

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Поступила в редакцию 22.05.2024 г.

Принята к публикации 17.09.2024 г.

EDN: PNULMZ

УДК 550.83:553.98(571.511)

Иванова С.Р.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»); Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ им. М.В. Ломоносова), Москва, Россия, s.ivanova@vnigni.ru

Корнеев А.А., Лошакова И.Ф., Каламкарров С.Л., Обухов А.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»), Москва, Россия, korneev@vnigni.ru

АКТУАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ И АЭРОГРАВИМАГНИТНЫХ РАБОТ В АСПЕКТЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКТониКИ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ РАССОХИНСКОГО МЕГАВАЛА

В течение последних лет на территории Енисей-Хатангской нефтегазоносной области проведены региональные сейсморазведочные и аэрогравимагнитные работы, пробурена параметрическая скважина Новоякимовская-1. По результатам комплексной интерпретации данных построены актуализированные структурные карты по основным отражающим горизонтам, а также уточнена зона развития Рассохинского мегавала. По анализу потенциальных полей мегавал приурочен к аномальной зоне по оси Енисей-Хатангского регионального прогиба, соответствующей рифтовой тектонической модели региона. В центральной осевой зоне Рассохинского мегавала выявлены обширные интрузивные тела, связанные с заполнением магматическим расплавом зоны рифтового растяжения (разрыва). По бортам Рассохинского мегавала по новой структурной карте по подошве юрских отложений выделена система валов спутников, а также структуры более мелкого порядка, в том числе и в прилегающих с севера Агапском и с юга Дудыптинском мегапрогибах. Проведенные новые сейсморазведочные и аэрогравимагнитные геологоразведочные работы позволили уточнить перспективы нефтегазоносности Рассохинского нефтегазоносного района.

Ключевые слова: сейсморазведочные и аэрогравимагнитные геологоразведочные работы, потенциальные поля, Рассохинский мегавал, Енисей-Хатангский региональный прогиб.

Для цитирования: Иванова С.Р., Корнеев А.А., Лошакова И.Ф., Каламкарров С.Л., Обухов А.Н. Актуальные результаты комплексных сейсморазведочных и аэрогравимагнитных работ в аспекте изучения тектоники и нефтегазоносности Рассохинского мегавала // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2024. - Т.19. - №3. - https://www.ngtp.ru/rub/2024/27_2024.html EDN: PNULMZ

Введение

За период с 2014 по 2023 гг. проведены новые геофизические работы в Енисей-Хатангском региональном прогибе (ЕХРП). Объекты государственного изучения последних лет, а именно работы по Тарейской, Северо-, Восточно- и Центрально-Таймырским, Северо-Авамской, Новокубалахской и Анабаро-Хатангской площадям полностью закрыли

равномерной сетью всю восточную зону сочленения Рассохинского и Балахнинского мегавалов (рис. 1). В 2020 г. здесь проведена аэрогравимагнитная съемка масштаба 1:50 000, а в 2020-2021 гг. выполнена комплексная геолого-геофизическая съемка на Анабаро-Хатангской площади. Общий объем этих важных работ составил более 15,5 тыс. пог. км. Интерес к центральной зоне ЕХРП сохраняется и сейчас [Мунасыпов, Балдин, 2023].

История буровой изученности региона исследования началась в 1960-е гг. с бурения параметрических скважин Тундровая-1 и Рассохинская-1, и поисковых Джангодские. В 1980-е гг. пробурены скважины на Новой и Волочанской площадях. Вместе с тем история бурового освоения периферии мегавала в целом успешная: на Озерной площади пробурено 10 глубоких скважин - открыто Озерное газовое месторождение; на Пайяхском участке в результате бурения восьми скважин, открыто уникальное Пайяхское нефтяное месторождение; некоме на территории Байкаловского лицензионного участка 2 поисковые скважины и 3 разведочные вскрыли нефтяные и газовые залежи. Пробурены две поисковые скважины Средне-Пясинская-1 и 2, вскрывшие на забое отложения яновстанской свиты, при испытании получен приток воды с водорастворенным газом, а в поисковой скв. Верхнекубинская-2, вскрывшей отложения вымской свиты средней юры, отмечен слабый приток газа.

Открытие в 2021 г. месторождения им. Е. Зиничева (по результатам бурения скв. Верхнекубинская-1), приуроченное к западному окончанию Рассохинского вала позволяет снова вернуться к вопросу его нефтегазоносности. В настоящий момент возросла актуальность поиска схожих структурных ловушек на примере этого крупного газоконденсатного месторождения.

Для изучения глубоких частей Агапского прогиба пробурена параметрическая скв. Новоякимовская-1 (забой - 5025 м, средняя юра) для получения комплекса геолого-геофизических параметров юрско-меловых отложений западной части ЕХРП, а также выявление коллекторов. По результатам исследований подтверждено, что при продвижении с запада (с Пайяхского месторождения) на восток к скв. Новоякимовская-1 строение мелового комплекса не изменяется. Соответственно, сохраняется возможность открытия месторождений в нижнехетской свите.

Комплексный анализ геолого-геофизических материалов

Методология проведенных исследований предусматривает комплексный анализ геолого-геофизических материалов: сейсмостратиграфический анализ, палеотектонические построения, результаты параметрического бурения и анализ гравимагнитных данных высокоточной аэрогеофизической съемки совместно с региональными сейсмическими данными федеральных съемок 2014-2023 гг.

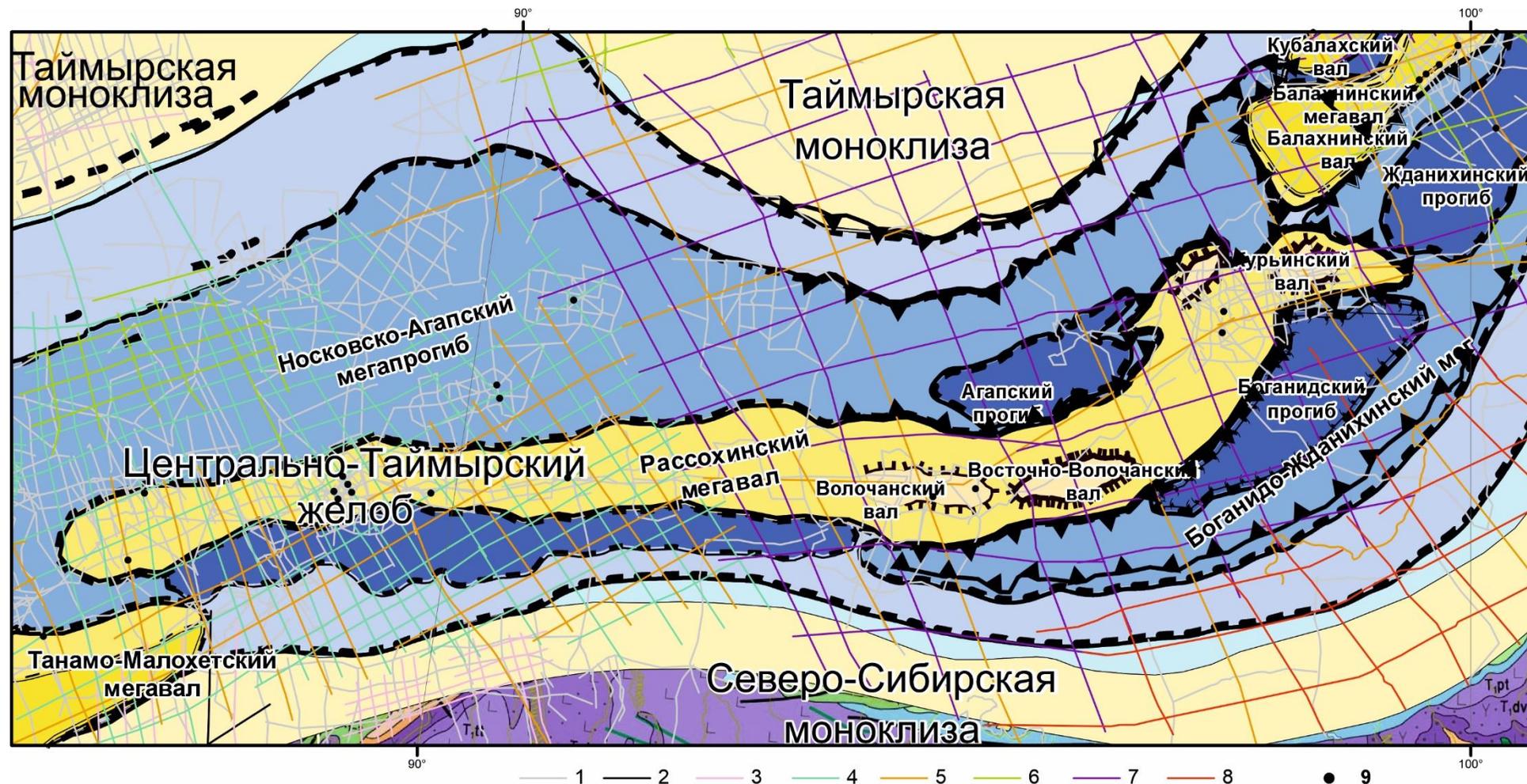


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема с сейсмической и буровой изученностью региона исследования

1 - сейсмическая изученность до 2000 г.; 2 - сейсмическая изученность 2000-2004 гг.; 3 - сейсмическая изученность 2005-2009 гг.; 4 - сейсмическая изученность 2010-2014 гг.; 5 - сейсмическая изученность 2015-2016 гг.; 6 - сейсмическая изученность 2017-2018 гг.; 7 - сейсмическая изученность 2019-2020 гг.; 8 - сейсмическая изученность 2021-2022 гг.; 9 - изученность глубоким бурением.

