек по условиям поиска и разведки залежей нефти;
- совершенствование методических приемов поисков перспективных малоразмерных поднятий в девонских терригенных отложениях.

Научная новизна.

1. На основе палеотектонического моделирования выявлены закономерности пространственной приуроченности установленных залежей нефти, контролируемых малоразмерными и малоамплитудными структурными формами на различных тектонических направлениях.

2. Существенно уточнены современные представления о границе распространения пашийских и тиманских пластов на западном склоне Южно-Татарского свода в пределах исследуемой территории.

3. Выполнена типизация локальных поднятий, характерных для пашийских и тиманских пластов на территории Татарстана с дополнением нового, применительно к исследуемым объектам, признака – генезиса.

4. Разработаны методические приемы поисков и локализации перспективных малоразмерных поднятий.

5. Обоснована схема размещения поисковых и оценочных скважин в условиях несоответствия структурных планов по отражающим горизонтам терригенных девонских и каменноугольных отложений.

Практическая значимость. Разработанные методические приемы поисков перспективных малоразмерных и малоамплитудных поднятий будут способствовать оптимизации комплекса мероприятий, связанных с опискованием и доразведкой малоразмерных залежей нефти, повышению успешности бурения скважин, эффективности ГРП и восполнению минерально-

сырьевой базы РТ. Защищаемые положения и их реализация находят воплощение в научно-практической деятельности ГБУ ИПЭН АН РТ. Применение разработанной методики и рекомендации на бурение поисковых, оценочных, разведочных скважин с целью поисков и доразведки залежей нефти в пашийско-тиманском продуктивном комплексе повысила эффективность ГРР на Мухарметовском, Ульяновском, Шереметьевском, Урганчинском и других месторождениях.

Защищаемые положения.

1. Типизация локальных поднятий – ловушек на основе генетических и морфологических признаков в тиманском и пашийском продуктивных горизонтах как объектов поисково-разведочных работ.

2. Комплекс методических приемов поиска и разведки для выявления залежей нефти в малоразмерных и малоамплитудных ловушках.

3. Принципы заложения поисково-разведочных скважин для поиска залежей нефти в тиманско-пашийском нефтегазоносном комплексе путём углубления нижнекаменноугольных скважин.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в геологии и разработке углеводородов» (г. Казань, 2009 г.), Международной научно-практической конференции «Инновации и технологии в разведке, добыче и переработке нефти и газа» (г. Казань, 2010 г.), Международной научно-практической конференции «Увеличение нефтеотдачи – приоритетное направление воспроизводства запасов углеводородного сырья» (г. Казань, 2011 г.), заседаниях ученого совета ГБУ ИПЭН АН РТ (2010, 2011, 2012 г.г.). Результаты исследований отражены в 6 статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК Российской Федерации и 4 работах, опубликованных в сборниках материалов научных конференций.

Материалы научных исследований по структурным построениям мелких месторождений с применением современных способов компьютерного моделирования вошли в виде отдельных подразделов, соответствующих глав в монографию «Геологические основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений» и авторский курс лекций по дисциплине «Основы компьютерного моделирования» для студентов геологического факультета Казанского (Приволжского) федерального университета.

Фактический материал. Диссертационная работа построена на основе многолетних научных исследований автора в области геологии нефтяных месторождений Татарстана. Исходными данными для проведения диссертационного исследования послужили материалы дел более чем 350 скважин, пробуренных в пределах территории Татарстана на каменноугольные

отложения, 168 дел скважин, целевые объекты которых девонские отложения и кристаллический фундамент, более 500 временных профилей сейсморазведочных работ в модификациях 2Д и 3Д МОГТ более чем сорока сейсмопартий, картографический и фактический материал по отражающим горизонтам фанерозоя и кристаллического фундамента. Используются результаты электроразведки и других площадных исследований, региональные структурные построения, схемы тектонического районирования, схемы восстановления палеогеографических условий накопления девонских отложений различных авторов.

Структура диссертации. Общий объем работы 146 страниц, состоит из введения, пяти глав и заключения, включает 16 рисунков, 9 таблиц. Библиографический список состоит из 126 наименований.

Работа выполнена под научным руководством доктора геолого-минералогических наук И.А. Ларочкиной, которой автор выражает искреннюю благодарность. Автор так же признателен старшему научному сотруднику лаборатории запасов и ресурсов углеводородного сырья и проектов геологоразведочных работ ГБУ ИПЭН АН РТ Т.А. Капковой за помощь в обработке фактического материала и ценные советы при обсуждении научной проблемы. Автор благодарен доктору геол.-минер. наук Д.В. Булыгину, доктору геол.-минер. наук В.Н. Макаревичу, доктору геол.-минер. наук Б.В. Успенскому, кандидату геол.-минер. наук В.М. Смелкову, а так же другим ученым и специалистам, чьи советы и замечания явились полезными и повысили качество работы.

### **Содержание работы**

В главе 1 - **«Особенности геологического строения терригенного пашийско-тиманского комплекса»** представлена литолого-стратиграфическая характеристика осадочного чехла на территории Татарстана. Проведена ретроспектива индексации девонских отложений за последние десятилетия. Дана оценка современной дробной индексации терригенных отложений девона, отвечающая требованиям повышения эффективности ГРП. Пашийский пласт лежит в основании пашийского горизонта и является основным регионально развитым продуктивным горизонтом эйфельско-тиманского нефтегазоносного комплекса на территории Татарстана. Пласт имеет неоднородное строение и подразделяется на пять отдельных пластов. Тиманский пласт ( $D_0$ ) развит на западном и северном склонах Южно-Татарского свода, частично на его вершине, а также на восточном борту Мелекесской впадины и на юго-восточном склоне Северо-Татарского свода. В южной, юго-восточной и восточной частях Южно-Татарского свода коллекторы отсутствуют. Пласт  $D_0$  представлен мелкозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов и разделяется на пять пропластков.

