

О ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МАРКЕРАХ АКТИВНОСТИ СИБИРСКОГО СУПЕРПЛУМА В РЕГИОНЕ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА

Андреев В.С.¹, Бисеркин И.А.¹, Большаков Е.М.¹, Довыденко Г.М.¹, Пиманова Н.Н.¹, Соколова Е.Ю.^{1,2}, Спиридонов В.А.¹, Широкова Т.П.^{1,3}

1 – ВНИГНИ, 2 – ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, 3 – МГУ им. М.В. Ломоносова

Введение. Представлены результаты анализа новых материалов комплексных геофизических исследований Енисей-Хатангского регионального прогиба (ЕХРП) (рис. 1), полученные в процессе актуализации геолого-геофизической модели его глубинного строения в целях нефтегазового прогноза. В центре внимания – продукты магматизма периода пермотриасовой геодинамической активизации, обусловленной активностью Сибирского суперплюма [Nikishin et al., 2002; Dobretsov et al., 2008; Соболев и др., 2009; Ernst, Jowitz, 2013; Проскурнин и др., 2019]. Структурно-вещественные характеристики изучаемых крупных интрузивов и погребенных трапповых толщ недостаточно прояснены в более ранних моделях строения прогиба [Афанасенков и др., 2017; Кушнир, 2018 и др.], тогда как именно они во многом определяют сегодняшнюю глубинную архитектуру ЕХРП, знание которой необходимо для поиска углеводородов. Изучение магматических образований – ярких аномалообразующих объектов в геофизических полях ЕХРП (рис. 2–4) – также способствует прояснению эволюции локального Хатангского («вторичного», по Dobretsov et al., 2008) центра суперплюма и характера процессов плюм-тектоники ранней, рифтогенной, стадии развития прогиба.

Распространение и глубинная морфология продуктов магматизма центральной части Енисей-Хатангского прогиба воссоздавались с опорой на профильные данные региональных постановок МОГТ (обработка ВНИГНИ) и сопутствующих МТЗ (обработка ООО «Северо-Запад») (рис. 5), районирование потенциальных полей (рис. 6), сечения объемных моделей избыточных плотностей и намагниченности (рис. 5), актуальную градиентно-слоистую региональную плотностную модель ЕХРП (рис. 7), а также классификацию основных осадочных и магматических породных комплексов по физическим свойствам [Андреев и др., 2021] и палеомагнитные данные. Цикл 2D\3D инверсий и моделирования гравитационного и магнитного (включая спутниковые данные, рис. 4) полей были реализованы средствами ГИС INTEGRO [Черемисина и др., 2021] с использованием ограничений, накладываемых сейсмическими и геоэлектрическими данными.

Представлены полученные в результате проведения этих процедур морфоструктурные особенности и вещественные параметры ряда аномалообразующих магматических объектов ЕХРП. Определение латеральных неоднородностей в рамках слоистой модели ЕХРП, проведенное с помощью монтажного метода 3D гравиметрической инверсии (доклад Мицын, 2022), позволило воссоздать конфигурацию мощного пояса центральных и бортовых интрузий прогиба (рис. 7). Морфология и плотностные характеристики крупнейшего йолит-ультрамафит-карбонатитового Гулинского массива и соседних с ним магматических структур ЮВ борта прогиба были уточнены в ходе постановки серии детализационных ограниченных 3D инверсий гравитационного поля (подробнее представлены в докладе Большаков и др., 2022), где приводится также и интегральная оценка параметров обобщенного литосферного источника ассоциирующейся с Гулинским массивом спутниковой аномалии магнитного поля (рис. 4, Maus et al., 2008).

Новые соображения об этапах активности Хатангского локального центра Сибирского суперплюма (рис. 8), вытекающие из результатов исследования приведены в **Заключении**.