Зона сочленения Рассохинского и Балахнинского мегавалов особенно интересна для комплексирования с проведенными аэрогравимагнитными работами (ФГБУ «ВНИГНИ» и ГНПП «Аэрогеофизика», 2020-2022 гг.). Основой являлись сейсмические съемки, которые использовались при интерпретации материалов высокоточных аэрогравимагнитных исследований, что позволило создать толстослоистую модель для прогноза структур и их нефтегазоносности.

Результатами работ стало выделение зон локализации нефтегазоперспективных ловушек. Первая область приурочена к Агапскому мегапрогибу, где возможны литологические и структурные объекты; вторая - к периферии Рассохинского мегавала, где следует ожидать структурно-литологические ловушки.

Анализ сейсмических данных

На исследуемой территории выделено и прослежено 9 отражающих горизонтов (ОГ): Ф, VII, А, Ia, T4, T1, Б, М, Г (рис. 2).

В основном, ОГ приурочены к стратиграфическим границам, на которых происходила смена литологического состава пород с перепадами интервальных скоростей:

ОГ Ф (F) – кровля фундамента;

ОГ VII – кровля карбонатных палеозойских отложений (D-C1);

ОГ А – подошва разновозрастных пермо-триасовых вулканогенно-осадочных отложений;

ОГ Ia – подошва юрских отложений; кровля разновозрастных доюрских отложений;

ОГ T4 – кровля китербютской свиты нижней юры (J1kt);

ОГ T1 – кровля малышевской свиты средней юры (J2ml);

ОГ Б (B) – кровля «баженовской пачки» (в кровле юрских отложений);

ОГ М – нейтинская пачка (кошайские глины);

ОГ Г (G) – кровля сеноманских отложений (K1-2dl).

Скоростная характеристика разреза изучена по результатам вертикального сейсмического профилирования (ВСП) и акустического каротажа (АК) скважин на территории исследования. Проведен анализ средних и интервальных скоростей в скважинах с наличием данных по ВСП и АК (рис. 3).

При анализе скважин учитывалась их приуроченность к структурам нескольких типов: валы, поднятия, склоны поднятий и прогибы. В скважинах с наличием данных рассматривались также литология, диаметр скважины, показатели гамма-каротажа и АК в логарифмическом масштабе, отдельно приводились графики средних и интервальных скоростей по АК, ВСП и зависимости Н/Т.

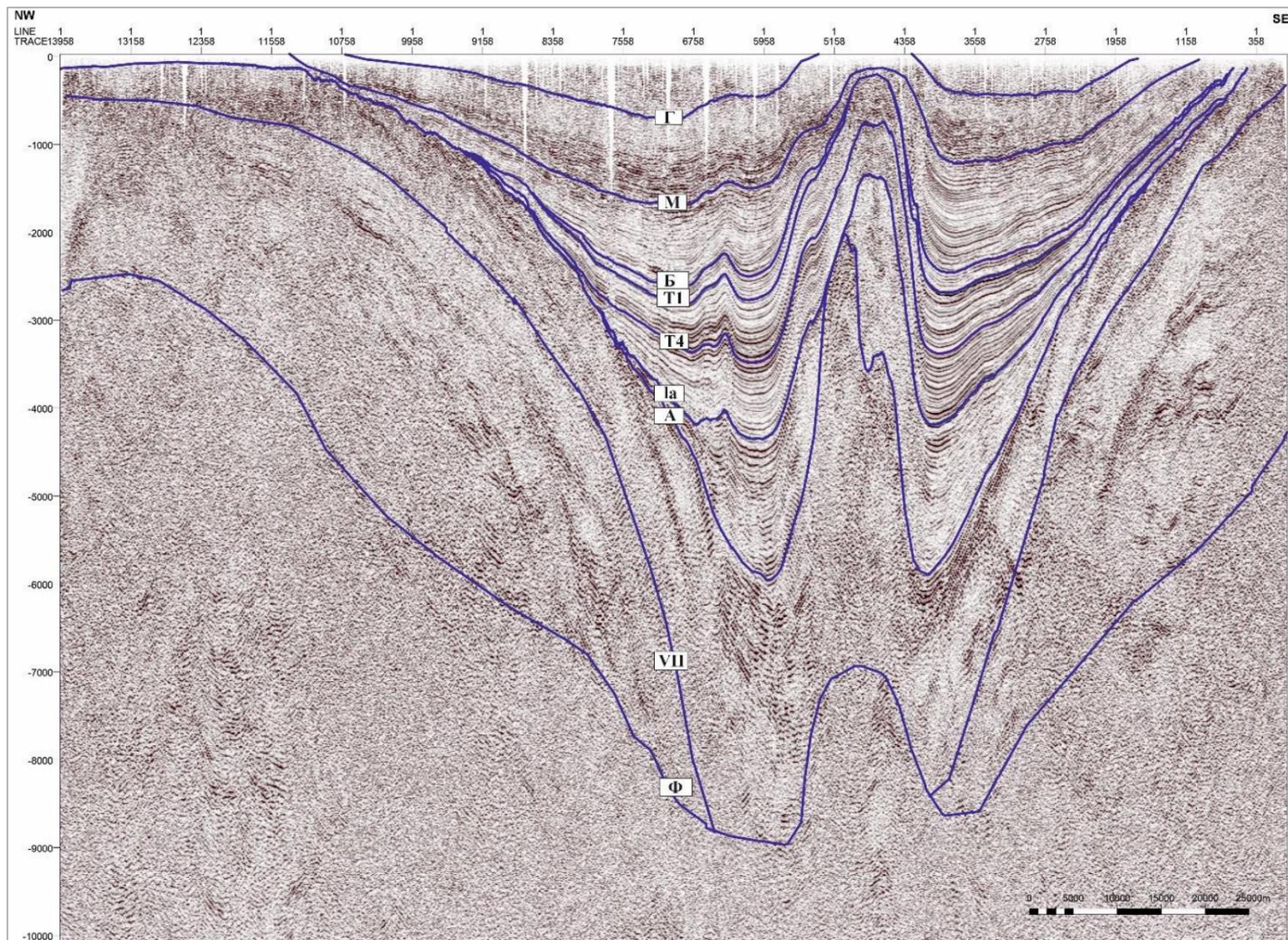


Рис. 2. Временной мигрированный сейсмический разрез по профилю 623 с выделенными отражающими горизонтами
 Сейсмические отражающие горизонты: Г - кровля сеноманских отложений; М - нейтинская пачка (кошайские глины) диахронная граница; Б - «базеновская пачка» (верхняя часть юрских отложений) диахронная граница; Т1 - кровля мальшевского горизонта средней юры; Т4 - кровля китербютского горизонта нижней юры (тогурская пачка); Ia - подошва юрских отложений; А - подошва разновозрастных пермь-триасовых вулканогенно-осадочных отложений (условно-кровля палеозойских отложений); VII - кровля карбонатных палеозойских отложений; Ф - кровля фундамента.

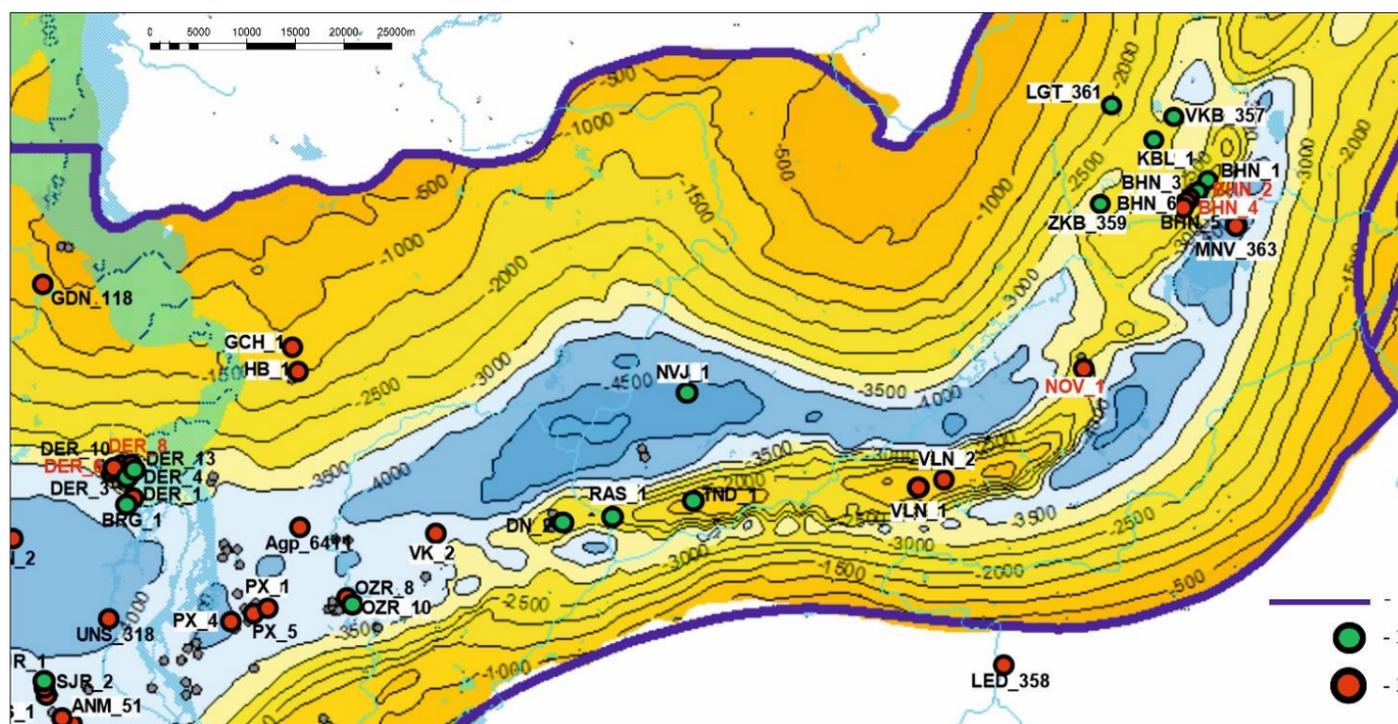


Рис. 3. Схема расположения скважин с наличием акустического каротажа и вертикального сейсмического профилирования (на карте изохрон Ia)
 1 - контуры НГО; 2 - скважины с данными по ВСП; 3 - скважины с данными по АК.