Проведение детальной корреляции терригенных девонских пластов на западном склоне Южно-Татарского свода позволило выделить различные типы разрезов осадочного чехла по полноте и характеру контакта с кристаллическим фундаментом. Приведённые в работе карты схемы, показывают области распространения и литологические типы пород, характерные для пашийских и тиманских отложений.

Результаты исследования показали, что палеогеографические условия осадконакопления на эйфельско-тиманском отрезке геологического времени характеризовались чрезвычайной изменчивостью: происходила неоднократная смена глубоководных морских условий на обмеление и образование суши. На основании данных по скважинам, пробуренным за последние несколько лет, скорректирована граница распространения пашийского пласта на западном склоне Южно-Татарского свода. Детальное описание конфигурации границ отсутствия пашийского пласта позволяет в практике поисково-разведочных работ принимать обоснованные решения при заложении скважин поискового и разведочного назначения.

Палеотектоническая модель эйфельско-саргаевского времени даёт представление о том, что условия осадконакопления сопровождали активные разнонаправленные тектонические движения. В качестве положительных структур первого порядка на территории современного Татарстана выделялись Северо-Татарский и Токмовский своды, разделённые Казанско-Кировским прогибом, существенно предопределившим условия девонского осадконакопления (Бадамшин, 1965; Войтович, 2003; Голов, 2001).

Результаты исследований позволили выявить закономерности палеотектонического развития территории, необходимые для понимания факторов, повлиявших на структурообразование и условия размещения ловушек.

Глава 2 - **«Тектоническое районирование территории»** посвящена анализу работ таких ученых-исследователей Русской платформы как А.Д. Архангельский, Э.З. Бадамшин, А.А. Бакиров, В.В. Белоусов, А.А. Богданов, Р.А. Валеев, Е.Д. Войтович, А.И. Клещев, В.А. Клубов, И.А. Ларочкина, В.А. Лобов, А.М. Мельников, Д.В. Наливкин, В.И. Троепольский, А.А. Трофимук, В.Е. Хаин, Н.С. Шатский, С.С. Эллерн и многих других. Большинство авторов сходятся во мнении, что важнейшую роль в формировании и размещении тектонических элементов различных типов на территории Татарстана сыграл кристаллический фундамент. Учитывая, что девонские отложения почти повсеместно залегают на денудационной поверхности фундамента, можно утверждать, что тектоническое районирование территории по кровле кристаллического

основания позволяет понять геологические условия формирования ловушек нефти в девоне.

На территории Татарстана в современном тектоническом плане выделяют следующие региональные структурные формы: Южно и Северо-Татарский, Токмовский своды, Мелекесскую и Верхнекамскую впадины и погребённые авлакогены и прогибы: Казанско-Кировский, Камско-Бельский, Сергиевско-Абдулинский.

Анализ соотношения крупных структурных форм кристаллического фундамента и осадочного чехла доказывает, что фундамент оказал доминирующее влияние на формирование тектонических форм всей осадочной толщи. Это утверждение актуально как для крупных, так и локальных структурных элементов, но с характерными закономерностями.

Главной чертой тектонического строения терригенного девона на западном склоне Южно-Татарского свода является ступенеобразное погружение в северо-западном и западном направлениях в сторону Прикамского и Баганинского прогибов. Над ступенями кристаллического фундамента в осадочной толще сформированы террасы и валообразные зоны северо-восточного простирания.

Для восточного склона Южно-Татарского свода тектоническое строение девонской поверхности аналогично строению на западном склоне. Отличие состоит в том, что здесь погружение валов имеет восточное и северо-восточное простирание. Установлено, что прогибы, выделенные в осадочной толще, наследуют разломные зоны в кристаллическом фундаменте, а локальные поднятия концентрируются преимущественно вдоль прогибов.

Результаты проведённого автором детального тектонического районирования на западном и восточном склонах Южно-Татарского свода позволили уточнить геологического строение ранее выявленных перспективных объектов – локальных поднятий, скорректировать их морфологию, размеры, а так же прогнозировать местоположение и направление простирания перспективных ловушек.

Установлено, что для Татарстана характерна слабая морфологическая расчлененность рельефа поверхности кристаллического фундамента и терригенного девона, поэтому выделенные структуры малоразмерны и малоамплитудны. В большинстве случаев сводовые части поднятий не выявлены. Структурный план по отражающему горизонту девонских отложений повторяет рельеф кристаллического фундамента в несколько сглаженном виде вследствие активных процессов осадконакопления, завершившихся к концу саргаевского времени. Для западного и восточного склонов Южно-Татарского свода на локальном уровне доказано наличие индивидуальных закономерностей смещения сводов локальных поднятий



выделенных по отражающему горизонту «У» относительно девонских залежей.

Глава 3 - **«Особенности пространственного размещения залежей в пашийско-тиманском продуктивном комплексе»**. На основе применяемых в практике критериев (Абдуллин, Аминов, Мельников, 1979; Вассоевич, 1988; Муслимов, 2007; Грунис, Ларочкина, 2011), представлена характеристика нефтеносности пашийско-тиманских продуктивных отложений, входящих в состав эйфельско-франского терригенного нефтегазоносного комплекса.

На базе выявленных закономерностей пространственного размещения известных залежей в пашийско-тиманском продуктивном комплексе разработана типизация ловушек по морфологической выраженности поднятий в плане и генезису. Для локальных объектов определены амплитуда, размеры по длинной и короткой осям, площадь локального объекта в плане по оконтуривающей изогипсе, а так же охарактеризован генезис. Анализ проведён раздельно для западного и восточного склонов Южно-Татарского свода (табл. 1). Локальные поднятия на западном склоне Южно-Татарского свода по генезису в 60 % случаев оказались сформированными под влиянием тектонического фактора и в 31 % случаев – седиментационно-тектонического, т.е сложными, так как поднятие сформировалось в благоприятных условиях седиментации осадков с повышенными фильтрационно-емкостными свойствами, но под влиянием преобладающего тектонического фактора. Локальные поднятия, сформированные благодаря седиментационному фактору, немногочисленны - на западном склоне они выявлены в 9 % случаев.

