

**ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И
МАГНЕТИЗМ ГОРНЫХ ПОРОД»**

Сборник тезисов



2-7 октября 2023

Казань

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И
МАГНЕТИЗМ ГОРНЫХ ПОРОД»

Сборник тезисов

2-7 октября 2023

Казань

УДК 550.83:553.982(470.41)

Рекомендовано к печати ученым советом Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ.

Составители – Фаттахова Л.А., Кузина Д.М.

Научный редактор – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией древнего магнитного поля Земли Геофизической обсерватории «Борок» Щербаков В.П.
Ответственный редактор – доктор геолого-минералогических наук, профессор, проректор по направлениям нефтегазовых технологий, природопользования и наук о Земле КФУ, Нургалиев Д.К.

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И МАГНЕТИЗМ ГОРНЫХ ПОРОД»
Сборник тезисов. / Составители – Фаттахова Л.А., Кузина Д.М. – Казань: Казан. Фед. Ун-т, 2023 г. – 89 с.

Сборник состоит из опубликованных тезисов, которые были представлены на Всероссийской конференции с международным участием «Палеомагнетизм и магнетизм горных пород».

Материалы опубликованы при поддержке государственной программы:



**Казанский федеральный
УНИВЕРСИТЕТ**

приоритет2030[^]
Лидерами становятся



Научный Центр Мирового Уровня

**Рациональное освоение запасов
жидких углеводородов планеты**

ХАРАКТЕР НЕКОТОРЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНВЕРСИЙ В КАТАВСКОЙ СВИТЕ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Акчурин Н.Н., Данукалов К.Н., Парфирьев Н.П.

*Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра
РАН, 450077, г. Уфа, Россия
e-mail: niyazakchurinn@icloud.com*

Целью данной научной работы является изучение морфологии переходных зон магнитной полярности в катавской свите, это помогло бы в исследовании поведения геомагнитного поля в позднем рифее. Для достижения данной цели, был выбран и изучен разрез вблизи города Юрюзань, который является одним из наиболее полных. В верхней части разреза обнаружена аномальная частота инверсий геомагнитного поля, достигающая 11-12 за миллион лет. Разрез, находящийся в окрестностях города Юрюзань, изучался лабораторией геофизики ИГ УФИЦ РАН неоднократно, в рамках нового исследования по доизучению зон инверсий магнитной полярности из трех интервалов разреза отобраны 80 образцов, разделенных на 9 сайтов.

В данной работе проанализированы каждый из отобранных интервалов, полученный результат может внести свой вклад в исследование катавской свиты и инверсий в целом. Образцы были подвергнуты детальной температурной чистке до 700°C. Далее были построены диаграммы Зийдервельда и выполнен компонентный анализ с помощью пакета программ Р. Энкина.

Для демонстрации характера инверсий выбраны интервалы, в морфологии которых, на наш взгляд, есть некая закономерность. В случае закономерных переходов есть общие особенности достижения стационарного состояния через длительный интервал времени. В большинстве переходов наблюдается смена полярности, которая происходит достаточно быстро, иногда скачок происходит по одному параметру, а другой меняется плавно. Эти данные могут помочь в дальнейшем изучении инверсий в катавской свите.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-27-00018.

**ПЕРВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО
ПРАВОТАРЛАШКИНСКОМУ И БАШКЫМУГУРСКОМУ
ГАББРОИДНЫМ МАССИВАМ ЗАПАДНОГО САНГИЛЕНА**

Алагияванна И.А.Э., Виноградов Е.В.

*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия
e-mail: i.alagiyavanna@g.nsu.ru*

В работе представлены результаты первых палеомагнитных исследований Правотарлашкинского троктолит-анортозит-габбрового и Башкымугурского вебстерит-габбронорит-монцодиоритового массивов Западного Сангиленна, находящиеся в юго-восточной части Тувы. Рассматриваемые нами массивы прорывают метаморфические породы моренского комплекса и вулканогенно-осадочные породы кускунутской свиты, секутся дайками камптонитов Агардагского комплекса. Возраст Правотарлашкинского массива 524 ± 9 млн лет, определен Ar-Ar методом. Башкымугурской массив имеет датировки 464.6 ± 5.7 млн лет согласно U-Pb по циркону из диоритов и 464 ± 5 млн лет - Ar-Ar методом по биотиту из монцодиоритов. Возраст камптонитовых даек оценивается в 444 ± 7.5 млн лет U-Pb методом по циркону. Нами были изучены габброиды Правотарлашкинского и Башкымугурского массивов, а также камптониты Агардагского комплекса, отобранные в 13 точках (всего 162 ориентированных образца), для того чтобы определить потенциальную пригодность пород для исследования палеонапряженности. Проведены стандартные петромагнитные, терромагнитные и палеомагнитные эксперименты.

По результатам терромагнитных экспериментов установлено, что в большинстве образцов основным носителем намагиченности является магнетит. Рассчитанные по характеристической компоненте намагиченности палеомагнитные полюсы имеют координаты 20.3° ю.ш. 51.7° в.д. и овал доверия $A95=15.9^\circ$ для Правотарлашкинского массива и 37.7° ю.ш. 61.6° в.д. и $A95=29.3^\circ$ для Башкымугурского массива. Однако палеомагнитные направления, выделяемые по характеристической компоненте в камптонитовых дайках, значительно отличается от направлений габброидных массивов, что свидетельствует об отсутствии регионального перемагничивания с времени внедрения даек и сохранности первичной намагиченности. Таким образом породы потенциально пригодны для исследования палеонапряженности.

АНИЗОТРОПИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ В ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛАХ БАШКИРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

Аносова М.Б.¹, Латышев А.В.^{1,2}

1. ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

2. МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: mai.anosova@yandex.ru

Изучаемые дайки и силлы преимущественно основного состава относятся к продуктам рифейского рифтового магматизма на Восточно-Европейской платформе (ВЕП). Интрузии прорывают осадочные толщи Башкирского антиклинория (БА, западная часть Южно-Уральской складчатой системы), сформировавшиеся в рифее в условиях эпиконтинентального бассейна ВЕП, развитие которого было осложнено несколькими этапами рифтогенеза. Позднее, в процессе позднепалеозойской коллизии, породы Башкирского антиклинория были надвинуты на ВЕП. В настоящее время БА представляет собой серию пластин, разделенных надвигами ЮВ падения.