Отличительной характеристикой средних скоростей в рассматриваемых скважинах является наличие в верхней части интервала повышенных скоростей, соответствующего толще многолетнемерзлых пород. Под ним часто имеется слой пониженных скоростей, а далее с увеличением глубины скорость возрастает и местами, уже на глубине 1-1,5 км превышает скорость в многолетнемерзлых породах.

По скоростным характеристикам условно можно выделить 2 основных комплекса: верхний мезозойский и нижний палеозойский. Верхний комплекс представлен 6 горизонтами, интервальная скорость между которыми характеризуется относительно пониженными значениями скоростей. Они изменяются в диапазоне 2500 м/с (для верхних горизонтов) – 4500 м/с (для более глубоких), что соответствует преимущественно терригенным отложениям. В этом интервале разреза выделяется важная реперная зона понижения интервальных скоростей, расположенная ниже подошвы неокомского клиноформенного комплекса (горизонт Б) [Каламкаров и др., 2024].

Палеозойская часть представлена тремя горизонтами, их интервальные скорости характеризуются значениями от 4500 до 5500 м/с. Скоростные характеристики горизонтов анализировались по результатам интерпретации данных сейсморазведки МОГТ 2D во временной области, с учетом скважинной информации и абсолютных отметок глубин стратиграфических границ.

В ходе работ построены структурные карты по всем 9-ти выделенным ОГ. В рамках данного исследования наиболее информативными горизонтами для рассмотрения авторы выбрали Б [Каламкаров и др., 2024] и Ia (рис. 4).

Район работ характеризуется сложным строением и резкой изменчивостью толщин внутри комплексов с большими перепадами Т0. В то же время наблюдаются хорошие коэффициенты корреляции прямой зависимости глубины от времени. Этот фактор позволил получить структурную карту по ОГ Г. Остальные структурные карты рассчитаны с помощью карт интервальных скоростей и временных мощностей (ΔT) (А.Н. Обухов и др., ФГБУ «ВНИГНИ», 2022 г.) [Каламкаров и др., 2024].

Для карт интервальных скоростей в каждой точке скважины, имеющей АК или данные по ВСП, рассчитаны скорости $V_{int} = \Delta H / \Delta T$, которые затем проинтерполированы на весь участок работ с трендом карты временной мощности (ΔT) ОГ.

С помощью произведения $\Delta H = V_{int} * \Delta T$ получены карты мощности [Каламкаров и др., 2024], которые суммировались с картой вышележащего горизонта.

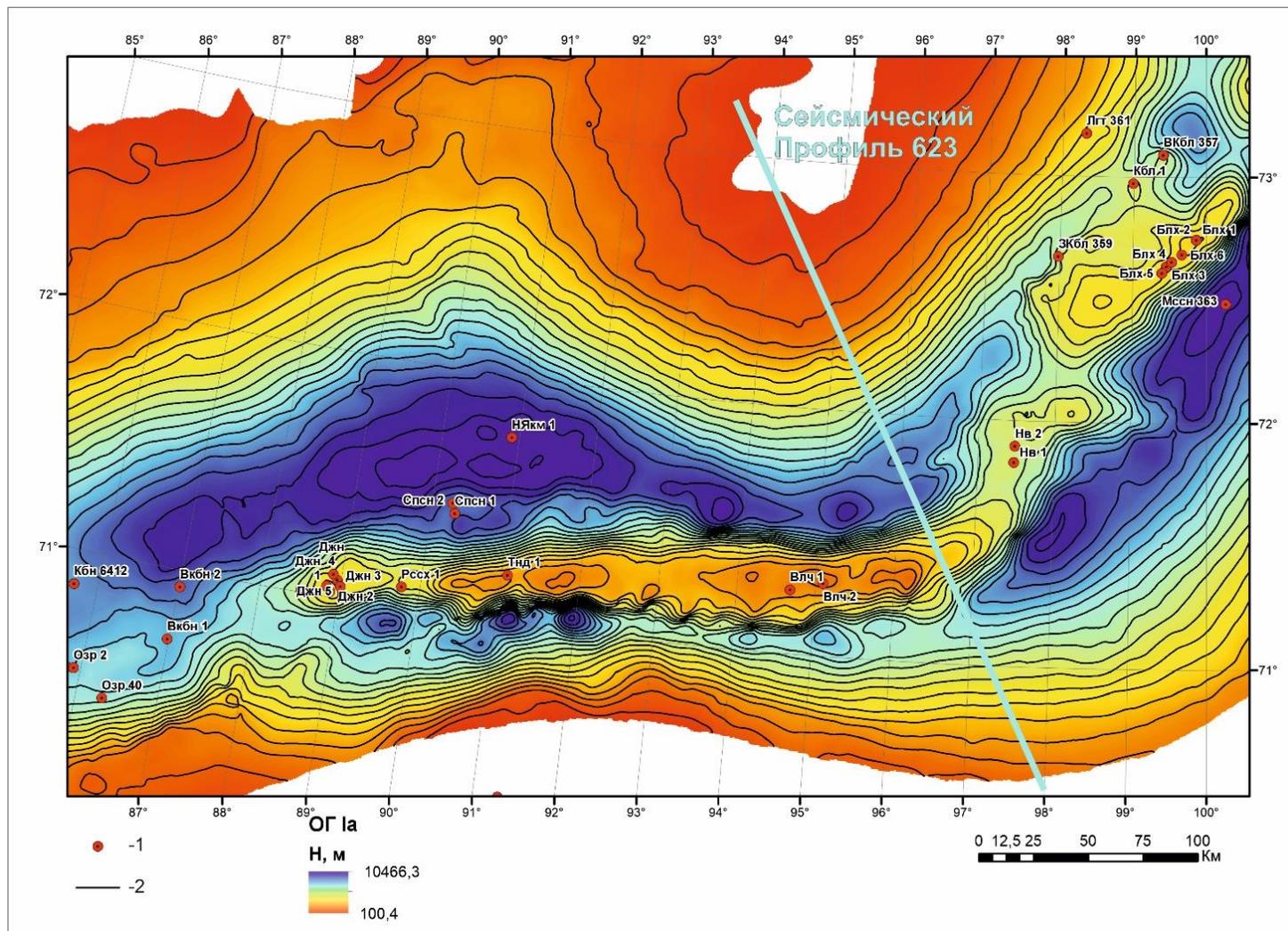


Рис. 4. Структурная карта по отражающему горизонту Ia

1 - скважины; 2 - сечение изолиний 500 м.

Комплексирование с данными аэрогравимагнитных исследований

В ходе моделирования источников гравитационного поля рассчитаны остаточные аномалии поля силы тяжести, полученные в результате редукции гравитационных влияний поверхности Мохоровичича и известных структур осадочного чехла. Структуру остаточного поля силы тяжести, согласно принятой последовательности редуцирования, в явном виде определяют объекты, отражающие плотностную неоднородность фундамента. Важно, что Рассохинский, Балахнинский и другие валы, фиксирующиеся четкими локальными линейными аномалиями поля силы тяжести в редукции Буге, в остаточных аномалиях не проявлены. То есть, они не являются унаследованными структурами фундамента, а обусловлены плотностными неоднородностями осадочного чехла [Афанасенков и др., 2017].

Трехмерное моделирование магнитных источников с опорой на результаты сейсморазведки и полученную объемную плотностную модель позволило классифицировать источники магнитного поля по трем уровням [Афанасенков и др., 2017]:

1. магнитоактивные блоки фундамента;
2. интрузивные и эффузивные объекты в толще доюрского осадочного чехла;
3. приповерхностные источники.

В ранее разработанной рифтовой модели наиболее интенсивные источники магнитного поля расположены в нижнем фундаментном слое [Афанасенков и др., 2017].

В ходе выполнения работ 2022 г. компанией АО «ГНПП «Аэрогеофизика» для построения карты вещественного состава фундамента на территорию исследования применена технология двумерной интерактивной классификации пространственно распределенных данных CLASS2 (СИГМА-3D) по моделям эффективного распределения плотности и намагниченности (А.Н. Обухов и др., ФГБУ «ВНИГНИ», 2022 г.). Впоследствии границы комплексов скорректированы с учетом положения градиентных зон моделей эффективных параметров, потенциальных полей и их трансформант, а также существующих геологических представлений о взаимоотношениях вещественно-петрофизических комплексов.

В результате проведенного анализа выделенные петрофизические классы приведены в соответствие геологическим образованиям с близкими петрофизическими параметрами и объединены в 6 вещественно-петрофизических комплексов:

- комплекс 1, представленный породами с повышенными значениями намагниченности и плотности, интерпретируется как амфиболитизированные габброиды, амфиболиты;
- комплекс 2, характеризующийся высокими значениями намагниченности и плотности, образующих его пород, по мнению авторов, может быть представлен интрузивными породами основного состава (эффузивы основного состава, базальтоиды);

- комплекс 3, характеризующийся повышенными значениями намагничения, низкой плотности, интерпретируется как кислые интрузии.
- комплекс 4, характеризующийся средними значениями намагниченности и плотности, представлен гранито-гнейсами, гнейсами, кристаллическими сланцами;
- комплекс 5, образованный породами с повышенными-средними значениями плотности и намагниченности, представлен базальтоидами;
- комплекс 6, образованный породами высокой плотности, с аномальными значениями намагничения, интерпретируемый как базифицированные породы.