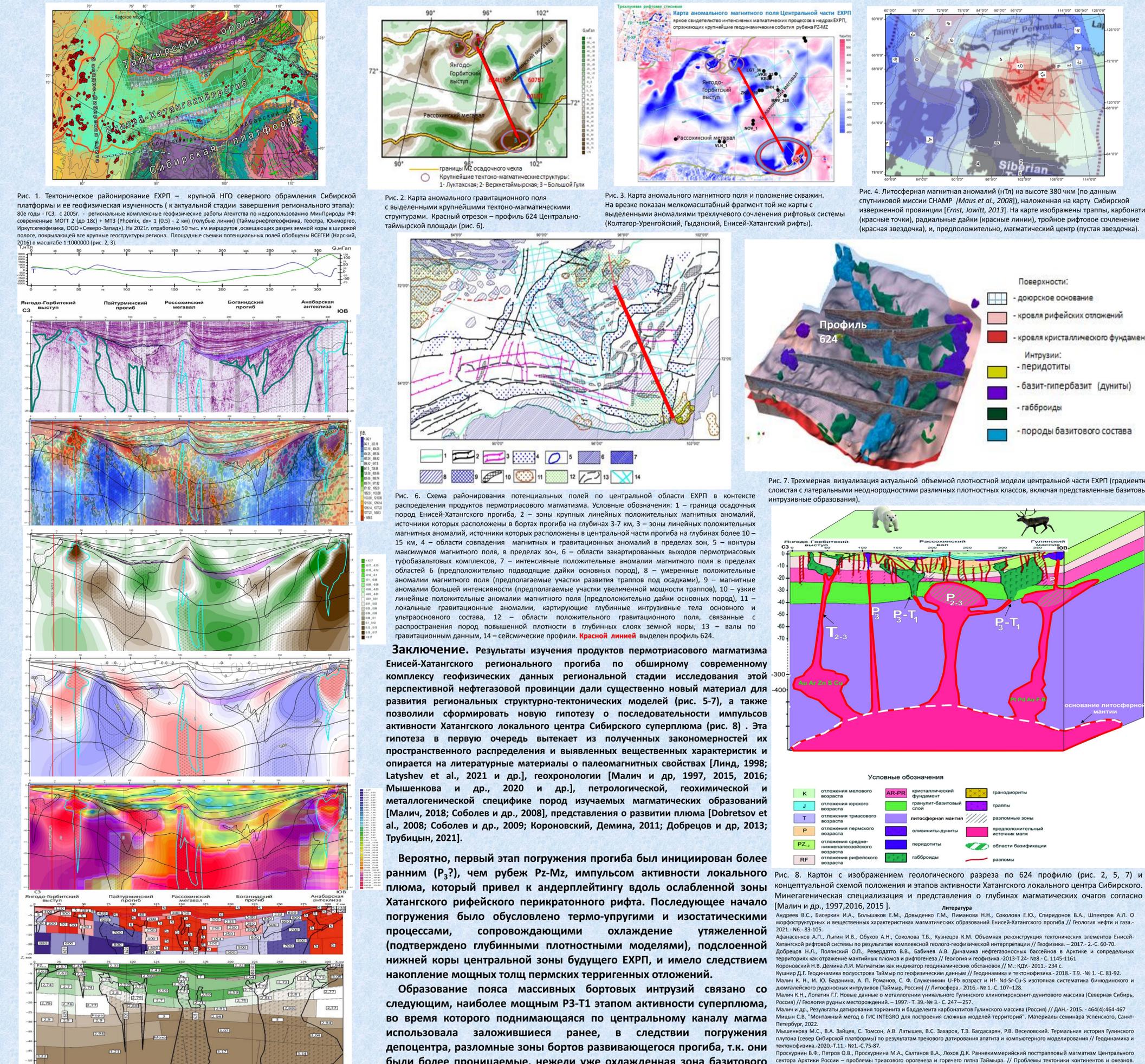


Рис. 5. Графики потенциальных полей (верхняя панель) вдоль линии профиля 624 ЦТ (см. рис. 6) и геофизические разрезы (сверху вниз): сейсмодинамический, сейсмоэнергетический, сечения 3D моделей эффективной плотности и эффективной намагниченности. Последний (в UE) прозрачным тоном наложен на сейсмоэнергетический и геоэлектрический разрезы. Нижние три панели – разрезы УЭС (Ом·м), намагниченности (ед. СИ 10⁻⁵) и плотности (г/см³), полученные в результате решения 2D обратной задачи (геоэлектрический) и 2D моделирования (магнитный и плотностный). На разрезы внесены контуры сечений магматических структур, намеченные по результатам качественной комплексной геофизической интерпретации. Крапом помечен предполагаемый состав магматических объектов: Г – габброиды, П – ультрамафиты, V – вулканиты, X – средний состав.