По опробованным интрузивным телам были проведены петромагнитные исследования и измерена анизотропия магнитной восприимчивости (АМВ). В случаях, когда максимальная ось (K1) АМВ лежит в плоскости интрузивного тела, а минимальная ось (K3) ей перпендикулярна, ориентацию K1 возможно интерпретировать как направление распространения магмы и такой тип магнитной текстуры называется нормальным. По результатам измерения АМВ в большинстве изучаемых тел, где выделяется нормальный тип магнитной текстуры, ось K1 погружается на запад и северо-запад. С телами с нормальным типом магнитной текстуры были объединены тела с неизвестной ориентировкой контактов, но также погружающейся на З и СЗ максимальной осью АМВ. В сумме около 40% исследуемых интрузий имеют западное и северо-западное направление падения оси K1, для них ориентировка K1 была проинтерпретирована как направление распространения магмы. В исследуемых телах степень анизотропии низкая (<0.5 , реже <0.8), что является признаком первичномагматической магнитной текстуры. Также в большинстве выбранных интрузий ось K3 не совпадает с направлением западного и северо-западного сжатия во время коллизии, что является аргументом против тектонической природы магнитной текстуры в исследуемых телах. Таким образом, магма в исследованных интрузивных телах БА распространялась в восточном и юго-восточном направлении от региональных зон растяжения северо-восточного простирания. Позднее, в процессе коллизии, по этим ослабленным зонам залежились надвиги, являющиеся основными структурными элементами современного строения Башкирского антиклинория.

К ЗАДАЧЕ О НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОКИСЛЕНИИ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА

Афремов Л.Л., Ильюшин И.Г.

*Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий,
Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
e-mail: afremov.ll@dvfu.ru*

В отличие от процесса высокотемпературного окисления, который хорошо описывается диффузионной теорией Вагнера [1], окисление при низких температурах определяется еще и разностью потенциалов (потенциалом Мотта) между границами раздела оксид–адсорбированный кислород и оксид–материал [2]. В приближении постоянства коэффициентов диффузии ионов металла, кислорода и вакансий, теория Кабрера - Мотта [2] качественно описывает окисление плоских тонких пленок. Однако, как показывает эксперимент, в случае наночастиц особое значение приобретает эффект Киркендалла [3]. Поэтому при описании процесса низкотемпературного окисления особую роль играет различие коэффициентов диффузии.

Нами предлагается простая модель описания кинетики окисления сферической наночастицы. Пусть на первом этапе реализуется реакция адсорбции молекул кислорода из газовой фазы на поверхность наночастицы, на втором – происходит ее окисление, а на третьем - диффузия кислорода вглубь частицы. Тогда можно написать уравнения для средней концентрации p атомов кислорода на поверхности частицы, степени ее окисления α и концентрации кислорода в наночастице c :

$$\frac{\partial p}{\partial t} = k_a c(1 - p)^2 - k_1(1 - \alpha)p, \quad \frac{\partial \alpha}{\partial t} = k_1(1 - \alpha)p,$$
$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(D(c) r^2 \frac{\partial c}{\partial r} \right) - k_a c(1 - p)^2.$$

Здесь k_a – константа скорости адсорбции кислорода, k_1 – константа скорости окисления частицы. Задав константы k_a и k_1 , а также зависимость коэффициента диффузии $D(c)$ от концентрации кислорода можно провести моделирование процесса низкотемпературного окисления нанодисперсного магнетита.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Российского Научного Фонда, проект № 22–22–00492.

Литература

- [1] Wagner C. // Z. Phys. Chem. Abt. B, 1933, V. 21, P. 25.
- [2] Cabrera N.F., Mott N. // Rep. Prog. Phys., 1948–1949, V. 12, P. 163.
- [3] Smigelskas A.D., Kirkendall E.O. // Trans. AIME, 1947, V. 171, P. 130.

МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВАХ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ

Белоконь В.И., Дьяченко О.И.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

e-mail: belokon.vi@dvfu.ru

Проведено исследование магнитных свойств сплава со структурой шпинели AB_2X_4 , где А– катион двухвалентного металла (Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+}), В – катион трехвалентного металла (Al^{3+} , U^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+}) и X - анион (F^- , Cl^- , CN^- , Se^{2-} , S^{2-} , Te^{2-}) с использованием метода случайных полей обменного взаимодействия. Определены критические концентрации, при которых наблюдается переход из ферромагнитного состояния в спин-стекольное с последующим переходом в антиферромагнитное состояние. Построена магнитная фазовая диаграмма, на которой приведено сравнение результатов расчета с экспериментом.

ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ПОЛЮСЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ГРАНИЦЫ ПЕРМИ И ТРИАСА

Веселовский Р.В.^{1,2}, Фетисова А.М.^{1,2}

1. МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия

2. Институт физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

e-mail: roman.veselovskiy@ya.ru

Отвечающие современным критериям качества и надёжности палеомагнитные полюсы Восточно-Европейской платформы (ВЕП) для интервала 260-240 млн лет назад крайне немногочисленны и получены, в основном, по осадочным комплексам «стабильной» (внеальпийской) Европы без точной геохронологической привязки. Это существенно усложняет разработку пермо-триасового сегмента кривой кажущейся миграции палеомагнитного полюса ВЕП, которая является основой для решения ряда насущных задач, в частности, оценки масштаба пост-палеозойских относительных движений ВЕП и Сибири, а также Лаврентии в составе Лавразии (Евразии). Терригенный пермо-триасовый комплекс Русской плиты ВЕП давно и активно изучается палеомагнитным методом и по нему в последние годы получен ряд палеомагнитных полюсов [1-3]. В докладе освещается современное состояние проблемы палеомагнетизма пермо-триасового осадочного комплекса ВЕП, приводятся и обсуждаются имеющиеся на данный момент палеомагнитные данные – их качество, надёжность и значимость для решения палеотектонических и других задач. В докладе будет также рассмотрен вопрос оценки эффекта занижения наклона в осадочных породах и значимости этого эффекта для конечных результатов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ №22-27-00597.

Литература:

1. Фетисова А.М., Р. В. Веселовский, В. К. Голубев. Новый 254 млн лет палеомагнитный полюс Восточно-Европейской платформы: Московская синеклиза, разрезы Сухоборка и Сосновка // Доклады российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 510. №2. С. 220-226. DOI: 10.31857/S2686739723600194
2. Фетисова А.М., Веселовский Р.В., Арефьев М.П. Новые палеомагнитные данные по пермо-триасовым осадочным разрезам Московской синеклизы // Учён. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. Науки. 2020. Т. 162. Кн. 2. С. 228–243. doi: 10.26907/2542-064X.2020.2.228-243
3. Фетисова А.М., Голубев В.К., Веселовский Р.В. и др. Палеомагнетизм и магнитостратиграфия опорных пермо-триасовых разрезов центральной части Русской плиты: Жуков овраг, Слукино и Окский съезд // Геология и геофизика. 2022. DOI: 10.15372/GiG2021157

**ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ МЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКИХ
МЕТАГАББРОИДОВ МАССИВА ПАЗ-КОУВ ОАЗИСА БАНГЕРА
(ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)**