Для восточного склона распределение параметров во многом аналогично. Различие в определении генезиса локальных поднятий состоит в том, что объектов, сформированных под влиянием преимущественно седиментационного фактора, не обнаружено.

По характеру морфологической выраженности кровельной части ловушки в качестве ведущего признака типизации предлагается выделять два типа ловушек: структурные и неструктурные. Ловушки структурного типа для терригенных девонских отложений в Татарстане по генезису сформированы исключительно под влиянием тектонического фактора. В основном это структуры облекания эрозионных выступов фундамента. Сложность и многовариантность их геологического строения влечёт за собой образование в плане изометричных и линейно вытянутых форм.

Ловушки неструктурного типа подразделяются по генезису на две разновидности. Первая разновидность локальных поднятий – седиментационно-тектонические.

Таблица 1

**Характеристика перспективных локальных поднятий и выявленных залежей  
в терригенных девонских отложениях на стадии высокой опоискованности территории**

Характеристика локального поднятия	Западный склон Южно-Татарского свода			Восточный склон Южно-Татарского свода		
	Категория частота совпадения в %			Категория частота совпадения в %		
<b>П е р с п е к т и в н ы е л о к а л ь н ы е п о д н я т и я</b>						
1. Размер по длинной оси	<1 км	от 1 до 2 км	>2 км	<1 км	от 1 до 2 км	>2 км
	17	57	26	27	73	0
2. Размер по короткой оси	<1 км	от 1 до 2 км	>2 км	<1 км	от 1 до 2 км	>2 км
	66	31	3	100	0	0
3. Площадь	<1 км <sup>2</sup>	от 1 до 2 км <sup>2</sup>	>2 км <sup>2</sup>	<1 км <sup>2</sup>	от 1 до 2 км <sup>2</sup>	>2 км <sup>2</sup>
	49	34	17	47	47	6
4. Амплитуда	<10 м	от 10 до 20 м	>20 м	<10 м	от 10 до 20 м	>20 м
	80	14	6	100	0	0
5. Предполагаемый этаж нефтеносности	<10 м	от 10 до 20 м	>20 м	<10 м	от 10 до 20 м	>20 м
	89	11	0	100	0	0
6. Генезис поднятия	Тектоно-сидиментационный	Сидиментационно-тектонический	Тектонический	Сидиментационно-тектонический		Тектонический
	9 %	31 %	60 %	29 %		71 %

<b>В ы я в л е н н ы е з а л е ж и</b>						
1. Площадь	<1 км <sup>2</sup>	от 1 до 2 км <sup>2</sup>	>2 км <sup>2</sup>	<1 км <sup>2</sup>	от 1 до 2 км <sup>2</sup>	>2 км <sup>2</sup>
	0	62	38	43	43	14
2. Нефтенасыщенная толщина	до 2 м		>2 м	до 2 м		>2 м
	75		25	29		71
5. Этаж нефтеносности	<10 м	от 10 до 20 м	>20 м	<10 м	от 10 до 20 м	>20 м
	0	87	13	80	15	5
6. Генезис поднятия, контролирующего залежь	Тектоно-сидиментационный	Сидиментационно-тектонический	Тектонический	Сидиментационно-тектонический		Тектонический
	6 %	40 %	54 %	16 %		84 %

Как правило, это складки, возникшие под воздействием тектонического фактора в благоприятных седиментационных условиях. Например, косы, песчаные линзы, сформировавшиеся на возвышенных формах рельефа морского дна, и структуры их облекания. В плане по морфометрической выраженности такие локальные поднятия образуют холмовидные и кольцевые формы. Вторая разновидность – локальные поднятия, сформированные под влиянием, прежде всего, седиментационного фактора. К ним могут быть отнесены положительные геологические формы, образованные за счёт неравномерного уплотнения осадочных пород. По морфометрической выраженности в плане такие геологические тела образуют рукавообразные и клиновидные формы. Соответственно, форма влияет на выбор системы заложения поисковых скважин.

В главе 4 - **«Совершенствование методики поисков и разведки малоразмерных залежей нефти»** выполнена оценка современного состояния ГРП на нефть в Татарстане, показаны характерные для республики проблемы и проанализированы возможные пути повышения эффективности ГРП. На современном этапе применение инструментария и проводимые мероприятия поисков и доразведки залежей нефти имеют особенности, характерные для «старых» нефтедобывающих регионов с высокой степенью опоскованности. На таких территориях, как правило, недоизученными остаются сложнопостроенные малоамплитудные и малоразмерные ловушки, опоскование и доразведка которых требует индивидуального подхода в каждом случае.

Теоретической основой предлагаемых решений для повышения эффективности методов поиска и разведки нефтяных месторождений послужили научные труды А.А. Бакирова, Э.А. Бакирова, А.Ф. Белоусова, М.Д. Белонина, Н.И. Буялова, Н.Б. Вассоевича, В.Н. Водолазского, С.А. Винниковского, А.Н. Дмитриевского, А.Э. Конторовича, В.И. Ларина, И.А. Ларочкиной, В.Н. Макаревича, В.Л. Соколова, Е.Ф. Фролова, А.Я. Фурсова и др.

Для того чтобы дать научно-обоснованное определение малоразмерной ловушки, было проведено исследование распределения параметров, характеризующих размер по длинной и короткой осям, площадь локального поднятия, амплитуда. Дополнительно для выявленных и разрабатываемых залежей нефти, анализировался такой параметр как этаж нефтеносности.