В рамках настоящего исследования использованы аэрогравимагнитные данные 2022 г., которые сопоставлялись с предыдущими региональными построениями рифтовой модели и распределением вероятных интрузий основного состава. Локальная схема, полученная в результате работ 2022 г., «распространена» на территорию всей Енисей-Хатангской НГО с помощью классификации магнитного и гравитационного полей и их трансформаций. По плотностным аномалиям выделены зоны вещественно-петрофизических комплексов, представленные центральной субширотной протяженной зоной гипербазитов, осложненной крупными вытянутыми вдоль зоны интрузиями габбро, габбро-долеритов и базальтов. Бортовые зоны представлены также вытянутыми телами гранито-гнейсового состава с изометричными штоками дунитов и вытянутыми диапирами габбро-долеритов (рис. 5).

В результате добавлен важный средний уровень - пермо-триасовый терригенно-вулканогенный комплекс (туфо-лавовая толща).

Рассохинский вал выделяется гравитационным максимумом, который, вероятно, связан с процессами инверсионного подъема пород пермо-триасовой туфо-лавовой толщи и пород мезозойского комплекса. Также увеличение гравитационного поля в осевой части может быть результатом внедрения в земную кору тяжелых мантийных магматических пород. В этой центральной зоне в результате внутриконтинентального рифтогенеза в позднепермское-раннетриасовое время произошло дробление коры с внедрением большого количества даек и интрузий. Причем объем интрузивного материала настолько значителен, что он сам по себе обеспечивает разрыв допермской осадочной толщи.

Магнитные объекты, которые находятся наиболее близко к дневной поверхности в бортовых частях ЕХРП и круто падают к осевой части, связываются с внедрением интрузий, а также с траптовой нижнетриасовой толщей.

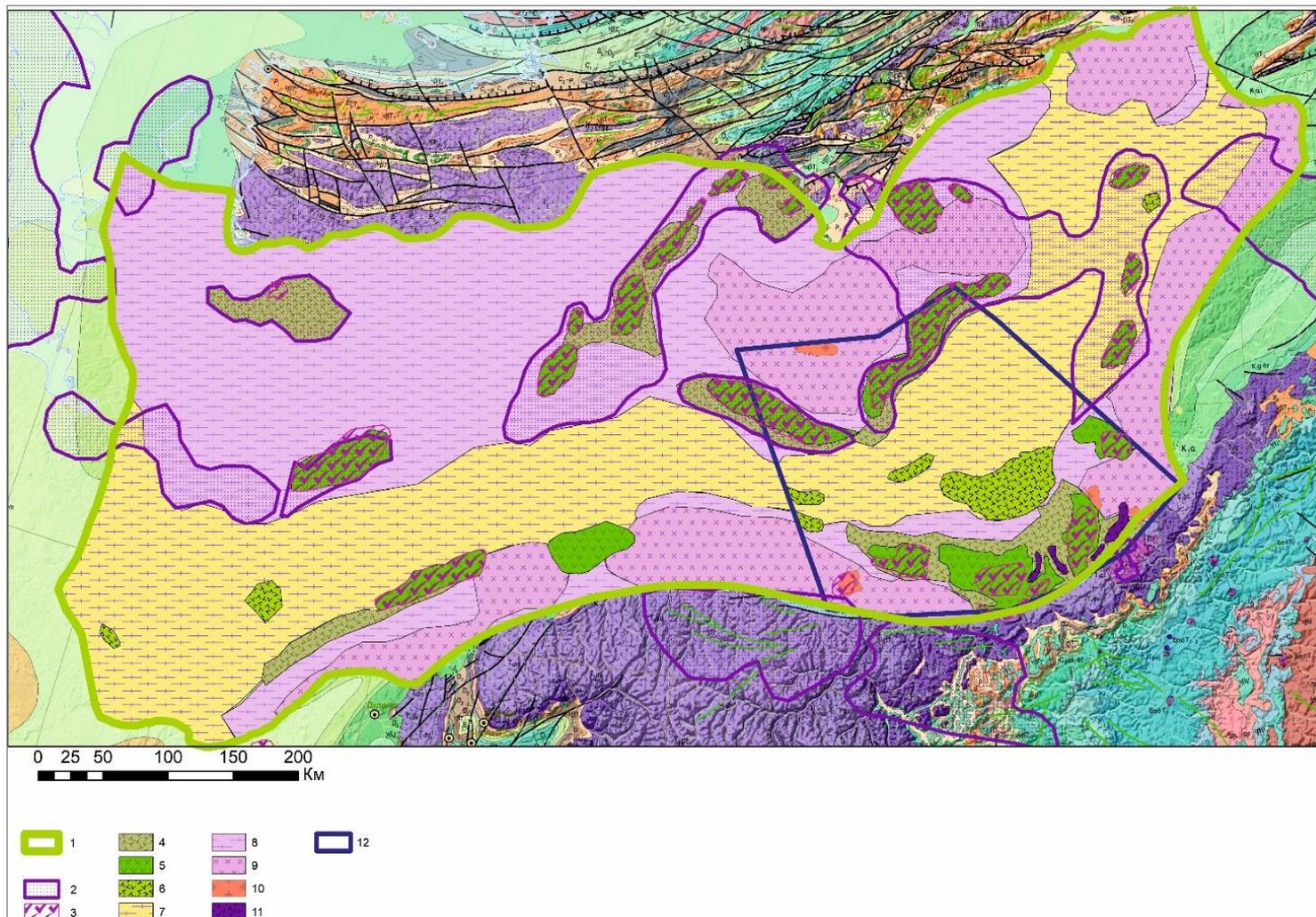


Рис. 5. Схема вещественно-петрофизических комплексов фундамента Енисей-Хатангского регионального прогиба [Иванова и др., 2024]
 Граница области исследования: 1 - Енисей-Хатангская НГО; области максимумов потенциальных полей: 2 - магматические комплексы, проявленные максимумами магнитного поля; 3 - интрузии основного состава; вещественно-петрофизические комплексы: 4 - базальты; 5 - габбро; 6 - габбро-долериты; 7 - гипербазиты; 8 - гнейсы; 9 - гранито-гнейсы; 10 - граниты; 11 - дуниты; 12 - контур аэрогравимагнитных работ 2022 г. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика»).

Наиболее выразительными объектами чехла являются тела, обладающие высокой намагниченностью, отражающиеся в остаточном магнитном поле яркими высокоамплитудными аномалиями. Данные тела соответствуют бортовым интрузиям основного состава, верхние кромки которых располагаются на глубинах от 800 до 8000 м (А.Н. Обухов и др., ФГБУ «ВНИГНИ», 2022 г.).

Рассохинский мегавал, выраженный четкими локальными линейными аномалиями поля силы тяжести в редукции Буге, в остаточных аномалиях не проявлен, то есть, он не является унаследованной структурой фундамента. Аномалии мегавала образованы плотностными неоднородностями осадочного чехла.

Анализ потенциальных полей приводит к важным тектоническим выводам. Обоснование большого объема магматических масс ультраосновного и основного состава в осевой части ЕХРП в фундаменте и их пермо-триасовый возраст хорошо вписываются в рифтовый режим развития региона. Рифтовое растяжение территории ЕХРП как вдоль рифта, так и поперек (по трансформным разломам) создает крупные трещины - разрывы и глобальную сеть трещиноватости, по которым происходит внедрение глубинного магматического материала в виде интрузий и силлов. Таким образом, именно рифтовое растяжение ЕХРП и прилегающих бортовых зон создало геомеханические условия для внедрения магматического расплава.

Профильный анализ комплекса данных сейсморазведки и потенциальных полей над антиклинальными структурами

Открытие месторождения Зиничева на юго-западной окраине Рассохинского мегавала показало перспективность данной структуры (рис. 6). В рамках настоящего исследования найдены и комплексно изучены похожие антиклинальные объекты на территории мегавала и прилегающих структур, а также рассматривались и анализировались предложения по перспективным объектам, выявленным по результатам федеральных геологоразведочных съемок 2014-2022 гг. по Пясинской, Тарейской, Северо-, Восточно- и Центрально-Таймырским, Северо-Авамской, Новокубалахской и Анабаро-Хатангской площадям и опубликованным данным [Исаев, 2022; Балдин, Мунасыпов, 2022].

На первом этапе выделялись все антиклинальные структуры, явно выраженные на всех сейсмических профилях. Выяснилось, что окрестности Рассохинского вала имеют небольшое количество антиклинальных объектов в разных литолого-стратиграфических комплексах. На бортах интерес представляют терригенный верхнепалеозойский комплекс (С2-Р2). Юрский комплекс Агапского прогиба является самым мощным (более 4 км) в Западно-Сибирском осадочном бассейне. Он перекрывает триасовый терригенный комплекс (аналог Тампейской серии), которая показала перспективы газоносности в скв. Гыданская-130.