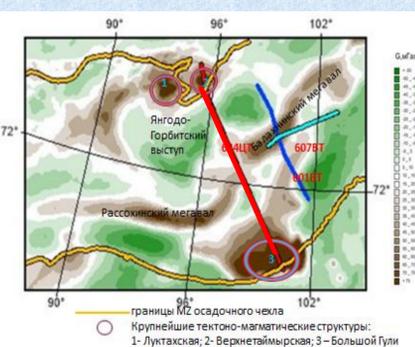


Рис. 6. Карта аномального гравитационного поля с выделенными крупнейшими тектоно-магматическими структурами. Красный отрезок – профиль 624 Центрально-таймырской площади (рис. 6).

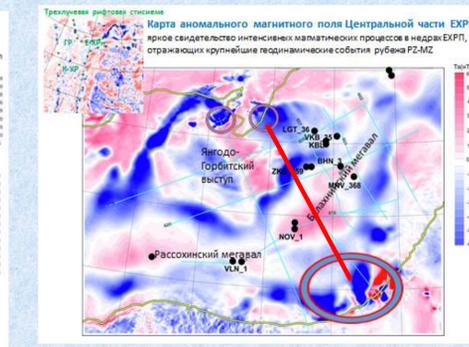


Рис. 7. Карта аномального магнитного поля и положение скважин. На врезе показан мелкомасштабный фрагмент той же карты с выделенными аномалиями трехлучевого сочленения рифтовых системы (Колтагор-Уренгойский, Гыданский, Енисей-Хатангский рифты).

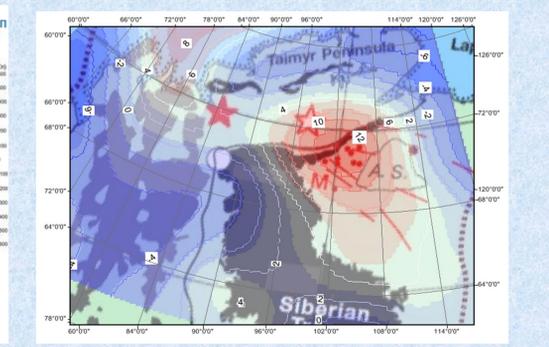


Рис. 8. Литосферная магнитная аномалия (нТл) на высоте 380 чкм (по данным спутниковой миссии CHAMP [Maus et al., 2008]), наложенная на карту Сибирской изверженной провинции [Ernst, Jowitz, 2013]. На карте изображены траппы, карбонатиты (красные точки), радиальные дайки (красные линии), тройное рифтовое сочленение (красная звездочка), и, предположительно, магматический центр (пустая звездочка).