Опираясь на результаты проведённых исследований, дано следующее определение малоразмерной ловушкой на территории Татарстана: это локализованная структурная форма, амплитуда которой равна или меньше десяти метров, а размеры в плане по длинной оси преимущественно от одного до двух километров, площадь локального объекта равна или менее двух квадратных километров.

Нижняя граница амплитуды малоразмерной ловушки может сдвигаться в меньшую сторону в зависимости от развития методик интерпретации площадных сейсмических методов исследования осадочной толщи и с точки зрения совершенствования разрешающей способности.

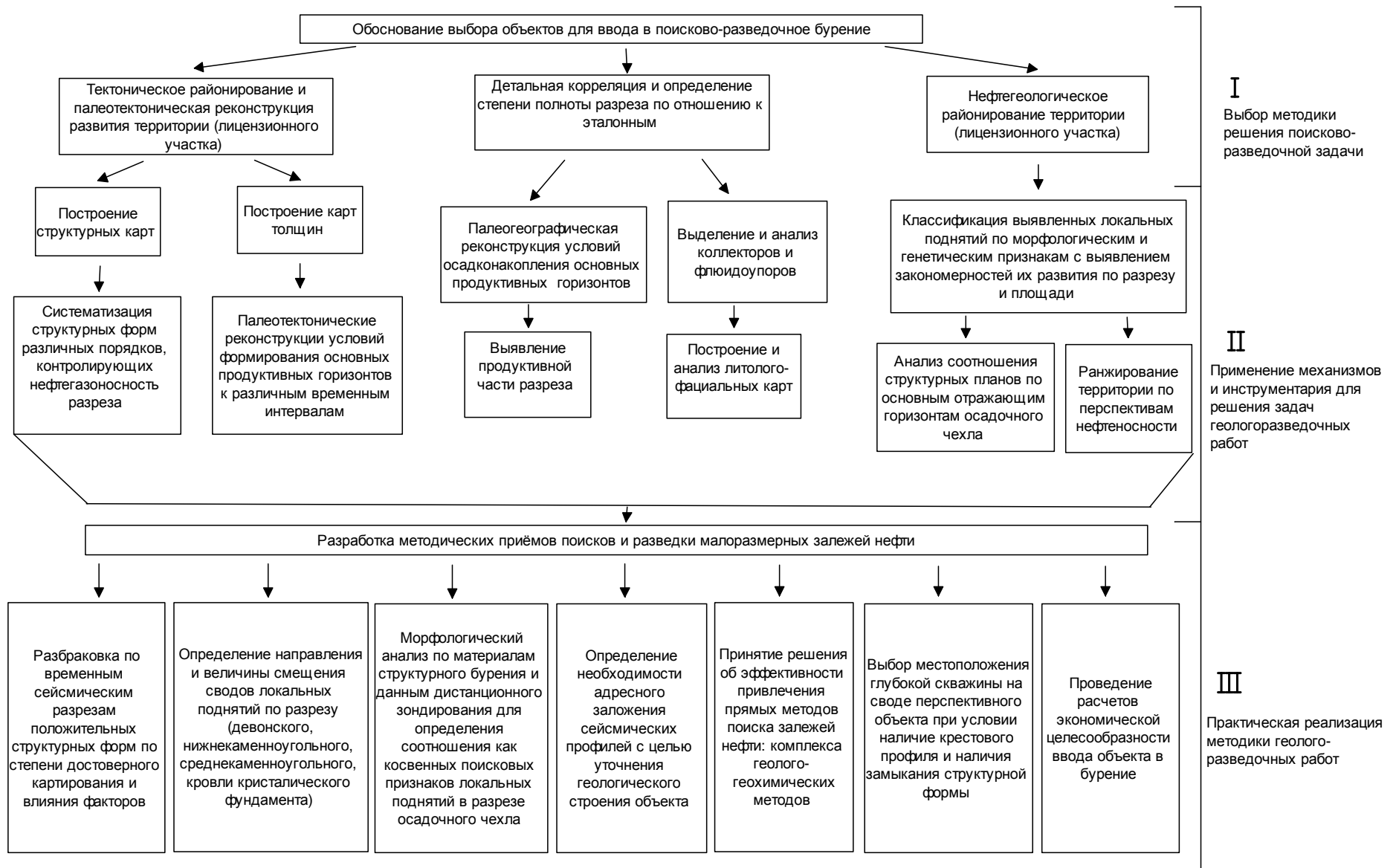
На рисунке 1 показана предлагаемая автором принципиальная схема проведения работ по поискам и разведке нефтяных залежей в малоразмерных ловушках терригенного девона. Из схемы следует, что решение общей задачи должно начинаться с обоснования выбора объектов для ввода в поисково-разведочное бурение. Для этого необходимо параллельно отработать три направления работ, сгруппированные в три уровневые ступени: выбор методики решения поисково-разведочной задачи (уровень I); выбор механизмов и инструментария решения задач геологоразведочных работ (уровень II); практическая реализации методики геологоразведочных работ (уровень III).

Основные важные элементы предлагаемой схемы.

1. Повышение эффективности геологоразведочных работ за счёт адресного уплотнения профилей сейсморазведки. При поисках новых структур плотность профилей должна выбираться сообразно размерам ожидаемых структур и с таким расчетом, чтобы ни одна из них не была пропущена.

Анализ показывает, что задача повышения плотности покрытия территории сейсморазведочными работами достигается, как правило, за счёт «правильной» сетки профилей, состоящей из равносторонних квадратов. Технологию сейсмопрофилирования необходимо совершенствовать путём заложения следующих принципов. Первое – доведение плотности и равномерности сети сейсмических профилей до значений 3,5-4,0 пог.км/км<sup>2</sup>, так как это, в конечном счёте, определяет качество подготовленных для глубокого бурения объектов и повышает эффективность дорогостоящего поисково-разведочного бурения. Второе – изучение геологического строения опойскаваемого объекта должно проводиться по основным элементам ловушки: свод, крыло и её периклиналиная часть. Заложение направлений профилей должно корреспондироваться с региональным тектоническим строением: вкрест простирания структурных зон второго порядка, валов, девонских конседиментационных прогибов. Перпендикулярно к ним прокладываются связующие продольные профили.