Водовозов В.Ю.^{1,2}

*1. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия*

*2. Геологический институт РАН, Москва, Россия
e-mail: vodo7474@yandex.ru*

В работе представлены результаты палеомагнитного анализа 184 образцов мезопротерозойских габброидов, отобранных в 18 точках крупнейшего интрузива оазиса Бангера. В геологическом строении Оазиса принимают участие 8 толщ метаморфических пород от неоархея до мезопротерозоя и не менее 5 комплексов магматических пород мезопротерозоя. Интрузивное брахиморфное (северо-западного простирания) тело «Паз-Коув» имеет площадь выхода около 80 км², породы представлены метаморфизованными кварцевыми габбро, монцогаббро и монцодиоритами. Возраст кристаллизации пород 1170+/-4 млн. лет (Sheraton et al., 1992), в интервале 1170-1150 млн. лет породы испытали метаморфизм амфиболитовой фации (Sheraton et al., 1993). Этот возраст отвечает заключительным стадиям коллизии Олбани-Фрейзер, приведшей к объединению антарктической и австралийской частей кратора Моусон.

Качество палеомагнитной записи разнится – есть точки (они преобладают), где практически во всех образцах выделяются в интервале температур от 470-500 до 570-580 градусов характеристические компоненты, образующие на стереограмме кучные распределения, а есть точки, где таких компонент очень мало или их нет, тут помогли локализовать среднее направление круги перемагничивания. На стереограмме средние направления высокотемпературных компонент ЕОН образуют два почти антиподальных кластера, тест обращения отрицательный ($\gamma/\gamma_c=17.3/10.8$). Среднее направление после обращения одной из полярностей: $D=174.5^\circ$ $I=-17.9^\circ$ $k=29.2$ $a95=6.5^\circ$. Положительный тест контакта с близковозрастными (~1133 млн. лет) долеритовыми дайками дает основание говорить о первичной природе остаточной намагниченности. Палеомагнитный полюс ($Plat=-14.2^\circ$ $Plong=275.5^\circ$ $A95=5.5^\circ$) рассчитан по 18 ВГП, он близок к полюсу долеритового комплекса оазиса Бангера (Водовозов и др., 2023), но отличается как от него, так и от других, более молодых мезопротерозойских полюсов Восточной Антарктиды. Вопрос с возрастом полученного определения остается открытым, вероятно, он соответствует времени частичного метаморфизма пород, т.е. его можно оценить интервалом 1170-1150 млн. лет.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ДАТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА СКОРОСТИ РОСТА СПЕЛЕОТЕМА ПЕЩЕРЫ ВОРОНЦОВСКАЯ (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ)

Гаврюшкин Д.А.¹, Максимов Ф.Е.², Пасенко А.М.¹, Веселовский Р.В.¹

1. ИФЗ РАН, Москва, Россия, dmitry.gavriushkin@gmail.com

2. СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: dmitry.gavriushkin@gmail.com

В настоящем докладе представлены первые результаты определения возраста спелеотема Vog из Воронцовской пещеры (Западный Кавказ), сохранившего запись геомагнитного экскурса, а также оценки продолжительности этого геомагнитного события.

Определения возраста выполнены в лаборатории Геоморфологических и палеографических исследований полярных регионов и Мирового океана СПбГУ двумя независимыми методами: уран-ториевым ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) методом неравновесной геохронологии с использованием α -спектрометрии, и радиоуглеродным методом. Определение продолжительности геомагнитного экскурса проведено методом приростной хронологии (incremental chronology) путем прямого подсчета слоев годичного прироста.

Полученные $^{230}\text{Th}/\text{U}$ изохронные значения возраста изученных образцов составили 7.7 ± 1.4 тыс. лет. Значения возраста по методу ^{14}C , полученные для образцов, соответствующих экскурсу, составили 2350 ± 130 лет BP (калиброванный возраст – 2410 ± 190 лет calBP). Первые данные позволяют предположить, что геомагнитное событие Vog, наиболее вероятно, имело место в голоцене. Однако в целом фрагментарность аналитических данных, в совокупности с их большими погрешностями и признаками открытости изотопных систем по $^{230}\text{Th}/\text{U}$ и ^{14}C , не позволяет надежно обосновать полученные оценки возраста.

С использованием метода приростной хронологии дана оценка продолжительности основной фазы экскурса, составившая 871 ± 16 лет, а также выполнен расчет скорости роста спелеотема, варьировавшей в изученном интервале от 24 до 43 мкм/год, в среднем – 34 мкм/год. Путем экстраполяции полученных значений скорости роста на всю мощность керна, продолжительность роста изученного фрагмента спелеотема Vog оценена в пределах от 5.5 до 9.8 тыс лет, в среднем – 6.9 тыс лет. Такая оценка, хотя и является довольно грубой, позволяет отвергнуть результаты радиоуглеродного датирования как значительно омоложенные.

Таким образом, первые данные позволяют предположить, что геомагнитное событие Vog, наиболее вероятно, имело место не позднее середины голоцена.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-27-00453.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ВЕРХНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Семаков Н.Н.

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука,
г. Новосибирск, Россия*

e-mail: gribidenkozn@ipgg.sbras.ru

Разработка региональных магнитостратиграфических разрезов (шкал) для наиболее важных геологических провинций мира – необходимая составная часть исследований по созданию шкалы геомагнитной полярности континентов, весьма востребованной при изучении эволюции магнитного поля Земли и при решении различных геологоразведочных задач. Так, для одного из крупнейших нефтегазовых бассейнов мира – Западносибирского отсутствуют палеомагнитные данные по верхнему мелу – очень важного временного интервала для этой нефтяной провинции. Цель исследования – разработка шкалы магнитной полярности верхнего мела Западной Сибири путем сопоставления и увязки сводных палеомагнитных разрезов верхнего мела южной, центральной и северной провинций Западной Сибири. Сводный палеомагнитный разрез верхнего мела юга Западной Сибири разработан в результате комплексных исследований в трех ее районах: Омской впадине (скв. 8, 10, 2), Бакчарском железорудном бассейне (скв. С-114, С-124), южной части Кулундинской впадины (скв. 23, 19). Возрастной диапазон – верхний альб-маастрихт. В разрезе зафиксированы четыре верхнемеловые магнитозоны: две прямой $NK_{1-2}(al-st)$ и NK_{2mt} и две RK_{2km} и RK_{2mt} обратной полярности, идентифицируемые с аналогами магнитных хронов С34, С33г, С31г, С30п. Магнитостратиграфический разрез верхнего мела центра Западной Сибири построен на основе исследований 2-х скважин 59П – 31П, возрастной диапазон – средний-поздний турон – ранний маастрихт. Этот разрез состоит из 3-х магнитозон – двух обратной R_1K_{2km} и R_2K_{2mt} и одной $NK_{2}(t-st)$ прямой полярности, сопоставленных с магнитными хронами С34, С33г, С31г. Сводный магнитостратиграфический разрез верхнего мела севера Западной Сибири построен на основе сопоставления 9-ти наиболее информативных скважин из 24-х изученных: 6-ти скважин Харампурской группы (105Н, 106П-Ю, 106П, 109Н, 2073Н, 1049) и 3-х – Часельской (16П, 1П, 5П), возрастной диапазон – верхний сеноман–маастрихт. Разработанный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела Западной Сибири (юг, центр, север) включает пять магнитозон: три – прямой $N_1K_{1-2}(al-st)$, $N_2K_{2km_2}$ и $N_3K_{2mt_2}$ и две $R_1K_{2km_1}$ и $R_2K_{2mt_1}$ обратной полярности. Разработанный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела Западной Сибири сопоставлен с мировой шкалой магнитной полярности Огга [Ogg, 2020].