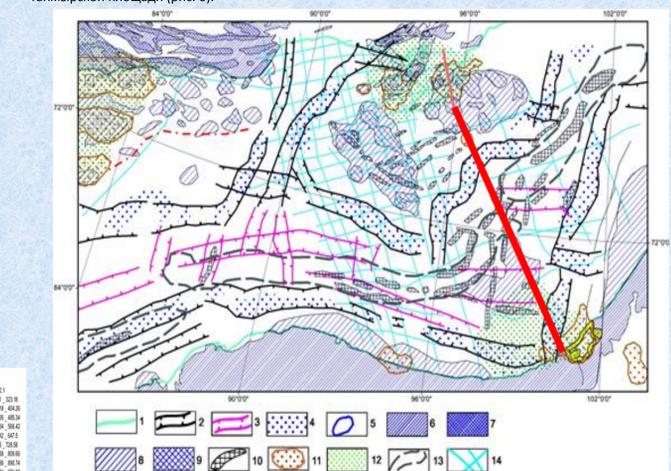


Рис. 9. Схема районирования потенциальных полей по центральной области ЕХРП в контексте распределения продуктов пермотриасового магматизма. Условные обозначения: 1 – граница осадочных пород Енисей-Хатангского прогиба, 2 – зоны крупных линейных положительных магнитных аномалий, источники которых расположены в бортах прогиба на глубинах 3–7 км, 3 – зоны линейных положительных магнитных аномалий, источники которых расположены в центральной части прогиба на глубинах более 10–15 км, 4 – области совпадения магнитных и гравитационных аномалий в пределах зон, 5 – контуры максимумов магнитного поля, в пределах зон, 6 – области закартированных выходов пермотриасовых туфобазальтовых комплексов, 7 – интенсивные положительные аномалии магнитного поля в пределах областей 6 (предположительно подводящие дайки основных пород), 8 – умеренные положительные аномалии магнитного поля (предполагаемые участки развития траппов под осадками), 9 – магнитные аномалии большей интенсивности (предполагаемые участки увеличенной мощности траппов), 10 – узкие линейные положительные аномалии магнитного поля (предположительно дайки основных пород), 11 – локальные гравитационные аномалии, картирующие глубинные интрузивные тела основного и ультраосновного состава, 12 – области положительной гравитационной аномалии, связанные с распространением пород повышенной плотности в глубинных слоях земной коры, 13 – валы по гравитационным данным, 14 – сейсмические профили. Красной линией выделен профиль 624.

Заключение. Результаты изучения продуктов пермотриасового магматизма Енисей-Хатангского регионального прогиба по обширному современному комплексу геофизических данных региональной стадии исследования этой перспективной нефтегазовой провинции дали существенно новый материал для развития региональных структурно-тектонических моделей (рис. 5–7), а также позволили сформировать новую гипотезу о последовательности импульсов активности Хатангского локального центра Сибирского суперплюма (рис. 8). Эта гипотеза в первую очередь вытекает из полученных закономерностей их пространственного распределения и выявленных вещественных характеристик и опирается на литературные материалы о палеомагнитных свойствах [Линд, 1998; Latyshev et al., 2021 и др.], геохронологии [Малич и др., 1997, 2015, 2016; Мышенкова и др., 2020 и др.], петрологической, геохимической и металлогенической специфике пород изучаемых магматических образований [Малич, 2018; Соболев и др., 2008], представления о развитии плюма [Dobretsov et al., 2008; Соболев и др., 2009; Короновский, Демина, 2011; Добрецов и др., 2013; Трубицын, 2021].

Вероятно, первый этап погружения прогиба был инициирован более ранним (P₃?), чем рубеж Pz-Mz, импульсом активности локального плюма, который привел к андерплейтингу вдоль ослабленной зоны Хатангского рифейского перикратонного рифта. Последующее начало погружения было обусловлено термо-упругими и изостатическими процессами, сопровождающими охлаждение утяжеленной (подтверждено глубинными плотностными моделями), подслоенной нижней коры центральной зоны будущего ЕХРП, и имело следствием накопление мощных толщ пермских терригенных отложений. Образование пояса массивных бортовых интрузий связано со следующим, наиболее мощным P₃-T1 этапом активности суперплюма, во время которого поднимающаяся по центральному каналу магма использовала заложившиеся ранее, в следствии погружения депоцентра, разломные зоны бортов развивающегося прогиба, т.к. они были более проницаемые, нежели уже охлажденная зона базитового материала центрального андерплейтинга.

Благодарности. Авторы благодарны всем полевым геофизикам, получившим уникальные геофизические данные в суровых условиях Таймырского полуострова. В работе использовались магнитотеллурические материалы, любезно предоставленные ООО «Северо-Запад». Особая благодарность – Л.М. Абрамовой (ЦЭМИ ИФЗ РАН) за впервые полученные нами сведения о крупнейшей спутниковой магнитной аномалии, ассоциированной с глубинными магматическими образованиями Маймеча-Котуйской провинции и южного борта прогиба.