2. Применение палеотектонического анализа для прогнозирования перспектив нефтеносности терригенного девонского комплекса. Анализ мощностей позволяет дать оценку тектоническому фактору и определить его влияние на формирование ловушек, природу образования поднятий и закономерности их размещения, что, в свою очередь, позволяет прогнозировать связанные с ними ловушки и залежи нефти при наличии благоприятных условий для формирования коллектора и покрышки.



**Рис.1. Принципиальная схема проведения работ по поискам и разведке нефтяных залежей в малоразмерных ловушках терригенных девонских пластов**

3. Принципы заложения скважин с учётом соотношения каменноугольных и девонских структурных планов. Как показывают проведённые автором аналитические исследования, лишь в 10-12 % случаев из поисковых скважин, заложенных в сводовых частях объектов, подготовленных по отражающему горизонту «У» в структурной поверхности тульского горизонта, получены промышленные притоки нефти из продуктивных комплексов девонских отложений. Низкий коэффициент успешности поискового бурения в девоне связан с несовпадением контуров нефтеносности залежей в разновозрастных ловушках. Причина отсутствия унаследованности в плане девонских и каменноугольных ловушек в их различном генезисе. Поэтому скважины с целью поиска залежей нефти в девонских отложениях должны закладываться исключительно на объекты, подготовленные по отражающему горизонту «Д». Однако, при картировании девонских структурных планов на основе сейсморазведочных работ в модификации МОГТ специалисты испытывают проблемы, которые связаны с малоамплитудностью девонских локальных объектов, их удалённостью и с ложной волновой картиной, которую создают над ними многочисленные биогермные постройки, находящиеся в толще карбонатных пород. Кроме этого, основной площадной метод изучения геологического строения осадочной толщи – сейсморазведка имеет погрешность картирования локальных поднятий, равную приблизительно плюс-минус 10 метров. Поэтому методически возможно осуществить поиск залежей нефти в терригенных девонских комплексах на основе детально изученных структурных планов каменноугольных отложений, которые, как правило, закартированы с высокой степенью достоверности.

С целью разработки практических рекомендаций по заложению скважин для опоскования залежей нефти в пашийских и тиманских отложениях проведено исследование по определению направления и величины смещения свода девонской ловушки по отношению к контуру нижнекаменноугольных структурных форм (табл. 2).

Таблица 2

Закономерности смещения сводов локальных поднятий выделенных по отражающему горизонту «У» относительно девонских локальных объектов

Западный склон ЮТС			Восточный склон ЮТС		
Преимущественное направление смещения/ частота совпадения (%)	Смещение свода локального объекта по отражающему горизонту «У» относительно «Д» (м / % от общего числа наблюдений)		Преимущественное направление смещения/ частота совпадения (%)	Смещение свода локального объекта по отражающему горизонту «Д» относительно «У» (м / % от общего числа наблюдений)	
	Юго-запад / 44%, Северо-запад – запад / 56%	до 500		45	Северо-восток / 27%, Восток / 73%
	от 500 до 1000	37		от 500 до 1000	27
	более 1000	18		более 1000	9

Для западного и восточного склонов Южно-Татарского свода доказаны индивидуальные закономерности смещения сводов локальных поднятий, выделенных по отражающему горизонту «У», относительно девонских локальных объектов.

Выявленные закономерности соотношения контуров девонских залежей нефти с поднятиями в нижнекаменноугольной поверхности подтвердили тезис, что первой поисковой скважиной, заложенной на своде объекта, подготовленного по отражающему горизонту «У», как правило, невозможно выявить залежь в девонском терригенном комплексе. Смещены ловушки в каменноугольных отложениях в сторону регионального падения пластов, преимущественное расстояние смещения составляют 0,5-1,0 км. Исходя из выявленных соотношений, размеров и конфигурации локальных поднятий, установлено, что опоскование девонской залежи должно проводиться методом выборочного углубления краевых скважин из технологических схем разработки турнейского или бобриковско-тульского продуктивных горизонтов на расстоянии не менее чем 0,5-1,0 км по подъему пластов, в профиле с поисковой скважиной с целью вскрытия сводовой части локального объекта в терригенных девонских отложениях (рис. 2).