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ И ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЗДНЕРИФЕЙСКОЙ КАТАВСКОЙ СВИТЫ, ЮЖНЫЙ УРАЛ

*Голованова И.В., Сальманова Р.Ю., Данукалов К.Н., Парфирьев Н.П.
Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра
РАН, 450077, г. Уфа, Россия
e-mail: golovanova@ufaras.ru*

Катавская свита, входящая в состав верхнего рифея (каратавия) является одним из лучших маркирующих горизонтов рифея Южного Урала. Существует два взгляда на природу биполярной высокотемпературной компоненты намагниченности (ВТК) красноцветов катавской свиты. Начиная с первых работ, проводившихся в 70-е годы прошлого столетия, принято считать, что эта намагниченность является метакронной. Вопрос о возрасте намагниченности пород катавской свиты до сих пор окончательно не решен, несмотря на многочисленные доводы в пользу ее первичности, появившиеся в последние годы. В верхней части разреза выявлено очень большое количество смен магнитной полярности. В случае более надежного обоснования первичности намагниченности пород катавской свиты и в зависимости от фактической частоты этих инверсий породы могут фиксировать гиперактивный интервал в течение неопротерозоя. В этом случае породы катавской свиты являются удобным объектом для изучения характера магнитных инверсий.

В работе приводятся новые палеомагнитные данные, свидетельствующие в пользу первичности намагниченности пород катавской свиты. Это: 1) явное сходство магнитостратиграфической записи в отдаленных разрезах, разделенных несколькими десятками и сотнями километров и находящихся в районах с несколько разной геологической историей; 2) четкое совпадение тенденции эволюции направления ВТК намагниченности от нижней части катавской свиты к верхней части и далее к инзерской свите.

Приводятся новые результаты исследований верхней части разреза Юрюзань циклостратиграфическим методом в предположении о первичности намагниченности пород свиты. Средняя скорость накопления отложений катавской свиты в изученной части разреза Юрюзань оценивается примерно 2.1 см/тыс. лет. С помощью процедуры, называемой «еСОСО» (коэффициент эволюционной корреляции) выполнена оценка переменных скоростей седиментации вдоль разреза. Новые результаты циклостратиграфических исследований, позволяют оценивать частоту инверсий и длительность переходных процессов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 23-27-00018.

ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕЛОВОГО СУПЕРХРОНА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ТУРОНА–САНТОНА ЮЗ КРЫМА)

Гужиков А.Ю.¹, Барабошкин Е.Ю.^{2,3}, Рябов И.П.¹, Устинова М.Н.³,
Вишневская В.С.³

1. Саратовский национальный исследовательский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

2. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

3. Геологический институт РАН, Москва, Россия

e-mail: aguzhikov@yandex.ru

Ранее по результатам исследований 4 опорных разрезов туронского, коньякского и сантонского ярусов ЮЗ Крыма, охарактеризованных образцами с 266 уровней, были получены палеомагнитные данные хорошего качества, регистрирующие запись палеогеомагнитных вариаций аномально большой амплитуды (среднеквадратичное отклонение $S=25.9^\circ$ при использовании фиксированного угла отсечения 45° , что примерно в два раза превышает модельные S для данной широты) и многочисленные геомагнитные экскурсы в верхнем туроне, коньяке и сантоне. Нижний, средний и часть верхнего турона, а также верхи сантона отмечены высокими кучностями палеомагнитных направлений. В 2023 г. получена палеомагнитная информация по образцам еще со 104 уровней из трех разрезов турона–сантона ЮЗ Крыма, которые подтверждают обнаруженные ранее закономерности.

Согласно имеющимся данным, аномальное состояние геомагнитного поля, характерное для переходных эпох, доминировало на протяжении ~ 6 млн. лет (поздний турон – сантон). Стратиграфическая полнота разрезов контролируется биостратиграфическими материалами, которые исключают версию о кратковременности записи тонкой структуры поля. Палеомагнитные данные по турону–сантону ЮЗ Крыма принципиально согласуются с данными по разновозрастным отложениям Южной Англии, Поволжья, Туаркыра, Западной Сибири и других регионов, фиксирующими сложную (знакопеременную или аномальную) палеомагнитную зональность туронского, коньякского и сантонского ярусов. В совокупности эта информация предполагает возможность пересмотра существующих представлений о нормальном режиме геомагнитного поля в конце Мелового суперхрона, с учетом того, что альтернативные материалы, свидетельствующие о простой монополярной структуре турона–сантона, немногочисленны и небезупречны.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00091, <https://rscf.ru/project/22-17-00091/>

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНВЕРСИЙ В ПОЗДНЕРИФЕЙСКОЙ КАТАВСКОЙ СВИТЕ, ЮЖНЫЙ УРАЛ

*Данукалов К.Н., Голованова И.В., Парфирьев Н.П., Сальманова Р.Ю.
Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра
РАН, 450077, г. Уфа, Россия
e-mail: danukalov@mail.ru*

Изучение характера протекания инверсий геомагнитного поля вызывает большой интерес в среде палеомагнитологов. Этому вопросу посвящено большое количество работ, особенно в последние 20 лет. Палеомагнитные исследования проводились преимущественно на «молодых» инверсиях, в первую очередь, на инверсии Брюнес – Матуйяма. Выявлены некоторые общие особенности поведения геомагнитного поля во время инверсии: значительное понижение напряженности дипольного поля, наличие во многих случаях кратковременных экскурсов до и после инверсии, достаточно быстрая (первые тысячи лет) смена полярности и др., однако наблюдаются и различия в палеомагнитной записи инверсии, даже при изучении одного и того же перехода. Древние же инверсии почти не изучались, по крайней мере, авторам известна только одна работа группы исследователей ВНИГРИ по катавской свите.

