





1. ОБОСНОВАНИЕ ПОСТАНОВКИ РАБОТ

На современном этапе развития нефтедобычи России структура ресурсной базы углеводородов характеризуется высокой динамикой изменения в сторону увеличения доли трудноизвлекаемых полезных ископаемых (ТРИПИ). В качестве новых источников наращивания запасов углеводородного сырья внимание нефтяников все больше привлекают отложения доманикового типа, развитые в Волго-Уральской и Тимано-Печерской нефтегазоносных провинциях (НГП). Эти отложения в регионе являются основной нефтематеринской толщей, для них характерны высокая глинистость, битуминозность, трещиноватость и резкая изменчивость по площади и разрезу емкостно-фильтрационных свойств пород.

Доманиковые продуктивные отложения широко распространены в восточной части европейской России, зона их развития вытянута широкой полосой вдоль Урала (Рис.1). На территории Волго-Уральской НГП они распространяются на территорию Пермской, Свердловской, Кировской, Ульяновской, Куйбышевской, Оренбургской, Саратовской, Волгоградской области, республики Татарстан, Башкортостан, Удмуртия, на территории Тимано-Печерской НГП – на территорию Архангельской области и республики Коми. Таким образом, распространен доманик в регионах с развитой инфраструктурой и близостью к рынкам.