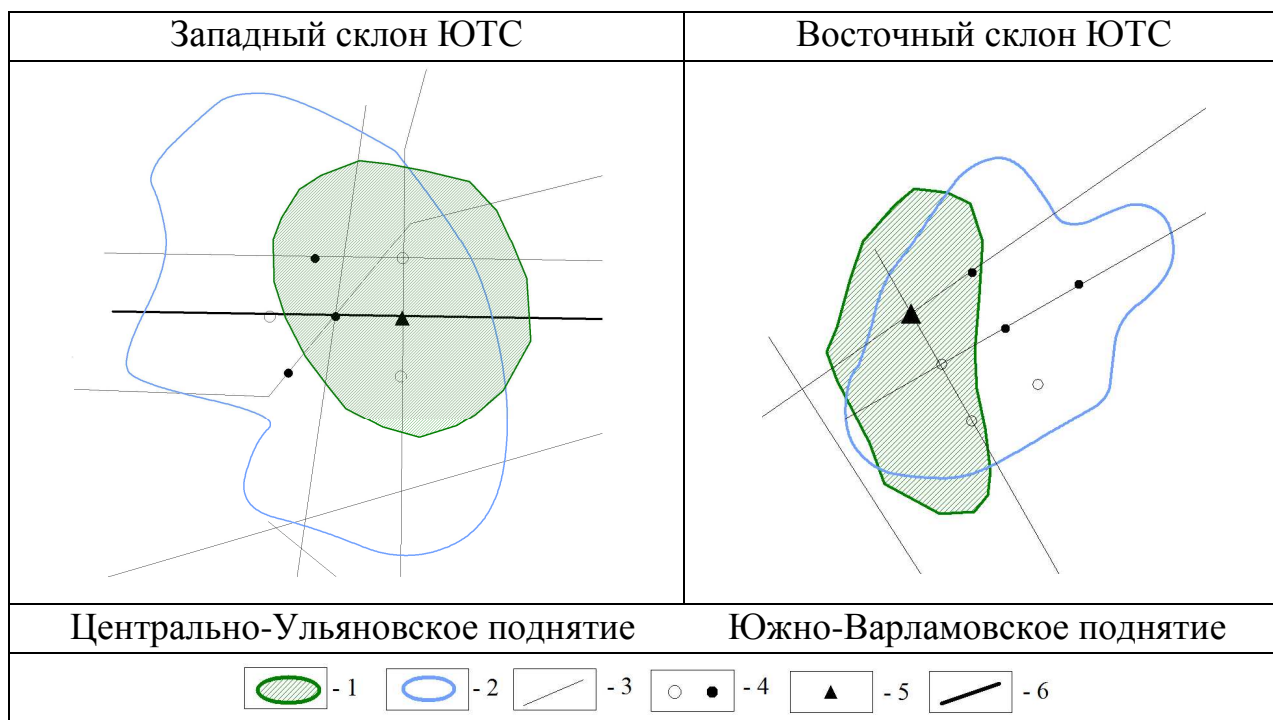


Рис. 2. Типовая схема заложения поисковой скважины на локальном объекте для терригенных девонских отложений, М 1:60 000

Условные обозначения: 1 – контур локального объекта по отражающему горизонту «Д», 2 – контур локального объекта по отражающему горизонту «У», 3 – профили проведенных сейсморазведочных работ, 4 – проектные и действующие скважины эксплуатационного фонда, 5 – скважина, рекомендуемая на терригенный девон, 6 – рекомендуемый детализационный профиль сейсморазведки.

Обязательным условием при заложении местоположения скважины является наличие на локальном поднятии как минимум двух сейсмических профилей, которые пересекаются под углом, максимально близким к прямому. Местоположение сейсмических профилей должно давать достоверную информацию о геологическом строении локального объекта: свода, крыльев и периклинальной части. При анализе исходного геолого-геофизического материала временные сейсмические профили следует ранжировать по степени достоверности волновой картины.

Местоположение скважины должно совпадать с точкой пересечения сейсмических профилей и соответствовать максимальной гипсометрической отметке перегиба опорного отражающего горизонта. Допускается в целях поиска самой высокой отметки кровли перемещать местоположение закладываемой скважины вдоль трассы сейсмического профиля.

Оптимальным местом на ловушке для локальных объектов структурного типа, сформированных под превалирующим влиянием тектонического фактора, является размещение скважины на своде структуры. Для ловушек неструктурного типа, например, связанных с песчаным телом, имеющим площадной характер, скважину необходимо размещать в осевой зоне ловушки с повышенной толщиной пласта.

Принципы разведки мелких месторождений имеют свои особенности, связанные с тем, что на момент проведения разведочных работ объём геолого-геофизической информации продолжает оставаться скудным. Поэтому решения приходится принимать по аналогии с объектами, находящимися в схожих геологических условиях и имеющих достоверные геологические данные бурения глубоких скважин.

Разведочные скважины закладываются в точках с максимальной информацией, полученной по материалам площадных сейсморазведочных работ. Дополнительными условиями являются, во-первых, наличие кондиционной нефтенасыщенной толщины пласта, во-вторых, соблюдение правила, чтобы бурение разведочной скважины в дальнейшем обеспечивало плотность, совпадающую с плотностью сетки эксплуатационных скважин. Как правило, для этого расстояние от поисковой скважины должно быть 300-400 метров при плотности 6-9 га/скв. Поэтому скважины выбираются опережающие из проектного эксплуатационного фонда, обоснованного в технологической схеме разработки месторождения (Филиппов и др., 1996).

4. Морфометрический анализ. Применение морфометрического анализа целесообразно с точки зрения увеличения достоверности поисково-разведочных рекомендаций на территориях с малой плотностью геолого-геофизической информации. Для этого необходимо проводить комплексный анализ космоснимков, гипсометрии рельефа и материалов структурного



бурения. Практика показывает, что современные положительные формы рельефа – это отражение высокоамплитудных положительных форм в каменноугольных отложениях. Полезным качеством геоморфологического анализа является также то, что по данным расшифровки современных космических снимков можно относительно недорого повышать качество проведения рекогносцировочных работ при формировании проектов детализационных сейсмических профилей.

5. Условия применения прямых методов поисков залежей нефти. Многочисленные прямые методы локального прогноза отличаются относительной дешевизной, коротким временным сроком проведения работ и получения результатов интерпретации. Доказано, что регулируя число методов, можно заметно повысить достоверность прогноза, а также ранжировать объекты по степени достоверности оценки. По мнению В.Д. Наливкина, М.Д. Белониной, Г.П. Сверчкова (1983), выбираемые методы должны быть независимыми, т.к. зависимые методы могут давать одинаковые ошибки.