Катавская свита, входящая в состав верхнего рифея, благодаря наличию в верхней ее части интервала гиперактивного поля, является интересным объектом для изучения характера геомагнитных инверсий.

В работе приводятся результаты изучения особенностей протекания по крайней мере 14 инверсий, записанных в породах верхней подсвиты катавской свиты. Всего изучено более 1500 образцов.

На данном этапе исследований предварительно можно сказать, что инверсии отличаются друг от друга характером палеомагнитной записи. Имеются «незакономерные» переходы, по-видимому, обусловленные преобладанием недипольных компонент поля. Существуют очень быстрые (скачкообразные) переходы, при этом нужно помнить, что размер образца для JR-6 соответствует временному интервалу около 1000 лет. Большинство же переходов все же «закономерные», однако и у них имеются особенности: наличие или отсутствие быстрой смены полярности с последующим продолжительным периодом установления стационарного режима поля, запаздывание изменений одного из параметров относительно другого, наличие или отсутствие кратковременных экскурсов до и после инверсии и др. Все это, по мнению авторов, требует дальнейшего подробного изучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-27-00018.

ПЕРИОДИЧНОСТЬ И КИНЕМАТИКА ФОРМИРОВАНИЯ СУ-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТИХООКЕАНСКОГО КОЛЬЦА

Диденко А.Н.^{1,2}, Носырев М.Ю.², Гильманова Г.З.²

¹*Геологический институт РАН, Москва, Россия*

²*Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

e-mail: gin@ginras.ru

Проведенный анализ распределения по возрасту мел-кайнозойских медно-порфировых месторождений Тихоокеанского огненного кольца показал наличие пяти максимумов в интервале 0-120 млн лет. Особенно отчетливо кайнозойские и меловые максимумы выделяются на временной зависимости общего рудного объема всех месторождений за 1 млн лет. На основе спектрального анализа и автокорреляционной функции выявлена наиболее значимая компонента ряда с характерным временем 26-28 млн лет, относительные максимумы которой имеют возраст примерно 0-12, 27-39, 54-66, 81-93 и 108-120 млн лет. Между скоростью спрединга (Muller, Dutkiewicz, 2018; Boulila et al., 2021) и временным рядом общего объема руды Су-порфировых месторождений Тихоокеанского кольца (наши данные) обнаружена значимая отрицательная корреляция, обозначенные выше максимумы объема руды с небольшим опережением предваряются минимумами скорости спрединга.

Используя известные временные последовательности полюсов вращения (Эйлера) для океанических и континентальных литосферных плит Тихоокеанского региона, нами был произведен расчет скорости и направления субдукции океанических плит под континентальные для указанных выше временных интервалов. Именно в эти интервалы были сформированы крупные и суперкрупные Су-порфировые месторождения Тихоокеанского региона: Атлас (108 Ма, 1.4 млрд тонн руды), Малмыж (97-95 Ма, 2.4 млрд тонн руды), Пиббл (89.5 Ма, 7.5 млрд тонн руды), Саффорд (52.5 Ма, 7.3 млрд тонн руды), Чукукамата (33 Ма, 21.3 млрд тонн руды), Эль-Теньенте (5.4 Ма, 20.7 млрд тонн руды), Пангуа (3.4 Ма, 1.4 млрд тонн руды), Грасберг (3 Ма, 4 млрд. тонн руды).

Расчеты показали, что формирование 7-ми из 8-ми обозначенных выше Су-порфировых систем, за исключением Пангуна, шло на фоне изменения скорости конвергенции океанических плит под континентальные. Для всех 8-ми рассмотренных случаев формирование Су-порфировых систем происходило на фоне существенной смены направления конвергенции на активных окраинах океан-континент.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-17-00023). Базовое финансирование за счет субсидий на выполнение госзаданий ГИН РАН (тема № FMMG-2023-0010) и ИТиГ ДВО РАН (темы НИР № 121021000095-1, № 121021000094-4).

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ И ДЗ В КАРТИРОВАНИИ ИНТРУЗИВА СИНЯЯ ЮРТА (ЗАПАДНЫЙ САНГИЛЕН)

Домашайтис А.А.^{1,2}, Добрецов В.Н.², Шелепаев Р.А.^{1,2}

1. Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

*2. Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск,
Россия*

e-mail: a.domashaitis@g.nsu.ru

Интрузив «Синяя Юрта» (ИСЮ) расположен на Западном Сангилене, геологическое строение которого обусловлено результатом коллизии Тануольской островной дуги и Тувино-Монгольского массива в кембрийско-ордовике. ИСЮ расположен на правом берегу р. Нарын, где прорывает кордиерит-гранатовые кристаллосланцы эрзинского комплекса и в свою очередь прорывается Нижненарынским сиенит-фояитовым массивом, Ухадагским комплексом гранитов и дайками лейкогранитов.

Породы ИСЮ представлены оливиновыми габброноритами, в подчиненном количестве встречаются оливиновые габбро, оливиновые нориты, роговообманковые габбронориты с габбровой или пойкилофитовой структурой и массивной текстурой.

Для ИСЮ характерна слабая обнаженность, коренные выходы сосредоточены в береговых обрывах, из-за чего правильно оценить размеры, форму и детали внутреннего строения интрузива довольно проблематично.

В работе использовалось несколько методов дистанционного зондирования, ключевым из которых является вероятностный анализ. На его основе была построена схема распределения классов пород, однако в силу слабой обнаженности габброидов удалось лишь предположить границы массива.

Магнитная съемка позволила более точно оценить строение ИСЮ. Съемка велась с помощью магнитометра MagniPro x4 в автоматическом режиме с шагом измерения – 5 сек, расстояние между профилями – 200 м. Построение карты аномальных значений модуля вектора магнитной индукции выполнено с помощью пакета ArcGIS. Результаты съемки показали, что ИСЮ имеет неправильную форму, вытянутую в субширотном направлении, и площадь в 3,2 кв. км. Помимо основного тела, можно также выделить три отдельных ксеноблока (общая площадь – 0,9 кв. км), находящихся среди гранитоидов Ухадагского комплекса и пород Нижненарынского щелочного массива.

По результатам магнитной съемки и дистанционного зондирования была построена карта-схема геологического строения габброидного интрузива. Помимо этого, удалось верифицировать методику используемого комплекса методов для изучения габброидных тел.

Работа выполнена при поддержке РФФ проект №22-77-00058.

ГРЕЙГИТ В МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ МИКУЛИНСКОГО ГОРИЗОНТА ВЕРХНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА В РАЗРЕЗЕ «ЭТАЛОН» (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Дуданова В.И.^{1,2}, Веселовский Р.В.^{1,2}

1. МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия

2. ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

e-mail: varyanich1212@gmail.com

Грейгит (Fe_3S_4) представляет собой сульфидный аналог магнетита, ферримагнетик, образование которого характерно для морских обстановок в условиях недостатка кислорода. По механизму образования различают грейгит диагенетический, возникший в процессе диагенеза (раннего/позднего), и биогенный, продуцируемый магнитофоссилиями [1]. Поэтому использование содержащих грейгит осадочных толщ в качестве объекта палеомагнитных исследований требует корректного определения механизма и времени образования данного минерала [1,2].