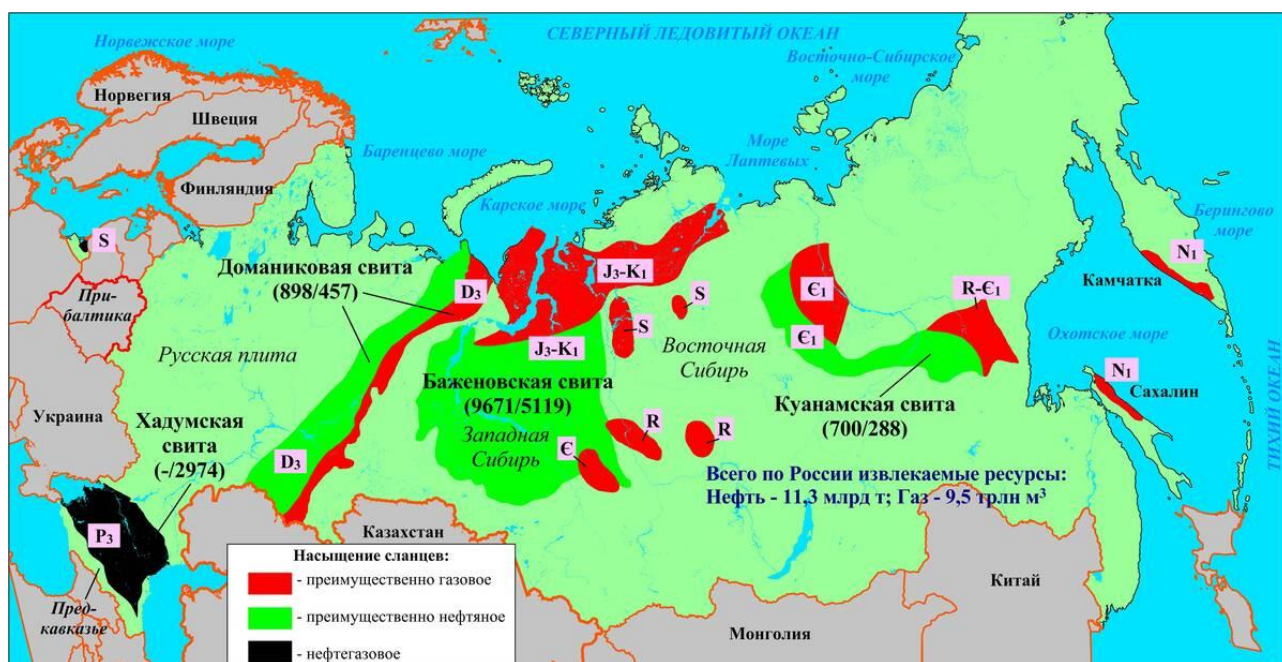


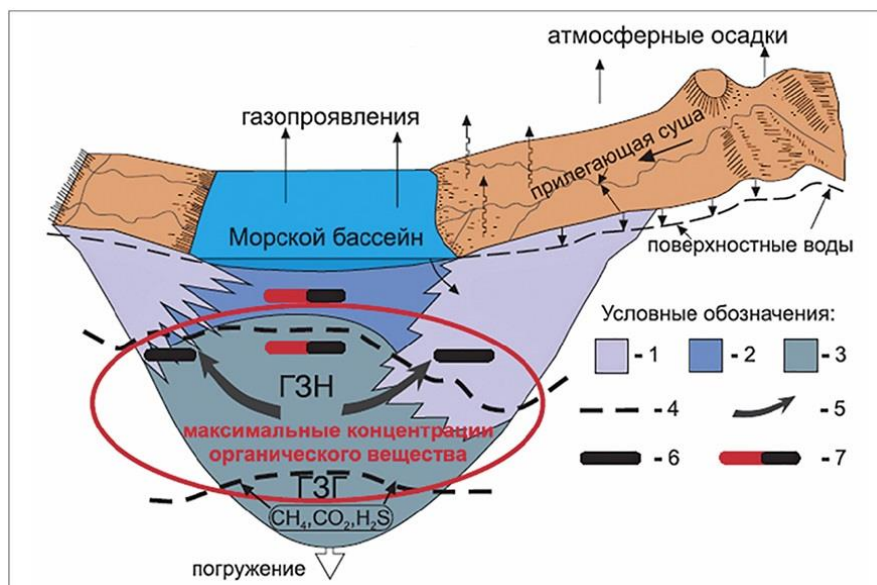
Рис. 1. Распространение нефтематеринских отложений

Рассматриваемые отложения представляют собой высокобитуминозную кремнисто-глинисто-карбонатную толщу морского биогенного генезиса. Подобные толщи являются основными нефтематеринскими свитами практически во всех нефтегазоносных бассейнах мира, ближайшим аналогом является баженовская свита в Западной Сибири.

Результаты бурения многочисленных скважин, в т.ч. и в Западно-Сибирской НГО, свидетельствуют о том, что нефтематеринские свиты способны как производить



углеводороды, так и концентрировать их внутри себя в отдельных пластах и зонах, выполняющих роль резервуаров. Схема генерации УВ в сланцевых толщах и их миграции в окружающие породы показана на Рисунке 2.



Зоны максимальной концентрации углеводородов в сланцевых породах расположены в наиболее прогнутах части бассейна.

Области аккумуляции углеводородов:

1 – за счёт латеральной миграции,

2 – за счёт вертикальной миграции, 3 – очаг нефтегазообразования,

4 – границы ГЗН и ГЗГ, 5 – миграция флюидов,

6 – нефтяные скопления, 7 – нефтегазовые скопления.

Схема из журнала «Георесурсы» № 2(61) 2015 г.

Рис. 2. Схема формирования скоплений УВ в отложениях доманикового типа (Ступакова А.В. и др., 2015 г.)

Анализ научных публикаций показывает, что большинство исследователей отмечают значительный нефтяной потенциал доманиковых отложений, обладающих специфическими геологическими, литологическими, геохимическими и иными свойствами, определяющими сложное распределение коллекторов и зон промышленной нефтеносности. По разным оценкам извлекаемые запасы нефти доманика только в Волго-Уральской провинции составляют от 3,0 до 6,0 млрд.т., а геологические запасы – более 100,0 млрд.т.

Оценка геохимических показателей доманиковой формации показала, что кремнисто-карбонатные породы, обогащенные морским органическим веществом, обладают высоким генерационным нефтегазоносным потенциалом. Возможность подготовки в этом объекте рентабельных запасов углеводородов в названных выше провинциях подтверждается получением в скважинах промышленных притоков нефти из тех горизонтов, которые раньше не относились к продуктивным.

Доказано, что доманиковые отложения являются высокопродуктивной нефтематеринской толщей, которая сгенерировала УВ для большинства залежей в Волго-Уральской и Тимано-Печерской НГП. Вместе с тем, доманиковые толщи сами содержат значительное количество подвижных не эмигрированных углеводородов. Это дает основания рассматривать доманиковую толщу как единую неструктурную залежь, из которой часть



углеводородов мигрировала в вышележащие структурные ловушки, а большая часть осталась на месте генерации и представляет собой перспективные ресурсы УВ.