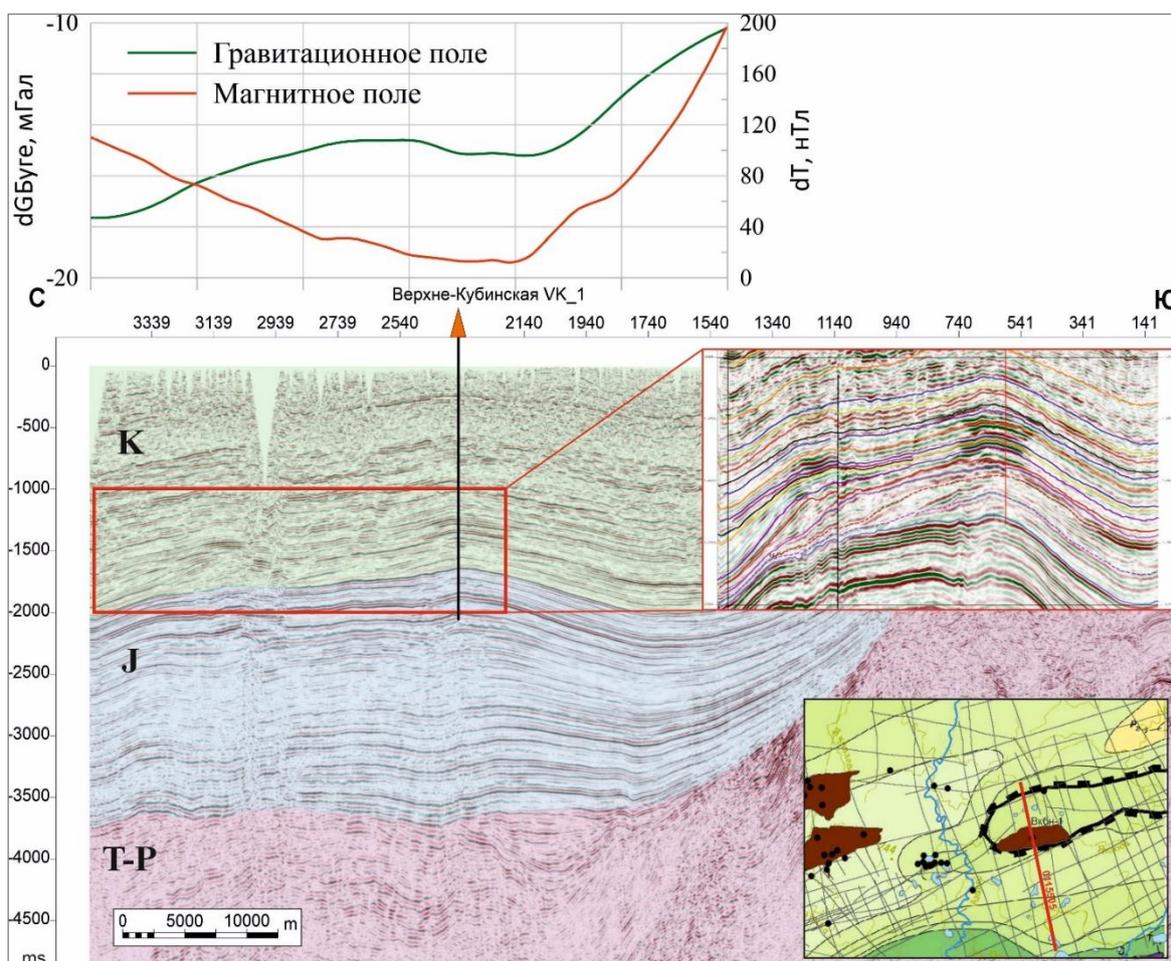


Рис. 6. Сейсмический профиль 0115505, проходящий через месторождение им. Е. Зиничева (с увеличенным фрагментом временного разреза в продуктивной зоне) и графики потенциальных полей над структурой

На втором этапе выделенные объекты рассматривались в комплексе с потенциальными полями. Так, месторождение им. Е. Зиничева имеет неокомский возраст формирования и характеризуется положительной аномалией гравитационного поля и отрицательной магнитной - такая ситуация в данном регионе в целом отвечает осевой зоне рифта, вдоль которой и расположен Рассохинский мегавал. Значительное отличие лишь в меньших амплитудах аномалий.

Первой выявленной структурой стал спутник Рассохинского вала, расположенный восточнее месторождения им. Е. Зиничева. В гравитационном и магнитном полях данная структура выделяется изометричными положительными аномалиями (рис. 7), которые указывают на эрозионные выходы долеритов туфо-лаваовой толщи (Т₁) под поверхностью Ia.

Данная структура имеет явно после-неокомский (скорее всего олигоценый) возраст формирования и характеризуется положительной аномалией как гравитационного, так и магнитного полей, что связано с выходом под подошву юрских отложений (в доюрском этапе) туфо-лаваовой толщи раннего триаса.

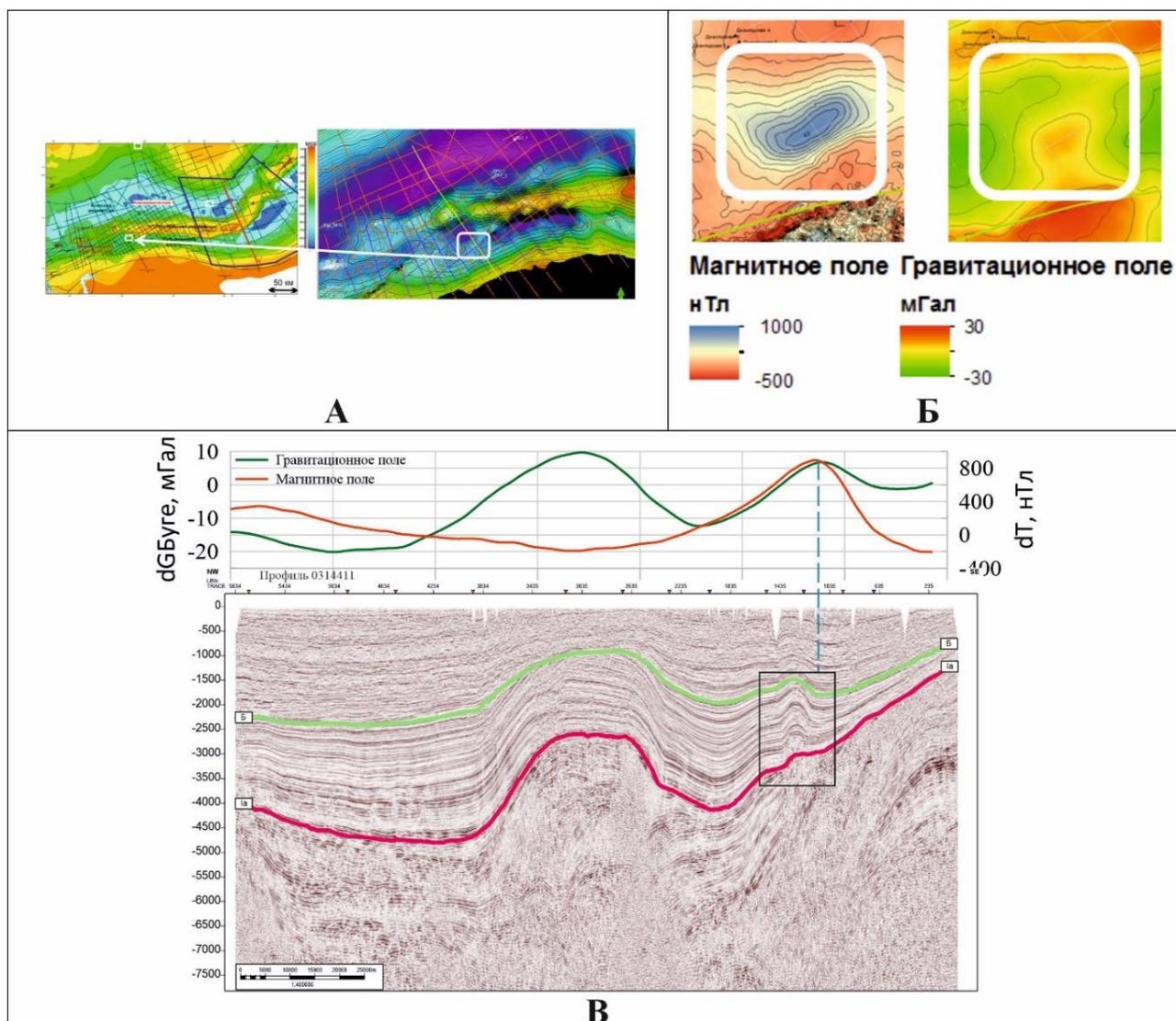


Рис. 7. «Спутник» Рассохинского мегавала

A - расположение на площади; Б - в потенциальных полях; В - сейсмический профиль с графиками потенциальных полей над структурой.

По совокупности факторов после анализа структуры в геофизических полях можно предположить, что генезис её образования интрузивный – отделившийся магматический канал от основного тела рифта по трещинам в триасе [Иванова и др., 2024].

Второй рассматриваемый объект находится в Агапском мегапрогибе (рис. 8). В магнитном и гравитационном полях выделяется отрицательными аномалиями. Существуют разные модели формирования данной антиклинальной структуры: ангитритово-соляной купол или интрузивное тело. Эта ловушка, образованная в доюрское время, в мезозойском чехле не выражена.

Такие структуры возможны и под Рассохинским мегавалом, где они вскрыты в Волочанских скважинах, и, учитывая их древний возраст, они могут содержать палеоскопления углеводородов, поскольку мегавал в мезозойско-кайнозойской истории испытывал только устойчивые поднятия, обеспечивающие условия консервации.