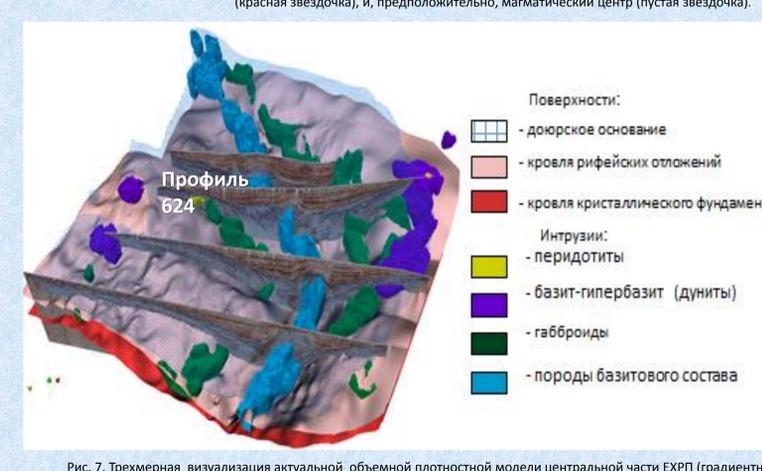


Рис. 10. Трехмерная визуализация актуальной объемной плотностной модели центральной части ЕХРП (градиентно-слоистая с латеральными неоднородностями различных плотностных классов, включая представленные базитовые интрузивные образования).

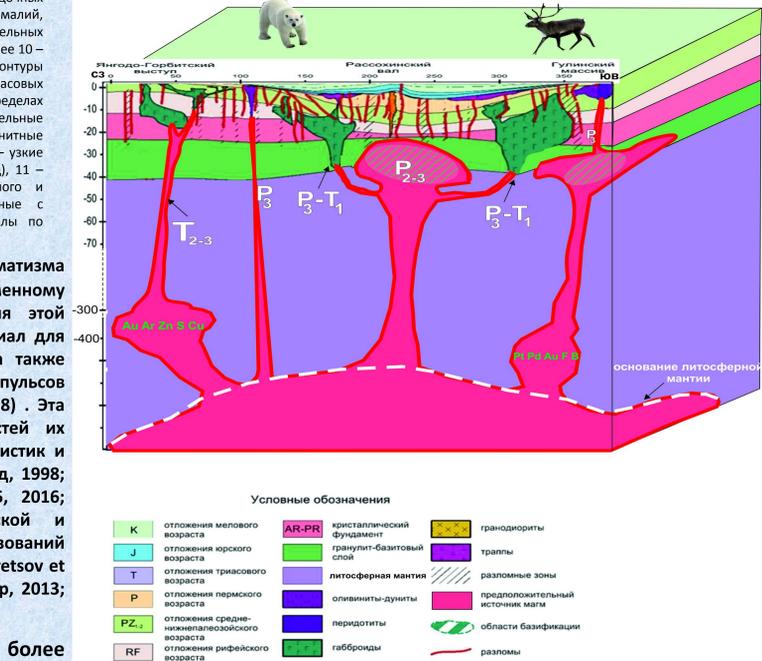


Рис. 11. Картон с изображением геологического разреза по 624 профилю (рис. 2, 5, 7) и концептуальной схемой положения и этапов активности Хатангского локального центра Сибирского. Миннегагенская специализация и представления о губных магматических очагах согласно [Малич и др., 1997, 2016, 2015].

Условные обозначения

K	отложения мелового возраста	AR-PR	кристаллический фундамент	гранодiorиты
J	отложения юрского возраста	TR	гранит-базитовый слой	траппы
T	отложения триасового возраста	LM	литосферная мантия	разломные зоны
P	отложения пермского возраста	PL	оливиниты-дуниты	предположительный источник магм
Pz	отложения средне-инновозовского возраста	PER	перидотиты	области базификации
RF	отложения рифейского возраста	GB	габброиды	разломы

Литература

Андреев В.С., Бисеркин И.А., Большаков Е.М., Довыденко Г.М., Пиманова Н.Н., Соколова Е.Ю., Спиридонов В.А., Шелтеров А.О. Модернизация и вещественных характеристиках магматических образований Енисей-Хатангского прогиба // Геология нефти и газа. – 2021. – № 6. – С. 83–105.

Афанасенков А.П., Лыгин И.В., Обухов А.Н., Соколова Т.Б., Кузнецов К.М. Объемная реконструкция тектонических элементов Енисей-Хатангского рифтовой системы по результатам комплексной геолого-геофизической интерпретации // Геофизика. – 2017. – Т. 2. – С. 60–70.