Основным вопросом при выделении потенциально продуктивных зон в доманиковой формации и их ранжировании по степени перспективности является выработка критериев промышленной нефтеносности. Наиболее важным критерием оценки перспектив нефтегазосности является мощность нефтематеринской толщи. На территории рассматриваемых НГП этот показатель меняется в широких пределах от 0 до 60-100 и более м. Очевидно, что мощность толщи напрямую зависит от тектонического фактора, т.к. чем интенсивней происходило погружение впадин, тем более мощная толща осадков в ней накапливалась и тем большее количество органического вещества захоранивалось. Из схемы, приведенной на Рисунке 2, следует, что этот фактор является одним из основных. При анализе углеводородного потенциала доманиковой формации установлено, что формирование скоплений УВ с наибольшей вероятностью происходило в пределах тектонических элементов, испытавшим длительное и устойчивое погружение на протяжении истории геологического развития бассейна осадконакопления. К таким элементам относятся, в первую очередь, крупные впадины и линейные прогибы. Во впадинах накапливалось максимальное количество органики и формировались потенциальные нефтематеринские толщи. В пределах таких тектонических образований, как правило, отмечается повышенный тепловой режим и активное осадконакопление, поэтому в этих зонах с наибольшей вероятностью органическое вещество достигало степени зрелости, необходимой для генерации УВ. Впоследствии из нефтематеринских отложений по разломам и зонам трещиноватости происходила миграция части УВ в верхние горизонты осадочного чехла, заполняя имеющиеся там ловушки для нефти и газа. Большая часть УВ, как уже отмечалось, сохранялась в потенциально продуктивной нефтематеринской толще, заполняя ее пустоты или оставаясь в матрице породы. В связи с этим другим важным фактором, из учитываемых нами при прогнозе нефтеносности, является наличие пустотного пространства, определяющего возможность аккумуляции подвижных УВ. Приведенные критерии и положения взяты нами за основу поиска и ранжирования скоплений УВ в доманиковой толще.

Исходя из сказанного, следует однозначный вывод о том, что основные задачи по оценке толщины и структурного плана доманиковых толщ, а так же поиска зон возможных скоплений УВ могут быть решены только методами сейсморазведки. Очевидно, что при резкой литологической изменчивости доманиковых отложений изучить их внутреннее строение поисково-оценочным бурением практически невозможно. Ведь даже при плотном размещении скважин мы имеем в них лишь дискретные значения характеристик пластов, и при интерполяции характеристик геологическая модель будет значительно загрублена и геологические риски не будут уменьшены. Очевидно, что для изучения строения доманиковых продуктивных толщ в межскважинном пространстве приоритетное значение приобретает объемная сейсморазведка МОГТ-3D или плотная площадная сейсморазведка МОГТ-2D. Отметим, что согласно «Временных методических рекомендаций по подсчету запасов нефти в доманиковых продуктивных отложениях», «объектом подсчета запасов в доманиковых продуктивных отложениях является часть лицензионного участка (или участка целиком), в пределах которой распространены породы доманикового типа», причем нефтеперспективным считаются ареалы распространения таких пород толщиной более 10 м.



Как показывает опыт наших работ, с помощью сейсмических методов можно успешно решать задачи оценки ресурсов, поиска залежей и подсчета запасов УВ в нефтематеринских породах. Комплексная интерпретация сейсмических данных и бурения позволяет изучать характер распространения нефтеперспективных доманиковых отложений толщиной более 10 м (согласно требований «Временных методических рекомендаций...»), картировать структурный план и разломную тектонику, выделять зоны разуплотнений, трещиноватости и деструкции, в пределах которых могут аккумулироваться скопления УВ.

Отметим, что большую эффективность при решении этих задач показал атрибутивный сейсмический анализ.

Перечислим следующие позитивные моменты, определяющие необходимость проведения работ по освоению доманиковой толщи:

1. Огромные геологические ресурсы нефти.
2. Приуроченность к освоенным районам нефтедобычи.
3. Объект вскрыт большим количеством скважин, часть из которых в бездействии.
4. Для вскрытия объекта на некоторых лицензионных участках требуется лишь небольшое углубление имеющихся скважин.
5. В случае получения положительного результата испытания скважин возможен быстрый ввод в разработку доманиковых залежей с минимальными затратами.
6. Возможность разработки и применения современных инновационных технологий:
 - в области ГРП – методов целевой интерпретации полевой геофизики для прогноза развития нефтеперспективных доманиковых отложений и высокопродуктивных зон;
 - методов отбора и исследования керна, интерпретации ГИС и определения петрофизических зависимостей;
 - методов подсчета запасов и ресурсов УВ;
 - методов воздействия на пласт с целью получения промышленных притоков нефти.