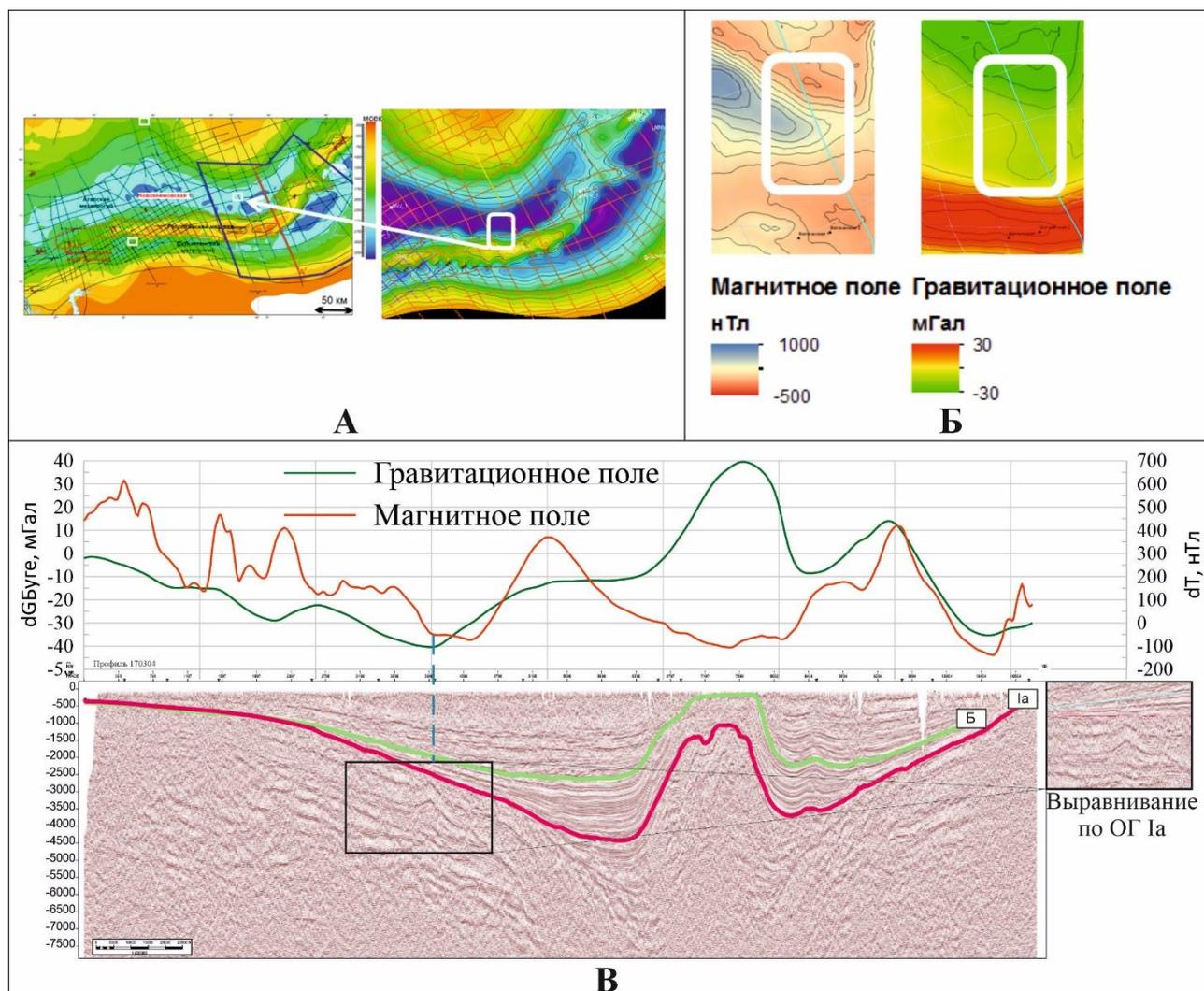


Рис. 8. Структура на северном борту Агапского мегапрогиба

А - расположение на площади; Б - в потенциальных полях; В - сейсмический профиль с графиками потенциальных полей над структурой.

Третья рассматриваемая Восточно-Тарейская антиклинальная структура представлена интрузивным образованием, выделяющимся по анализу потенциальных полей – положительные гравитационная и магнитная аномалии (рис. 9). Эта ловушка имеет неокомско-альпийский возраст. Её появление имеет схожие с Рассохинским мегавалом тектонические условия формирования. Изучение этой структуры привело к выделению ещё одной возможной зоны нефтегазонакопления, приуроченной к Тарейско-Тетояхской зоне поднятий, которая по аналогии с вышеописанными структурами является наиболее стабильной на всех этапах своего развития. [Каламкарров и др., 2024].

Таким образом, выявлено два типа локальных ловушек на периферии и бортах вала: первый тип связан с триасовым магматизмом, второй тип - с некомской фазой тектогенеза.

Последний тип имеет тот же механизм образования, что и основной вал, но в отличие от кровли вала более перспективен для бурения. Возможные залежи могут быть менее разрушенными в отличие от свода вала, подвергнувшегося размыву.

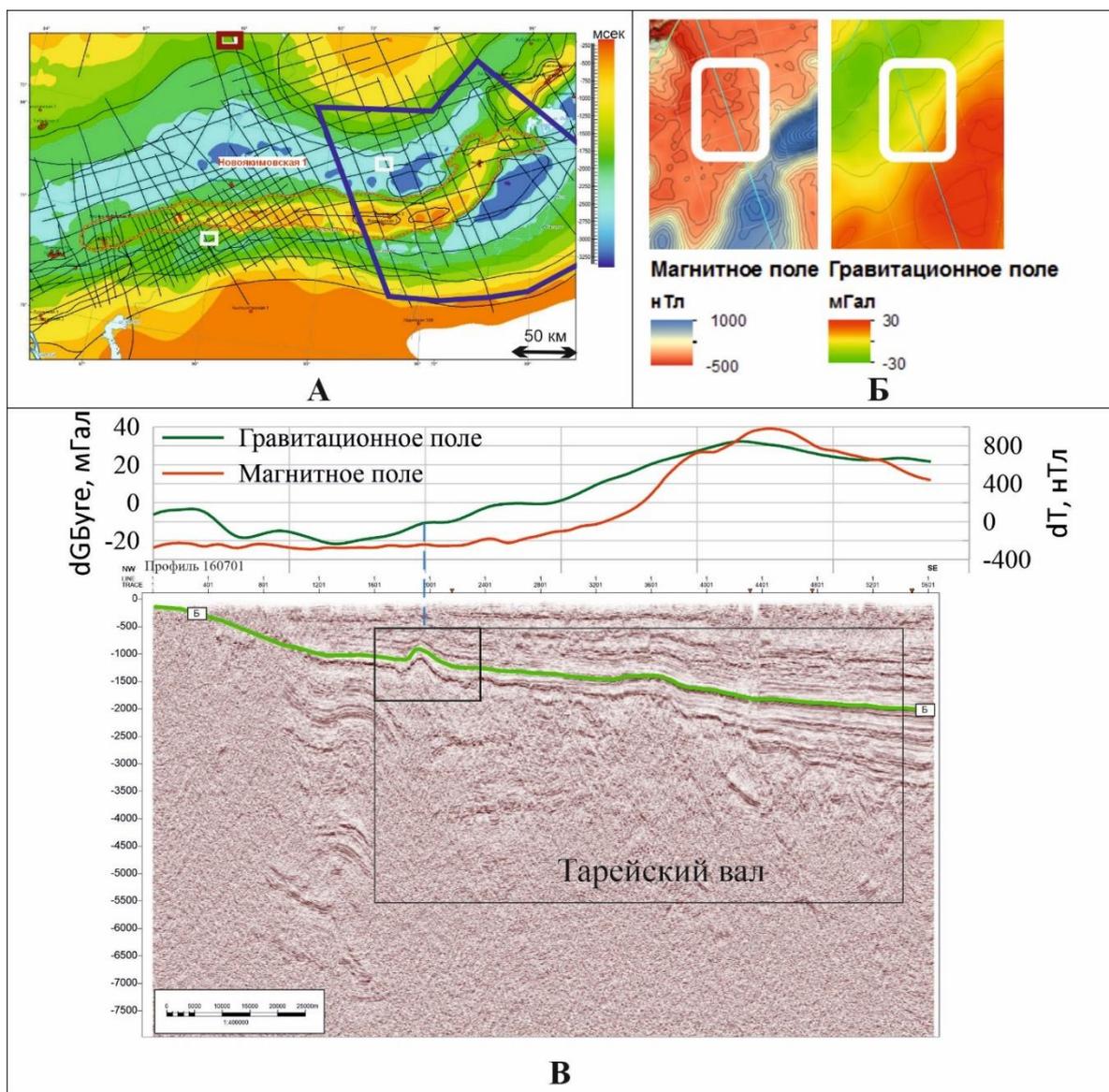


Рис. 9. Восточно-Тарейская структура

A - расположение на площади; Б - в потенциальных полях; В - сейсмический профиль с графиками потенциальных полей над структурой.

Для дальнейшего комплексного анализа и определения возможного генезиса образования всех представленных структур необходимо провести двумерное сейсмо-плотностное моделирование с привлечением данных о намагниченности пород.

Тектонические критерии оценки нефтегазоносности Рассохинского мегавала

В настоящее время, после проведения Центрально-Таймырской, Северо-Агапской, Ново-Кубалахской региональных геологоразведочных съемок в районе Рассохинского мегавала выделено большое количество объектов (рис. 10), поэтому необходимо выявить критерии их ранжирования и оценки, в том числе, основанные на времени образования структур, тектонических процессах их сформировавших, и при этом учесть новые гравимагнитные критерии оценки структур.