Из-за сильного влияния общего фона, создаваемого наличием в осадочном чехле на различных уровнях углеводородов, методы локального прогноза не позволяют достоверно обосновать точку для заложения скважины для опоскования нефти в терригенных девонских отложениях. Поэтому, по нашему мнению и опираясь на исследования других авторов, считаем доказанным, что на западе Татарстана, где при районировании выделены земли ограниченно и возможно перспективные, проведение сейсморазведки рекомендуется проводить в комплексе с высокоточной гравиразведкой. Также целесообразно комплексировать сейсморазведочные работы для подготовки локальных объектов к глубокому бурению, методами локального прогноза нефтеносности, такими как низкочастотное сейсмическое зондирование и комплексом геолого-геохимических методов. Эти методы опробованы при поисковых работах в восточной части Татарстана и доказана эффективность их применения. Их использование позволит уточнить характер флюида, насыщающего ловушку. Кроме того, в объеме финансовых затрат их доля будет несущественной.

Глава 5 - **«Экономическая целесообразность опоскования малоразмерных залежей нефти»** посвящена анализу существующих подходов к этой проблеме Л.З. Аминова, М.Д. Белониной, Г.А. Григорьевой, Е.Б. Груниса, Т.В. Гудымовой В.Н. Макаревича, А.И. Мишичевой, Ю.В. Подольского, О.М. Прищепы, Ю.Б. Силантьева и др. На основе проведенного анализа сделан вывод о том, что накопленный опыт можно применить для Татарстана, для которого характерным является, прежде всего, то, что инфраструктура, позволяющая эффективно разрабатывать месторождение, сформирована.

Прежде всего, это наличие энергетических ресурсов, дорожная сеть, транспортная составляющая, собственная переработка, а так же развитая логистическая система сбора и сбыта добытой продукции. Отличительной особенностью является то, что освоение ресурсов в малоразмерных девонских объектах проводится при наличии разрабатываемых эксплуатационных объектов в вышележащих каменноугольных пластах. Поэтому при условии организации современных способов совместно-раздельной разработки разных пластов, применения боковых стволов и многоствольных скважин, а также использования современных методов, позволяющих достичь максимальную нефтеотдачу, можно существенно повысить экономическую эффективность вовлечения в разработку залежей, содержащих небольшие запасы нефти.

В процессе оценки необходимо учитывать все основные характеристики оцениваемых объектов: горно-геологическую, экономико-географическую, производственно-технологическую, инфраструктурную, а также условия и цены реализации продукции, спрос и потребление минерального сырья, систему налогообложения в недропользовании.

Автором на примере реальных проектов выполнены расчёты экономических показателей в структуре расходов на проведение ГРП. В среднем, проведение ГРП на лицензионных участках до ста квадратных километров, с преимущественным фондом малоразмерных локальных поднятий, требует финансирования в объёме 63.6 млн. руб. В арсенал геологоразведочных мероприятий, в зависимости от выбранной методики, могут входить затраты на научно-исследовательские, камеральные и рекогносцировочные работы, методы локального прогноза, площадные геофизические исследования, а так же бурение скважин специального назначения. Экономическая эффективность проведения работ оценивается по трём показателям: прирост запасов категории  $C_1$  на одну скважину, прирост запасов категории  $C_1$  на один метр проходки и стоимость прироста одной тонны нефти. Выполненные расчёты показали, что средние значения указанных показателей распределились следующим образом: 66,4 тыс.т/скв., 51.5 т/м и 582.2 руб./т, соответственно.

Полученные экономические показатели позволили рассчитать величину расходов на проведение ГРП, приходящуюся на условное малоразмерное локальное поднятие в пашийско-тиманском продуктивном комплексе площадью не более 2.2 км<sup>2</sup>, изученное «крестом» сейсмопрофилей, имеющее в своде скважину, пробуренную углублением из сетки вышележащей продуктивной нижнекаменноугольной залежи, и соотнести его со стоимостью дохода, получаемого за счёт продажи добытой нефти.

Рыночная стоимость одной тонны нефти в ценах 2012 года равна 11.9 тыс. руб. Стоимость сейсморазведочных работ в ценах 2012 года составляет 130 тыс.

руб. за один погонный километр. Стоимость бурения одного метра глубокой скважины 55.2 тыс. руб. Средний прирост извлекаемых запасов категории С1 на одно условное малоразмерное локальное поднятие равен 60.8 тыс. т. Таким образом, соотношение дохода от реализации нефти к общей величине расходов на проведение ГРП составляет величину 3,5–5%. Приведены осреднённые экономические показатели по нефтяным компаниям Татарстана, рассчитанные по фактическим данным при составлении программ геологоразведочных работ. Наиболее важными являются эксплуатационные расходы, объём капитальных вложений и налоговая нагрузка на одну тонну добываемой нефти. Оценивалась доля показателей для месторождений с малоразмерным фондом локальных поднятий в стоимости прироста 1 тонны нефти. Например, для эксплуатационных расходов эта доля получилась 36.4%, для налоговой нагрузки ещё меньше – 12.4%.

Очевидно, что малоразмерные залежи априори обладают малой величиной запасов и поэтому находятся в повышенной зоне риска, когда строительство каждой новой скважины может привести к убыточности разработки объекта. Но полученные цифры говорят о том, что расходы на проведение ГРП на участках с малоразмерным и малоамплитудным фондом поисковых объектов при определённых условиях может оказаться рентабельной для региона Татарстан. Наличие сложившейся инфраструктуры в районах с развитой нефтедобычей способствует снижению порога рентабельности при разработке малоразмерных залежей нефти. Большое значение при определении порога рентабельности имеет так же совершенствование методов увеличения нефтеотдачи, способствующее максимизации полноты извлечения углеводородов из недр. Поэтому объекты, разработка которых в нынешних условиях не является рентабельной, в перспективе могут оказаться в совершенно иных условиях и иметь инвестиционную привлекательность.

### **Заключение**

1. Выделены четыре типа разрезов терригенных девонских отложений, отличающихся полнотой представленных стратиграфических единиц и характером их контакта с кристаллическим фундаментом. В результате определены закономерности площадного развития пластов коллекторов пашийско-тиманского продуктивного комплекса на исследуемой территории и скорректирована граница распространения пашийского пласта на западном склоне Южно-Татарского свода.