Для оптимального освоения ресурсной базы доманиковой толщи предлагаем выполнение с применением современных программных комплексов работ по переобработке и комплексной переинтерпретации сейсмических и геологических материалов работ прошлых лет, с учетом геологической информации по прилегающим к району работ территориям. На этой основе будет:

- изучено локальное распространение повышенных толщин (более 10 м) и геологическое строение доманиковой толщи пород;
- выполнен подсчет запасов известных залежей согласно «Временных методических рекомендаций по подсчету запасов...»;
- выделены потенциально высокопродуктивные зоны, выполнена вероятностная оценка ресурсов нефти, проведено их ранжирование по степени перспективности и объему ресурсов нефти;
- обоснованы рекомендации по лицензированию (для территорий нераспределенного фонда недр);
- оценены геологические риски и обоснована программа ГРП;
- выполнена разработка оценок оптимального освоения выявленных залежей.



2. ЦЕЛИ РАБОТ

Основные цели работ и методы их достижения:

1. Поиск потенциально высокопродуктивных зон:
 - целевая переобработка и переинтерпретация площадной и объемной сейсморазведки;
 - применение результатов других полевых геофизических методов поиска (гравика, СЛБО и др.) (при наличии).
2. Обоснование подсчетных параметров и подсчет запасов известных скоплений УВ согласно действующим методическим рекомендациям:
 - интерпретация материалов ГИС;
 - анализ результатов отбора и исследования керна;
 - создание петрофизических моделей;
 - анализ геохимических показателей.
3. Выбор участков для проведения пробной эксплуатации имеющихся скважин (испытание доманиковых отложений, забурка боковых стволов, испытание различных методов воздействия на пласт).
4. Выбор пилотных участков бурения и проведения пробной эксплуатации новых скважин (стволов), бурение скважин различной конструкции, апробация методик МУН.

3. ОБЪЁМ РАБОТ

Работы предполагается проводить в два этапа.

Этап 1. Проводится сбор и анализ фондовых научно-исследовательских и тематических работ, данных Государственного баланса запасов и ресурсов полезных ископаемых РФ, на основании которых составляются таблицы, характеризующие изученность отчетного полигона и сопредельных территорий, структуру ресурсной базы углеводородного сырья, схемы распределения выявленных залежей и перспективных объектов по площади и разрезу. Далее формируются актуальные схемы и таблицы геолого-геофизической изученности сейсморазведкой и глубоким бурением.

Для реализации поставленных геологических задач формируется каркас сейсмических профилей МОГТ, состоящий из сети региональных профилей, площадной съемки 2D/3D. Формируется база данных, включающая:

- Раздел «Сейсморазведочные работы», содержащий географические координаты выполненных съемок, отчеты сейсмических партий, суммарные временные разрезы в формате sgu, навигацию к разрезам, данные сейсмокаротажа и ВСП.
- Раздел «Скважинные данные» формируется в виде таблиц:
 - координаты скважин, инклинометрия, альтитуды, геолого-техническая информация;
 - данные ГИС – Las файлы;
 - интервалы отбора керна, его описание и результаты лабораторных исследований, в том числе седиментологических, стратиграфических, геохимических



(по скважинам отчетного полигона и выборочным скважинам сопредельных территорий, при их наличии);

- интервалы перфорации, акты опробования и испытания скважин;
- результаты лабораторных исследований пластовых флюидов - данные по композиционному и фазовому составу УВ, плотности, газовому фактору, коэффициенту усадки нефти, нефтенасыщенности и т. д.