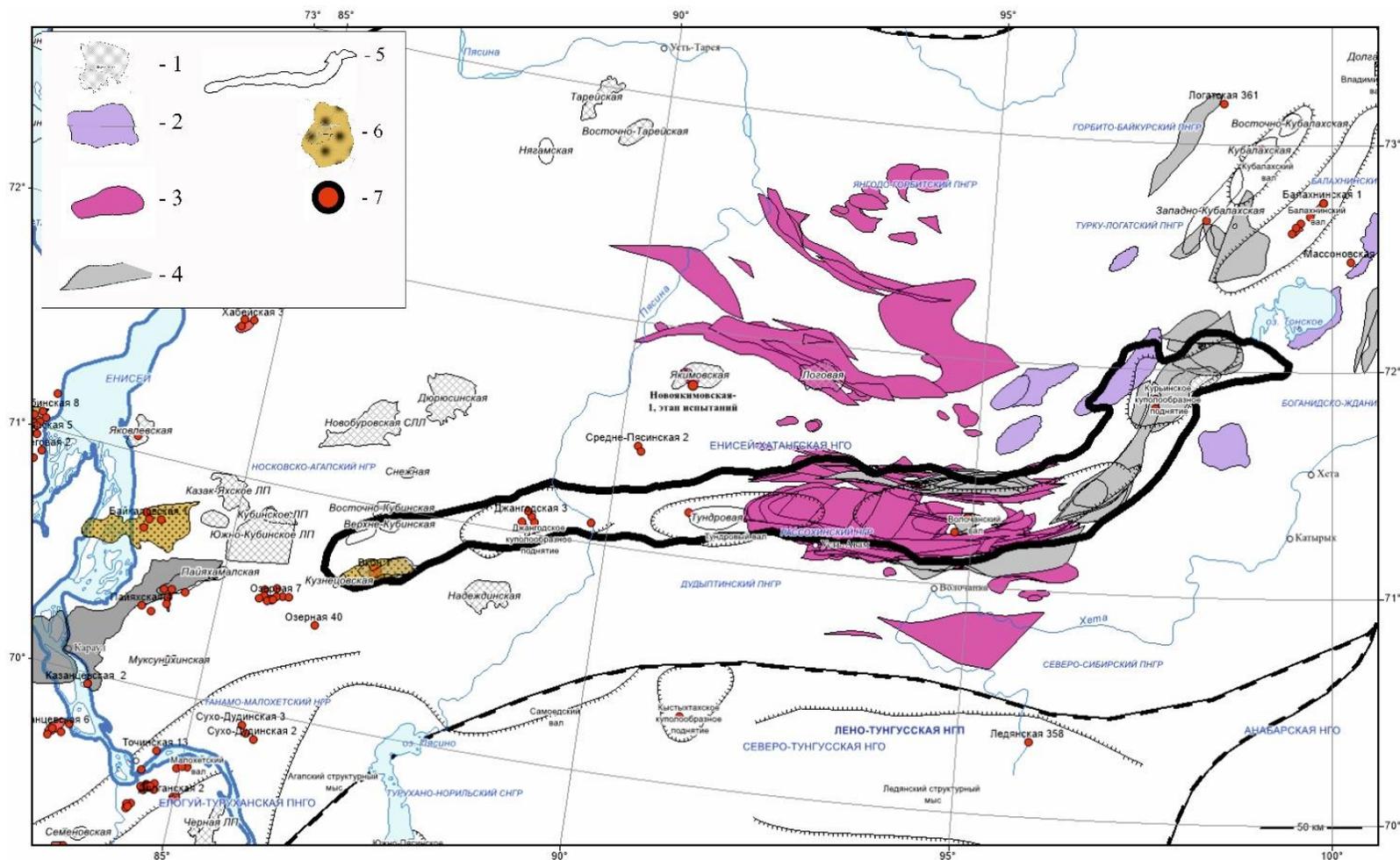


Рис. 10. Карта перспективных структур и месторождений на территории исследования

1 - нефтегазоперспективные структуры; 2 - перспективные зоны с ловушками Новокубалахской; 3 - перспективные зоны с ловушками Северо-Авамской; 4 - перспективные зоны с ловушками Центрально-Таймырской площадки; 5 - контур Рассохинского вала; 6 - месторождения; 7 - скважины.

1. Время образования структур в центральной зоне ЕХРП хорошо выявляется по сейсмическим данным. Исследователями Енисей-Хатанской НГО вопросы структурообразования хорошо проанализированы. Следует выделить домезозойские, средне-верхнетриасовые (время главной таймырской складчатости), неокомские (региональное клиноформное событие позднекиммерийской фазы) и олигоценовые (время альпийского орогенеза) структуры [Афанасенков и др., 2017; Балдин и др., 2023; Исаев и др., 2022].

2. Типизация по тектоническим и седиментационным процессам формирования структур позволяет выделить следующие типы:

- структуры, образованные средне-позднетриасовой региональной Таймырской складчатостью и сформировавшие объекты в палеозойском чехле;

- структуры в зоне Рассохинского мегавала, образованные в ходе неокомского события позднекиммерийского тектогенеза и в результате последующих кайнозойских деформаций, в том числе связанных с гравитационными обрушениями и сползаниями на своде вала;

- объекты, связанные с выклиниваниями на бортах вала, а также приразломные.

3. Типизация по гравимагнитным критериям оценки структур по подтверждаемости структурных объектов и их перспективности. Выделение аномальных зон и анализ параметров аномалий для выявления возможного положения интрузий и туфо-лавовой толщи.

Высокие перспективы зон приосевой зоны ЕХРП (так называемой Обско-Лаптевской гряды, включающей в себя Рассохинский и Балахнинский мегавалы) отмечали такие исследователи, как Н.З. Мунасыпов и В.А. Балдин (2023 г.).

Таким образом, Рассохинский мегавал определяет формирование структурных ловушек. Тектоническая история развития мегавала состоит из средне-позднетриасового, неокомского и альпийского периодов, важнейшим из которых являлось региональное клиноформное событие, связанное с неокомским событием позднекиммерийской фазы тектогенеза. В целом вся мезозойская история ЕХРП проходила на фоне постоянного рифтового растяжения и формирования мощной осадочной толщи. Усиление прогибаний в конце триаса и в неокоме вызвали гравитационно-геодинамические срывы на бортах, которые привели к гравитационной пологой (до 5^0) складчатости [Обухов и др., 2019, 2020, 2021]. Если в зоне Пайяхских клиноформ Рассохинский мегавал еще не появился, то восточнее, в Агапском мегапрогибе клиноформы полностью контролировались этой крупной структурой, т.е. Агапский прогиб является причиной формирования мегавала, тогда как Жданихинский мегапрогиб - причиной становления Балахнинского мегавала. Инверсионные деформации (смена опусканий на поднятия) последовали во время неокомского события некомпенсированного (клиноформного) прогибания и, вероятнее всего, связаны с ним генетически [Обухов и др., 2021]. По сейсмическим данным с поднимающегося свода мегавала

также последовали срывы осадочных толщ в прилегающие Агапский и Дудыптинский прогибы, что в свою очередь сопровождалось дополнительным образованием локальных структур вдоль оси. Эти структуры и представляют интерес в отношении нефтегазоносности. С начала первых геологоразведочных работ на нефть и газ Рассохинский и Балахнинский мегавалы считались основными зонами нефтегазонакопления Енисей-Хатангской НГО. Время образования палеоскоплений УВ - верхний мел, а время и причины разрушения до сих пор не изучены. Обнаружение газового месторождения им. Е. Зиничева дает основания прогнозировать новые открытия по всей периферии Рассохинского мегавала, в том числе и в зоне сочленения с Балахнинским мегавалом [Мунасыпов, Балдин, 2023].

Выводы

В результате исследования потенциальных полей установлено наличие в фундаменте большого объема магматических масс ультраосновного и основного состава в осевой части ЕХРП, а также их пермо-триасовый возраст, подтверждающий рифтовый режим развития региона и гравитационно-геодинамическую модель формирования крупных структур.

Система центральных валов образована в условиях растяжения ЕХРП за счет гравитационного срыва осадочного чехла по бортовым пологим срывам-детачментам в осевые зоны прогибания. Встречные пермотриас - юрско-меловые аллохтоны формируют складчатость и локальные структуры в осевой зоне.

В пределах Рассохинского мегавала (в основном по его периферии) выявлены валы-спутники и структуры, осложняющие его строение и являющиеся перспективными ловушками по типу валообразных зон и локальных куполов аналогичных месторождению им. Е. Зиничева.

Исследования найденных структур в комплексе с данными потенциальных полей позволяют сделать более точные выводы о возможном генезисе образования данных валов: они приурочены к интрузиям вследствие распространения разломов при рифтинге и последующей неокомской фазе тектоногенеза.

Главным вопросом текущего момента остается проблема отсутствия крупных месторождений на Рассохинском мегавалу, который является основной зоной нефтегазонакопления Енисей-Хатангской НГО.

Для анализа фонда структур необходимо привлекать весь комплекс имеющейся геофизической информации, в том числе гравимагнитные данные, отражающие тектонические особенности строения региона.

Литература

Афанасенков А.П., Обухов А.Н., Каламкаров С.А., Чикишев А.А., Любаев Р.Р. Новая тектоническая модель Енисей-Хатангского регионального прогиба // Материалы XLIX тектонического совещания посвященного 100-летию академика Ю.М. Пушаровского. - Москва: ГЕОС, 2017. - Т. 1. - С. 33-38.

Афанасенков А.П., Лыгин И.В., Обухов А.Н., Соколова Т.Б., Кузнецов К.М. Объемная реконструкция тектонических элементов Енисей-Хатангской рифтовой системы по результатам комплексной геолого-геофизической интерпретации. // Геофизика. - 2017. - №2. - С. 60-70.

Балдин В.А., Мунасыпов Н.З. Геология и нефтегазоносность Обско-Лаптевской гряды, крупнейшей на севере Сибири надпорядковой положительной мегаструктуры // Геология и геофизика - 2022: наука, производство, инновации: материалы II Международной научно-практической конференции (г. Уфа, 13-14 октября 2022 г.). - Тверь, 2022. - С 144-147.

Иванова С.Р., Корнеев А.А., Лошакова И.Ф., Каламкаров С.Л. Новые аспекты тектоники и нефтегазоносности Рассохинского мегавала по результатам комплексных сейсморазведочных и аэрогравимагнитных работ // ГеоЕвразия-2024. Геологоразведочные технологии: наука и бизнес: труды VII Международной геолого-геофизической конференции. Том I. - Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2024. - С. 173-177.