Для определения генезиса грейгита в морских отложениях разреза «Эталон» нами был проведен комплекс петромагнитных исследований (термокаппаметрия, характеристики петель гистерезиса, FORC-диаграммы), в результате которых было установлено:

1) минералом-носителем характеристической компоненты намагниченности в морских отложениях микулинского межледникового горизонта (mIII_{mk}) является биогенный грейгит, сингенетическое образование которого происходило в результате жизнедеятельности магнитотактических бактерий, что свидетельствует о первичности данной компоненты намагниченности;

2) присутствие в средней части морской межледниковой толщи грейгита, возникшего в ходе диагенетических преобразований, выражается в резком увеличении величин скалярных магнитных параметров (k_m и NRM), но не влияет на палеомагнитную запись. Образование грейгита и сохранение в отложениях связано с недостаточным для завершения процесса диагенетической пиритизации количеством органического вещества, что подтверждается геохимическими данными.

Литература:

1. Chang L., Vasiliev I., Baak van C., Krijgsman W., Dekkers M.J. et al. Identification and environmental interpretation of diagenetic and biogenic greigite in sediments: A lesson from the Messinian Black Sea // *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 2014, vol. 15, 3612–3627.

2. Roberts A.P., Heslop D., Zhao X., Pike C.R. Understanding fine magnetic particle systems through use of first-order reversal curve diagrams // *Reviews of Geophysics*, 2014, vol. 52, 2014RG000462, 1–46.

**ОЦЕНКА ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГРАНИЦЫ КЮРИ
В РАЙОНЕ ЗАРЕЧЕНСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ
(ВОСТОЧНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗ.БАЙКАЛ)**

Дядьков П.Г.^{1,2}, Сайлымбы Д.Ю.¹, Михальцов Н.Э.^{1,2},

Есин Е.И.^{1,2}, Евменов Н.Д.¹

1. ИИГГ СО РАН, Новосибирск, РФ

2. НГУ, Новосибирск, РФ

DyadkovPG@ipgg.sbras.ru

Для достоверной интерпретации тектономагнитных эффектов, регистрируемых на стационарном пункте многолетних геомагнитных наблюдений «Стволовая» в районе Зареченской магнитной аномалии (северное окончание Селенгинской депрессии), требуется знание глубины залегания границы Кюри, т.е., с каких глубин мы можем получать информацию об изменении механических напряжений в земной коре за счет действия магнитоупругого механизма.

Кроме того, если будет известна температура Кюри горных пород, слагающих это аномальное тело, то эту температуру можно отнести к глубинам границы Кюри, т.е. к нижней кромке аномального тела. В этом случае можно говорить о независимом способе определения температуры на глубине только по магнитным данным, без использования геотермических данных о тепловом потоке.

На первом этапе была оценена глубина залегания нижней кромки аномального тела с применением нескольких алгоритмов решения обратных задач по данным аэромагнитной съемки масштаба 1:200000. Глубина нижней кромки аномального тела оказалась равной ~ 17 - 18 км при хорошей сходимости результатов инверсии разными методами, в том числе методом DEXP.

На втором этапе была определена температура Кюри аномалиеобразующих горных пород – гнейсов позднеархейского возраста с использованием аппаратуры МФК1-FA с термоприставкой CS4. Температура Кюри оказалась равной 580°-600° С.

Близкое к однородному распределение состава горных пород и их магнитных свойств по глубине обосновывается глубинным заложением интрузии гнейсов, что было определено по ее оконтуриванию гипоцентрами землетрясений, ее большими размерами (~ 25 км x 40 км) и архейским возрастом. Это позволило соотнести температуру Кюри 580°-600°С с нижней кромкой аномального тела на глубине около 18 км.

Исследование поддержано проектом ФНИ FWZZ-2022-0019.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ АБИНСКОЙ СЕРИИ КУЗНЕЦКОГО ПРОГИБА

Елисеев А.А.^{1,2}, Метелкин Д.В.^{1,2}, Михальцов Н.Э.^{1,2}, Абашев В.В.^{1,2},
Виноградов Е.В.^{1,2}

*1. Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,
Российская Федерация*

*2. Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО
РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: Eliseeva@ipgg.sbras.ru*

Магматические покровы абинской серии Кузнецкого прогиба рассматриваются в составе Сибирской крупной изверженной провинции. Активная стадия магматизма Сибирского суперплюма, согласно геохронологическим данным, вероятно, не превышает 1 – 2 млн. лет. Продукты магматической деятельности занимают обширные пространства на территории Сибирской платформы, среди деформированных отложений Южно-Таймырской складчатой системы, а также среди погребенных структур эпипалеозойской Западно-Сибирской плиты. Согласно существующей палеомагнитной корреляции магматизм на территории Кузнецкого прогиба является инициальной стадией проявления суперплюма. Однако большая часть разреза абинской серии не имеет палеомагнитной характеристики. Настоящее исследование посвящено заполнению данного пробела и пересмотру существующей корреляции.

По имеющимся у нас данным магнитостраतिграфическая схема абинской серии включает четыре зоны магнитной полярности. Осадочные породы мальцевской свиты, подстилающие покровы, намагничены геомагнитным полем прямой полярности, тогда как сами покровы этой свиты обратномагничены. В отложениях сосновской свиты, разделяющей магматизм на Кузбассе на два вулканических события, записано поле прямой полярности. В покрове яминской свиты, замыкающей разрез абинской серии, снова зафиксирована обратная полярность.

На основании новых геохронологических, палеонтологических и палеомагнитных данных нижние покровы Кузнецкого прогиба сопоставляются с онкучакской свитой Маймечя-Котуйского района, коротчаевской свитой Западной Сибири, верхнетамской свитой Западного Таймыра и самоедской свитой Норильского района Сибирской крупной изверженной провинцией. Таким образом вулканизм на Кузбассе является не инициальной частью действия Сибирского суперплюма, как предполагалось ранее, а более поздней.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект №21-17-00052).

ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Иосифиди А. Г.^{1,2}, Сальная Н. В.²

1. Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, г. Санкт-Петербург, iosag@mail.ru;

2. Геологический институт РАН, г. Москва, natasavi@inbox.ru

Палеомагнитные исследования девонских отложений Русской платформы ведутся со второй половины 20 века. На первых этапах работ по большинству разрезов была выделена компонента DI, которая связана с позднепалеозойским перемагничиванием пород. Это было обусловлено, в первую очередь, аппаратурной базой палеомагнитных лабораторий СССР, не позволяющей измерять образцы со слабой естественной остаточной намагниченностью, а также сложной палеомагнитной записью, зафиксированной в девонских породах. В данной работе рассмотрены палеомагнитные данные по девонским отложениям Русской платформы, полученные с конца прошлого века по настоящее время. Проведен анализ биполярных компонент естественной остаточной намагниченности, выделены магнизоны прямой и обратной полярности геомагнитного поля. По полученным данным, которые удовлетворяют, как минимум 4 пунктам из 8 (по критериям А. Н. Храмова), построена последовательность положения зон прямой и обратной полярности для девона Русской платформы. Проведено сравнение с магнитостратиграфическими шкалами для палеозоя.

Работа проводилась при финансовой поддержке гранта РНФ 23-27-00461 «Палеомагнитные исследования девонских отложений Восточно-Европейской платформы и ее обрамлений в контексте проверки аномального состояния геомагнитного поля и оценки возможности построения магнитостратиграфической шкалы девона».

МАГНИТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ РАННЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН (СВИТА ФРЕНКЕЛЬРЮГГЕН)

Иосифиди А. Г.^{1,2}, Сальная Н. В.²

*1. Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн РАН, г. Санкт-Петербург,
iosag@mail.ru;*

2. Геологический институт РАН, г. Москва, natasavi@inbox.ru

Общая мощность девонских отложений о. Шпицберген достигает 8 км. Это создает предпосылки получения более полных временных рядов палеомагнитных данных и тем самым более детальную запись поведения геомагнитного поля в девонскую эпоху, чем по разрезам Русской платформы. На северном берегу Лифде-фьорда (г. ПтераспиSTOPпен) в его начале, в береговых обрывах, обнажаются породы раннедевонского возраста серий Ред-Бей (лохковский ярус) и Вуд Бей (пражский ярус). В данной работе представлены результаты изучения образцов горных пород серии Ред-Бей из свиты Френкельрюгген (138 стратиграфических уровней, общая мощность изученного интервала 596 м). Породы представлены переслаиванием коричнево-красных, зеленовато-серых разномерных, часто косослоистых песчаников и алевролитов. Детальное температурное размагничивание раннедевонских пород серии Red Bay (формация Fraenkelryggen) выявило двухкомпонентный состав естественной остаточной намагниченности. По характеристическим компонентам изученных горных пород выделены зоны прямой и обратной полярности. Полученная последовательность магнитозон геомагнитного поля по изученному разрезу удовлетворительно коррелирует с имеющимися общими магнитостратиграфическими шкалами для палеозоя. По полученным и имеющимся в литературе палеомагнитным данным, дана оценка взаимного положения о. Западный Шпицберген (архипелага Шпицберген) и Русской платформы в интервале девон-пермь.

Работы проводились при финансовой поддержке гранта РФФИ 23-27-00461 «Палеомагнитные исследования девонских отложений Восточно-Европейской платформы и ее обрамлений в контексте проверки аномального состояния геомагнитного поля и оценки возможности построения магнитостратиграфической шкалы девона».

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ EM МЕТОДА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОЭРЦИТИВНЫХ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ

Казанский А.Ю.^{1,2}, Корсаков. М.А.³, Антонов Е.Ю.³

1. *Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия*
2. *Геологический Институт РАН, Москва, Россия*
3. *Институт нефтегазовой геологии и геофизики им.А.А Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия*
e-mail: kazansky_alex@mail.ru

В работе [Lee, Scott, 2012] дано подробное описание EM-алгоритма (EM – Expectation Maximization), адаптированного для обработки усеченных и/или цензурированных данных измерений. Также авторы предоставили свободный доступ к демонстрационной версии процедуры, разработанной в среде MATLAB, которая позволяет выполнять подбор двумерных моделей трёхкомпонентной гауссовой смеси к данным, которые усечены, подвергнуты цензуре или одновременно - усечены и подвергнуты цензуре.

Соавторы данной работы выполнили новую реализацию программы, взяв за основу вычислительное ядро процедуры G. Lee и C. Scott. Процедура была адаптирована для обработки одномерных моделей гауссовых смесей с произвольным количеством компонент. В результате была получена реализация программного приложения в среде MATLAB для обработки данных коэрцитивных и гранулометрических спектров и восстановления искомым параметров гауссовых распределений. Приложение позволяет потоковую обработку данных, что позволяет обрабатывать результаты измерений для коллекции образцов в автоматическом режиме.

Приложение было протестировано на синтетических данных, что показало удовлетворительное качество разложения. Обработка реальных коэрцитивных и гранулометрических данных проведена в коллекциях четвертичных отложений байкальского региона. На конкретных примерах обсуждаются результаты разложения реальных данных и ограничения в использовании алгоритма.

Исследования выполнены по проекту РНФ №19-17-00216-П

Литература

Gyemin Lee, Clayton Scott EM algorithms for multivariate Gaussian mixture models with truncated and censored data // Computational Statistics & Data Analysis, Volume 56, Issue 9, September 2012, Pages 2816-2829.

АНАЛИЗ КРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ САМООБРАЩЕНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

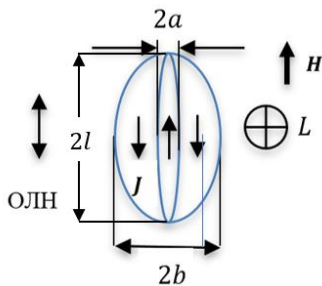
Каримов Ф.Х.

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Таджикистан
e-mail: farshed_karimov@rambler.ru*

Представлено аналитическое обоснование принципиальной возможности обращения намагниченности естественных ферромагнитных минеральных частиц в рамках представлений о непрерывной электронной спиновой плотности их магнитной структуры. Для простоты анализа рассматривается модель ферромагнитной частицы с одноосной магнитокристаллической анизотропией в виде удлинённого эллиптического цилиндра, намагниченного вдоль «оси лёгкого намагничения» (ОЛН), направленной перпендикулярно главной оси симметрии частицы (рис. 1).

Рисунок. Схема частицы с фазами прямой и обратной намагниченностей в её поперечном сечении:

L – длина, l – вертикальная полуось,
 a, b – полуоси внутренней и внешней
частей фаз, соответственно,
 J – намагниченности фаз,
 H – внешнее магнитное поле.



Внутренняя фаза – ядро – намагничена внешним полем противоположно внешней оболочке. Если во время остывания ниже точки Кюри первым намагничивается ядро, то оболочка приобретает намагниченность в магнитном поле этого ядра и во внешнем магнитном. Если вначале остывает оболочка, а затем ядро, то последнее приобретает намагниченность в поле оболочки и во внешнем магнитном. Предполагается, что направления намагниченностей удерживаются энергией магнитокристаллической анизотропии вдоль ОЛН.