Далее работы проводятся в следующей последовательности:

- Стратификация и корреляция разрезов скважин, вскрывших верхнеюрские отложения;
- Увязка скважинных данных с результатами геофизических исследований. Построение структурной основы изучаемой территории по основным отражающим горизонтам.
- Анализ перспектив нефтегазоносности региона и обоснование выделения перспективных горизонтов и зон в доманиковых отложениях осадочного чехла;
- Прогноз распространения высокоперспективных на нефть участков в пределах изучаемой территории;
- Построение прогнозных схем распространения и толщин коллекторов для каждой перспективной зоны;
- Описание истории геологического развития региона, в том числе изучаемого участка;

Алгоритм создания структурно-геологической модели, предполагает стандартную последовательность процедур:

- создание структурной модели - увязка данных бурения и сейсморазведки, определение скоростной модели среды, трассирование стратиграфических границ, выявление и трассирование разломов, построение структурных карт;
- создание литофациальной модели доманиковой толщи - построение палеосейсмических разрезов, расчленение целевых горизонтов на литофации по данным бурения с учетом особенностей рисунка сейсмической записи, палеорельефа, картирование литофаций, зон выклинивания коллекторов;
- комплексирование структурной и литофациальной модели с целью картирования наиболее перспективных зон локализации скоплений углеводородного сырья с учетом особенностей нефтегазовых генерационно-аккумуляционных систем.

Работа выполняется на основе исходных сейсмических данных, представленных суммарными временными разрезами, полученными разными организациями по неидентичным графам обработки с применением различающихся подходов к учету длиннопериодной составляющей влияния ВЧР. Приоритетной задачей исполнителя является приведение всей совокупности данных к увязанной по частотным, динамическим и кинематическим параметрам сейсмической модели. На начальном этапе реализуется увязка сейсмических профилей в объеме сформированного каркаса для приведения их к единому стандарту – амплитудная нормировка, единый шаг между трассами, выравнивание амплитудно-частотных характеристик. С целью подготовки надежной основы для сейсмогеологического моделирования проводится детальная лито- и хроностратиграфическая корреляция разрезов скважин, стратификация отражающих



сейсмических горизонтов, сопоставление индексации одновозрастных отложений. Уточняются пространственные границы и положение в разрезе свит, проницаемых пластов и глинистых пачек, осуществляется их идентификация в объеме генерационно-аккумуляционных нефтегазовых систем. Далее, по каротажным и керновым данным определяются фациальные обстановки осадконакопления по каждому из целевых горизонтов.

Данные работы учитывают результаты интерпретации данных ГИС, опробования, испытания, термометрии параметрических, поисково-оценочных и разведочных скважин, определения возраста пород, материалы лабораторных исследований керна (петрофизических, литологических и геохимических) и пластовых флюидов. В результате формируется следующий комплект материалов:

- схемы корреляции, литолого-стратиграфические профили, характеризующие основные тектонические элементы полигона исследований;
- каталоги стратиграфических разбивок скважин;
- результаты литофациального анализа каротажного и кернового материала;
- описание элементов нефтегазовых систем (материнских пород, резервуаров, покрышек), включая их геохронологические, геофизические, геохимические, фильтрационно-ёмкостные характеристики.

При необходимости проводится обработка и интерпретация каротажных кривых по выборочным скважинам, корректировка материалов ГИС и синтез недостающих кривых для выполнения процедуры сейсмостратиграфической привязки, которая реализуется в модуле SynPAK интерпретационного пакета Kingdom. По увязанному каркасу сейсмических профилей выполняется корреляция опорных и целевых отражающих горизонтов. Выявление дизъюнктивных нарушений, их трассирование по площади осуществляется путем визуального анализа временных разрезов. Критерием наличия разлома является резкая, локальная динамическая и кинематическая неоднородность ОБ по вертикали с характерными признаками: изменение характера волновой картины (ослабление или усиление амплитуды ряда отражающих горизонтов, резкое изменение формы записи); наличие зон с ослабленной амплитудой (динамический критерий); смещение осей синфазности (кинематический критерий); смена рисунка записи в районе предполагаемого разлома; наличие флексурного перегиба. Картопостроение, в том числе и построение карт изохрон, осуществляется с использованием геологической информационной системы Isoline (8.0), корреляция отраженных волн – в интерпретационном программном комплексе IHS™Kingdom®(2015).