2. Доказано, что палеотектоническая реконструкция условий формирования продуктивных горизонтов терригенных девонских отложений позволяет выявить закономерности палеотектонического развития территории,

необходимые для понимания факторов, повлиявших на структурообразование и условия размещения ловушек.

3. Уточнено геологическое строение ранее выявленных перспективных объектов – локальных поднятий на основе тектонического районирования, скорректированы их морфология, размеры, спрогнозированы местоположение и направление простираения перспективных ловушек. Для западного и восточного склонов Южно-Татарского свода на локальном уровне доказаны индивидуальные закономерности смещения сводов локальных поднятий выделенных по отражающему горизонту «У» относительно девонских залежей. Выявлено смещение ловушки в каменноугольных отложениях в сторону регионального падения пластов с преимущественным расстоянием 0,5-1.0 км.

4. Выполнена типизация ловушек по морфологической выраженности поднятий в плане и генезису на основе выявленных закономерностей пространственного размещения известных залежей в пашийско-тиманском продуктивном комплексе, как максимально соответствующая задачам поисков и разведки малоразмерных локальных объектов в терригенном девоне Татарстана. Доказано, что локальные поднятия в большинстве случаев сформированы под влиянием тектонического фактора, меньшее количество локальных поднятий является седиментационно-тектоническим. Локальные поднятия, сформированные преимущественно под влиянием седиментационного фактора, немногочисленны - на западном склоне они выявлены в 9% случаев, на восточном отсутствуют. По характеру морфологической выраженности кровельной части ловушки в качестве признака типизации предлагается выделять два типа ловушек: структурные и неструктурные.

5. Предложена авторская схема проведения поисково-разведочных работ, позволяющая повысить эффективность и усовершенствовать методические приёмы поисков и разведки малоразмерных ловушек в терригенных девонских отложениях на территории Татарстана. Из схемы следует, что решение общей задачи должно начинаться с обоснования выбора объектов для ввода в поисково-разведочное бурение. Для этого необходимо параллельно отработать три направления работ, сгруппированные в три уровневые ступени: выбор методики решения поисково-разведочной задачи (уровень I); выбор механизмов и инструментария решения задач ГРП (уровень II); практическая реализация методики геологоразведочных работ (уровень III), включающая обоснование места заложения скважины.

6. Доказано, что проведение геологоразведочных работ на участках с малоразмерным и малоамплитудным фондом поисковых объектов при определённых условиях является рентабельным для Татарстана. Расходы, связанные с поискованием и разведкой объектов не превышают

эксплуатационных расходов, капитальных затрат и налоговой нагрузки недропользователя. Наличие сложившейся инфраструктуры в районах с развитой нефтедобычей и мероприятия, направленные на инновации при дальнейшей разработке малоразмерных залежей, способствуют снижению порога рентабельности при разработке малоразмерных залежей нефти.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

#### Монографии

1. Геологические основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений. Казань: Изд-во Казанского университета, 2011. 360 с. (Соавтор Булыгин Д.В.).

#### Публикации в изданиях, реферируемых ВАК

2. Моделирование геологических тел с использованием структурно-генетических особенностей // Георесурсы. №2 (34). 2010. С.18-21. (Соавтор Булыгин Д.В.)
3. Повышение эффективности геологоразведочных работ на девонские продуктивные отложения за счёт адресного уплотнения профилей сейсморазведки // Георесурсы. №4 (40).2011. С.8-12.
4. Палеотектоническая характеристика территории как структурный критерий для прогнозирования перспектив нефтеносности терригенного девонского комплекса // Георесурсы. №4 (40). 2011. С.22-24. (Соавторы Ларочкина И.А., Капкова Т.А., Михайлова Е.Н.).
5. Применение морфометрического анализа с целью увеличения достоверности поисково-разведочных рекомендаций на территориях с малой плотностью геолого-геофизической информации // Георесурсы. №3(35). 2009. С.44-47 (Соавторы Анисимов Г.А., Каптелинин О.В., Сираев Ф.Т.).
6. Ganiev R.R. Development of Methods of Searching and Prospecting the Low-Dimensional Oil Traps in the Pashiysko-Timansky Productive Complex // Georesources. # 2(44). 2012. P.19.

#### Публикации в других печатных изданиях

7. Адресное уплотнение детализационных сейсморазведочных профилей как фактор повышения эффективности геологоразведочных работ // Сб. материалов международной научно-практической конференции «Инновации и технологии в разведке, добыче и переработке нефти и газа». Казань: Изд-во «Фэн», 2010. С.216-220 (Соавторы Ларочкина И.А., Анисимов Г.А., Шабалин О.Н.).

8. Применение геоинформационных систем при решении актуальных задач геологоразведки и мониторинга разработки нефтяных месторождений // Материалы международной научно-практической конференции «Увеличение нефтеотдачи – приоритетное направление воспроизводства запасов углеводородного сырья». Казань: Изд-во «Фэн», 2011. С.49 (Соавтор Анисимов Г.А.).
9. Палеоструктурный анализ как метод повышения поисков залежей нефти в девонском терригенном комплексе // Материалы международной научно-практической конференции «Увеличение нефтеотдачи – приоритетное направление воспроизводства запасов углеводородного сырья». Казань: Изд-во «Фэн», 2011. С.299 (Соавторы Ларочкина И.А., Капкова Т.А., Михайлова Е.Н.).
10. Комплексное использование данных структурного бурения и космических снимков для решения геологоразведочных задач на примере Мухарметовского лицензионного участка // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в геологии и разработке углеводородов». Казань: Изд-во «НПО Репер», 2009. С.76-80 (Соавторы Анисимов Г.А., Сираев Ф.Т.).