Исаев А.В., Афанасенков А.П., Поляков А.А., Хилько И.А., Чикишев А.А. Строение и перспективы нефтегазоносности клиноформного комплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. - 2022. - Т. 63. - №11. - С.1591-1603.

Каламкаров С.Л., Петров А.Л., Лошакова И.Ф., Ухлова Г.Д., Обухов А.Н. Особенности нефтегазоносности палеозойского и мезозойского структурных этажей Енисей-Хатангской нефтегазоносной области с учетом тектонических и геохимических данных // Геология нефти и газа. - 2024. - № 1. - С. 7-26.

Мунасыпов Н.З., Балдин В.А. Хатангский желоб - новая перспективная территория поиска месторождений УВ // ПРОГРЕСС'23. Геологоразведка как бизнес: сборник материалов 3-й международной научно-практической конференции (г. Сочи, 23-25 октября 2023 г.). - Москва, 2023. - С.13-16.

Обухов А.Н., Каламкаров С.Л., Корнеев А.А. Гравитационно-геодинамическая модель Енисей-Хатангского регионального прогиба // Научно-практическая конференция по вопросам разведки и разработки месторождений нефти и газа на территории Восточной Сибири (г. Красноярск, 13-16 октября 2020 г.): научно-технологический дайджест. - Красноярск, 2020. - С. 108-113.

Обухов А.Н., Каламкаров С.Л., Корнеев А.А. К вопросу о рифтовой модели Енисей-Хатангского регионального прогиба // ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях: труды IV Международной геолого-геофизической конференции и выставки. Том I (II). - Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. - 364 с.

Обухов А.Н., Корнеев А.А., Каламкаров С.Л., Чикишев А.А., Любаев Р.Р. Тектоника запада Енисей-Хатангского регионального прогиба - гравитационно-геодинамическая интерпретация // Новые идеи в геологии нефти и газа 2019: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. - Москва: Издательство «Перо», 2019. - 584 с.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license

Received 22.05.2024

Published 17.09.2024

Ivanova S.R.

Russian Research Geological Petroleum Institute (FGBU "VNIGNI"); Moscow State University, Moscow, Russia, s.ivanova@vnigni.ru

Korneev A.A., Loshakova I.F., Kalamkarov S.L., Obukhov A.N.

Russian Research Geological Petroleum Institute (FGBU "VNIGNI"), Moscow, Russia, korneev@vnigni.ru

UP-TO-DATE RESULTS OF COMPLEX SEISMIC AND AEROGRAVIMAGNETIC EXPLORATORY ACTIVITY CONCERNING TECTONICS AND PETROLEUM POTENTIAL OF THE RASSOKHIN MEGARIDGE

In recent years, regional seismic exploration and aerogravimagnetic activity have been carried out in the Yenisey-Khatanga petroleum bearing region, and the Novoyakimov-1 parametric well has been drilled. Based on the results of a comprehensive interpretation of the data, updated structural maps have been constructed for the main reflecting levels, and the development zone of the Rassokhin megaswell has been clarified. According to the analysis of potential fields, the megaswell is confined to the anomalous zone along the axis of the Yenisey-Khatanga regional trough, corresponding to the rift tectonic model of the region. Also, in the central axial zone of the Rassokhin megaridge, extensive intrusive bodies associated with the filling of the rift extension (rupture) zone with magmatic melt have been identified. Along the sides of the Rassokhin megaridge, according to the new structural map, a system of satellite swells has been identified along the base of the Jurassic strata, as well as structures of a smaller order, including in the Agap megaswell adjacent to the north and the Dudyptin megaswell adjacent to the south. New seismic and aerogravimagnetic geological exploration activity have made it possible to clarify the oil and gas potential of the Rassokhin petroleum bearing area.

Keywords: seismic and aerogravimagnetic geological exploration activity, potential fields, Rassokhin megaridge, Yenisey-Khatanga petroleum bearing region.

For citation: Ivanova S.R., Korneev A.A., Loshakova I.F., Kalamkarov S.L., Obukhov A.N. Aktual'nye rezul'taty kompleksnykh seysmorazvedochnykh i aerogravimagnitnykh rabot v aspekte izucheniya tektoniki i neftegazonosnosti Rassokhinskogo megavala [Up-to-date results of complex seismic and aerogravimagnetic exploratory activity concerning tectonics and petroleum potential of the Rassokhin megaridge]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2024, vol. 19, no. 3, available at: https://www.ngtp.ru/rub/2024/27_2024.html EDN: PNULMZ

References

Afanasenkov A.P., Lygin I.V., Obukhov A.N., Sokolova T.B., Kuznetsov K.M. Ob"emnaya rekonstruktsiya tektonicheskikh elementov Enisey-Khatangskoy riftovoy sistemy po rezul'tatam kompleksnoy geologo-geofizicheskoy interpretatsii [Volumetric reconstruction of tectonic elements of the Yenisey-Khatanga rift system based on the results of complex geological and geophysical interpretation]. *Geofizika*, 2017, no. 2, pp. 60-70. (In Russ.).

Afanasenkov A.P., Obukhov A.N., Kalamkarov S.A., Chikishev A.A., Lyubaev R.R. Novaya tektonicheskaya model' Enisey-Khatangskogo regional'nogo progiba [New tectonic model of the Yenisey-Khatanga regional trough]. *Materialy XLIX tektonicheskogo soveshchaniya posvyashchennogo 100-letiyu akademika Yu.M. Pushcharovskogo*. Moscow: GEOS, 2017, vol. 1, pp. 33-38. (In Russ.).

Baldin V.A., Munasyrov N.Z. Geologiya i neftegazonosnost' Obsko-Laptevskoy gryady, krupneyshey na severe Sibiri nadporyadkovoy polozhitel'noy megastruktury [Geology and petroleum potential of the Ob-Laptev ridge, the largest supra-order positive megastructure in northern Siberia]. *Geologiya i geofizika - 2022: nauka, proizvodstvo, innovatsii: materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Ufa, 13-14 Oct 2022). Tver', 2022, pp. 144-147. (In Russ.).

Isaev A.V., Afanasenkov A.P., Polyakov A.A., Khil'ko I.A., Chikishev A.A. Stroenie i perspektivy neftegazonosnosti klinoformnogo kompleksa Enisey-Khatangskogo regional'nogo progiba [Structure and oil and gas potential prospects of the clinoform complex of the Yenisey-Khatanga regional trough]. *Geologiya i geofizika*, 2022, vol. 63, no. 11, pp.1591-1603. (In Russ.).

Ivanova S.R., Korneev A.A., Loshakova I.F., Kalamkarov S.L. Novye aspekty tektoniki i neftegazonosnosti Rassokhinskogo megavala po rezul'tatam kompleksnykh seysmorazvedochnykh i aerogravimagnitnykh rabot [New aspects of tectonics and oil and gas potential of the Rassokhin megaswell based on the results of comprehensive seismic exploration and airborne gravity magnetic activity]. *GeoEvraziya-2024. Geologorazvedochnye tekhnologii: nauka i biznes: trudy VII Mezhdunarodnoy geologo-geofizicheskoy konferentsii, vol. I*, Tver': OOO «PoliPRESS», 2024, pp. 173-177. (In Russ.).

Kalamkarov S.L., Petrov A.L., Loshakova I.F., Ukhlova G.D., Obukhov A.N., Osobennosti neftegazonosnosti paleozoyskogo i mezozoyskogo strukturnykh etazhey Enisey-Khatangskoy neftegazonosnoy oblasti s uchetom tektonicheskikh i geokhimicheskikh dannyykh [Features of the oil and gas potential of the Paleozoic and Mesozoic structural stages of the Yenisey-Khatanga oil and gas region taking into account tectonic and geochemical data]. *Geologiya nefti i gaza*, 2024, no. 1, pp. 7-26. (In Russ.).

Munasyrov N.Z., Baldin V.A. Khatangskiy zhelob - novaya perspektivnaya territoriya poiska mestorozhdeniy UV [Khatanga Trough - a new promising territory for hydrocarbon accumulations exploration]. *PROGRESS'23. Geologorazvedka kak biznes: sbornik materialov 3-y mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Sochi, 23-25 Oct 2023). Moscow, 2023, pp.13-16. (In Russ.).

Obukhov A.N., Kalamkarov S.L., Korneev A.A. Gravitatsionno-geodinamicheskaya model' Enisey-Khatangskogo regional'nogo progiba [Gravity-geodynamic model of the Yenisey-Khatanga regional trough]. *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya po voprosam razvedki i razrabotki mestorozhdeniy nefti i gaza na territorii Vostochnoy Sibiri: nauchno-tekhnologicheskii daydzhest* (Krasnoyarsk, 13-16 Oct 2020). Krasnoyarsk, 2020, pp. 108-113. (In Russ.).

Obukhov A.N., Kalamkarov S.L., Korneev A.A. K voprosu o riftovoy modeli Enisey-Khatangskogo regional'nogo progiba [On the rift model of the Yenisey-Khatanga regional trough]. *GeoEvraziya-2021. Geologorazvedka v sovremennykh realiyakh: trudy IV Mezhdunarodnoy geologo-geofizicheskoy konferentsii i vystavki*. Tver': OOO «PoliPRESS», 2021, vol. I (II), 364 p. (In Russ.).

Obukhov A.N., Korneev A.A., Kalamkarov S.L., Chikishev A.A., Lyubaev R.R. Tektonika zapada Enisey-Khatangskogo regional'nogo progiba - gravitatsionno-geodinamicheskaya interpretatsiya [Tectonics of the western Yenisey-Khatanga regional trough - gravitational-geodynamic interpretation]. *Novye idei v geologii nefti i gaza 2019: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Moscow: Izdatel'stvo «Pero», 2019, 584 p. (In Russ.).