На основе выполненной сейсмостратиграфической привязки, значений t_0 , снятых с окончательных временных разрезов, исправленных за влияние ВЧР, строятся обобщенные карты изохрон опорных и целевых отражающих горизонтов, временных толщин сейсмостратиграфических комплексов, формируется глубинно-скоростная модель разреза изучаемой территории. Результаты построения скоростной модели представляются в виде зависимостей средней скорости от глубины и/или времени t_0 , в виде карт средних скоростей до границ, карт пластовых (интервальных) скоростей между границами, а также в виде одно-, двух и трехмерных скоростных моделей изучаемой среды.

Комплексная интерпретация сейсмических, промыслово-геофизических и керновых данных, сопоставление априорной скважинной информации с образцами и динамическими



характеристиками волнового поля позволяют решить задачи прогноза структурных, литолого-петрофизических, генетических и иных характеристик геологического строения разреза. В рамках этапа реализуется следующий комплекс исследований:

- палеотектонические реконструкции на основе анализа карт толщин, палеосейсмических разрезов (разрезов выравнивания) с целью определения локальных условий осадконакопления, источников сноса осадочного материала и площадного распределения объемов его аккумуляции;
- сейсмофациальный анализ по целевым продуктивным и перспективным пластам, региональным глинистым толщам;
- прогноз площадного распространения и толщин коллекторов и покрышек, нефтематеринских толщ;
- картирование границ элементов генерационно-аккумуляционных нефтегазовых систем – материнских толщ, вероятных каналов миграции, наиболее перспективных зон нефтенакопления.

Полученные данные закладываются в основу моделирования возможных объемов и механизмов генерации, эмиграции, миграции углеводородных флюидов, которые впоследствии сопоставляются с объемом ловушек зоны аккумуляции.

Этап 2. Оценка ресурсного потенциала района работ и разработка предложений по лицензированию и проведению ГРП. Предусматривает проведение следующих работ:

- обоснование выделения перспективных на нефть зон в доманиковых отложениях;
- детерминистическая и вероятностная оценка ресурсного потенциала по выявленным перспективным объектам;
- оценка геологических рисков и неопределенностей для перспективных объектов;
- обоснование выбора первоочередных объектов для дальнейшего геологического изучения полевыми геофизическими методами;
- разработка предложений по проведению ГРП;
- расчет прогнозных показателей эффективности ГРП.

На основе полученных результатов будет выполнена оценка перспективных ресурсов в пределах нефтегазоперспективных зон, ранжирование выявленных крупных объектов с учетом геологических рисков: вероятности существования залежи, наличия и выдержанности коллектора, влияния разломной тектоники и т.д. Также по каждому объекту будет приведено обоснование наиболее вероятной оценки перспективных ресурсов.

Результаты ранжирования будут заложены в основу общей стратегии лицензирования и последующих геологоразведочных работ, предложений по изучению приоритетных поисковых зон и крупных объектов, постановке площадных сейморазведочных работ, разработке оценок оптимального освоения выявленных месторождений.



4. РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА

Актуальность работы обусловлена высокими перспективами нефтегазоносности доманиковых отложений, возможностью открытия новых месторождений в районах с активно развивающейся производственной и транспортной инфраструктурой.

Методика решения поставленной задачи предусматривает совместную обработку и комплексную интерпретацию материалов объемных и площадных сейсморазведочных работ, увязку разнородных сейсмических материалов 2D и 3D, с минимизацией расхождения амплитудных, фазовых и частотных характеристик сейсмической записи, обусловленных использованием различной регистрирующей аппаратуры и источников возбуждения сейсмических волн, параметров регистрации и схемы наблюдений, предоставление единого решения статических поправок, поля скоростей и амплитудно-фазовой коррекции.

Корректный учет имеющихся на площади статических аномалий, связанных с особенностями строения ВЧР; интерпретацию данных ГИС по параметрическим, поисково-оценочным, разведочным скважинам; прогноз наиболее перспективных высокопродуктивных зон в доманиковой толще пород, локализация поисковых объектов, оценка перспективных и прогнозных ресурсов УВ сырья.

Результат работ - геологическая модель доманиковой толщи в пределах Территории работ, обоснование подсчетных параметров, подсчет запасов нефти известных залежей, вероятностная оценка локализованных ресурсов нефти, паспорта перспективных объектов, оценка геологических рисков, предложения по геологическому изучению и лицензированию нераспределенного фонда недр. Предложения по рациональному освоению новых залежей нефти.