Добрецов Н.Л., Полюнский О.П., Ревертто В.В., Бабичев А.В. Динамика нефтегазовых бассейнов в Арктике и сопредельных территориях как отражение магматических плюмов и рифтогенеза // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 24. – № 8. – С. 1145–1161.

Короновский Н.В., Демина Л.И. Магматизм как индикатор геодинамических обстановок // М.: КДУ. – 2011. – 234 с.

Кушнир Д.Г. Геодинамика полуострова Таймыр по геофизическим данным // Геодинамика и тектонофизика. – 2018. – Т. 9. – № 1. – С. 81–92.

Малич К.Н., И. Ю. Бадалина, А. П. Романов, С. Ф. Служеникин И.Р-взрост и HF. Nd-Sr-Cu-Sr изотопная систематика биноидного и доломатейского рудноосновных интрузивов (Таймыр, Россия) // Литосфера. – 2016. – № 1. – С. 107–128.

Малич К.Н., Лопатин Г.Г. Новые данные о металлогении уникального Гулинского клиноформно-дунитового массива (Северная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений. – 1997. – Т. 39. – № 3. – С. 247–257.

Мицын С.В., Результаты датирования торнитов и бадделитов карбонатитов Гулинского массива (Россия) // ДАН. – 2015. – 464(4):464–467.

Мицын С.В. «Монтажный метод» в ГИС INTEGRO для построения сложных моделей территорий // Материалы семинара Успенского, Санкт-Петербург, 2022.

Мышенкова М.С., В.А. Зайцев, С. Томсон, А.В. Латышев, В.С. Захаров, Т.Э. Бадасарян, Р.В. Веселовский. Термальная история Гулинского плютона (север Сибирской платформы) по результатам треквого датирования апатита и компьютерного моделирования // Геодинамика и тектонофизика. – 2020. – Т. 11. – № 1. – С. 75–87.

Проскурнин В.Ф., Петров О.В., Проскурнина М.А., Салтанов В.А., Ловов Д.К. Раннекиммерийский пострепловоый магматизм Центральной России – проблемы триасового орогенеза и горячего пятна Таймыра. // Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы XI Тектонического совещания. М.: ГЕОС. 2019. С. 144–147.

Соболев А.В., С. Соболев, Д.В. Кузьмин, К.Н. Малич, А.Г. Петрунин. Механизм образования сибирских мейкитов и природа их связи с траппами и кимберлитами. Геология и геофизика, 2009, т. 50, № 12, с. 1293–1334.

Черемисина Е.Н., Финляндский М.Я., Девя К.В., Большаков Е.М. ГИС INTEGRO. Состояние и перспективы развития в условиях импортозамещения // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3.

Dobretsov N.L., A. Kirdyashkin, A. G. Kirdyashkin, V. A. Vernikovskiy, N. Gladkov. Modelling of thermochemical plumes and implications for the origin of the Siberian traps // Lithos. – 100(1–4). – 2008. – 69–92. DOI: 10.1016/j.lithos.2007.06.025.

Latyshev A.V., A. M. Fetisova, R.V. Veselovskiy. Linking Siberian Traps LP emplacement and End Permian Mass Extinction: Evidence from Magnetic Stratigraphy of the Maymecha-Kotuy Volcanic Section // Geosciences. – 2020. – 10. – 29. – P. 2–26. DOI:10.3390/geosciences10080295.

Maus S., Yin F., Lühr H., Malin K., Rother M., Rauberg J., Michaelis I., Stolle C., Müller R.D. Resolution of direction of oceanic magnetic lineations by the sixth-generation lithospheric magnetic field model from CHAMP satellite magnetic measurements // Geochim. Geophys. Geost., 2008, v. 9, Q07021.

Nikishin, A.M., Ziegler, P.A., Abbott, D., et al., Permian-Triassic Intraplate Magmatism and Rifting in Eurasia: Implications for Mantle Plumes and Mantle Dynamics, Tectonoph., 2002, vol. 351, pp. 3–39.