Сравнивая полные свободные энергии для однородно намагниченной частицы и самообращённой (Рисунок), можно прийти к следующему аналитическому условию для энергетической выгоды состояния с обращением намагниченности:

$$\frac{H}{J} > \frac{8\pi a(b-a)l}{(a+l)(b+l)(b-2a)},$$

в котором для рассматриваемого на рисунке случая $b > 2a$, a и b определяются из условия минимума полной свободной энергии.

ГЕОДИНАМИКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Коваленко Д.В.

ИГЕМ РАН, Москва, Россия

e-mail: kovmit@yandex.ru

Обобщение палеомагнитных данных по Туве, Монголии и восточному Китаю показало: 1. На территории центральной части ЦАСП выделяются районы с различными палеомагнитными характеристиками: (1) районы расположенные севернее Монголо-Охотской сутурной зоны, (2) Монголо-Охотская сутурная зона, (3) районы западной части южной Монголии и (4) районы восточной части южной Монголии и восточного Китая. 2. Районы расположенные севернее Монголо-Охотской сутурной зоны, судя по палеомагнитным данным, входили в структуру Сибирского континента с ордовика и испытывали аналогичное с ним перемещение. Районы западной части южной Монголии входили в структуру Сибирского континента как минимум с позднего карбона. Геологические комплексы восточной части южной Монголии и блоки восточного Китая в среднем палеозое и раннем мезозое располагались в близком к Северо-Китайскому блоку широтном интервале и испытывали близкие с ним широтные перемещения и аналогичные вращения. 3. Большая разница в палеоширотах для одновозрастных толщ западной и восточной Монголии и восточного Китая предполагает существование тектонической границы, которая разделила блоки с «сибирскими» и «северо-китайскими» палеоширотами к югу от Монголо-Охотской сутурной зоны, приблизительно вдоль меридиана 107°в.д. К западу от меридиана палеошироты формирования позднекарбон-пермских толщ близки к «сибирским», а к востоку от меридиана – к «северокитайским». 4. Ширина Монголо-Охотского океана в позднем палеозое - раннем мезозое составляла 30-40° по широте, это приблизительно 3000-4000 км. Южное ограничение океана, вероятно, было сегментированным и состояло из террейнов разного строения и разного происхождения. Закрывтия соответствующих сегментов МОО происходило в результате коллизии с Сибирским континентом этих террейнов в период от позднего карбона на западе до юры на востоке.

ПЕТРО- И ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТАКТНО ИЗМЕНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Константинов И.К.¹, Константинов К.М.^{1,2}, Хороших М.С.², Киргуев А.А.³

1. *Институт «Сибирская школа геонаук» ИРНИТУ, Иркутск, Россия*

2. *Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия*

3. *Вилуйская ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО), Мирный, Россия*

e-mail: konstantinovkm@ex.istu.edu

Проведены исследования анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) осадочных и магматических горных пород из зон, испытавших воздействие динамо- и контактового метаморфизма в результате тектономагматических процессов (складчатость, трещиноватость, внедрение силлов и даек долеритов, кимберлитовых трубок). Такие зоны эпигенетических изменений горных пород представляют собой петромагнитные неоднородности (ПМН). В зависимости от физического воздействия со стороны интрузивных тел в виде температуры и давления, ПМН целесообразно именовать, соответственно, «обжига» и «стресса». Универсальных диагностических признаков классификации указанных ПМН, с которыми могут быть связаны конкретные виды месторождений полезных ископаемых, пока в практике петрофизических исследований не существует.

Экспериментально подтверждено, что по сравнению с температурой, влияние давления (стресса) на вмещающие породы эндоконтакта отражается в значениях параметров АМВ наиболее контрастно. В ходе лабораторных экспериментов по воздействию на образцы температуры и давления установлены закономерности в изменении значений параметров АМВ, которые целесообразно использовать в качестве петрофизического поискового критерия при интерпретации широкого круга геолого-геофизических данных с целью поисков месторождений полезных ископаемых. Кроме того:

1. По положению плоскости магнитного расслоения эллипсоида АМВ в современной системе координат можно установить элементы залегания горных пород, у которых в коренном обнажении отсутствуют явные признаки напластования или структуры течения, что весьма важно для введения тектонической поправки в векторы характеристической ЕОН, геологической съемки и решения др. задач.

2. В пределах экзоконтакта интрузий по характерным признакам АМВ возможно установить температурную I_{nt} или динамическую I_{pr} природу метакорной ЕОН вмещающих пород.

3. Соответствие типа АМВ (например, осадочный) генезису горных пород (например, терригенно-осадочные) не является строгим доказательством первичности природы векторов ЕОН.

АРХЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ДРЕВНЕЙ МЕТАЛЛУРГИИ ЖЕЛЕЗА В ПРИОЛЬХОНЬЕ (НОВЫЕ ДАННЫЕ)

Константинов К.М.^{1,2}, Снопков С.В.^{1,3}, Кожевников О.Н.⁴,

Давыденко Ю.А.¹, Кузина Д.М.⁵, Валькова Е.Д.¹,

Константинов И.К.¹, Старовойтов А.В.⁵

1. *Институт «Сибирская школа геонаук» ИРНИТУ, Иркутск, Россия*
 2. *Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия*
 3. *Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*
 4. *Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия*
 5. *Институт геологии и нефтегазовых технологий К(П)ФУ, Казань, Россия*
- e-mail: konstantinovkm@ex.istu.edu*

Проведены комплексные петро- и палеомагнитные исследования ориентированных образцов из археологических объектов, представляющих металлургическое производство железа в Приольхонье в начале нашей эры. Целью исследований являлось получение не только скалярных, но векторных и тензорных магнитных параметров (естественная остаточная намагниченность, анизотропия магнитной восприимчивости). Исследования сопровождались изготовлением шлифов и их петрографическим описанием.

В ходе проведения лабораторных работ получен широкий спектр значений магнитных параметров, которые целесообразно использовать для решения таких задач как:

1. Интерпретация и заверка аэромагнитных данных БПЛА по обнаружению таких объектов на территории Приольхонья для рационального проведения археологических раскопок.
2. Изучение характера поведения и напряженности магнитного поля Земли.
3. Изучение истории социального развития древнего населения на основе совершенствования технологических процессов получения и обработки железа.
4. Решение ряда методических вопросов петро- и палеомагнитных исследований, связанных с доказательством природы векторов естественной остаточной намагниченности.

L-ОБРАЗНЫЕ ДИАГРАММЫ АРАИ-НАГАТЫ И НАДЕЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕТОДОМ ТЕЛЬЕ

Костеров А.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
Россия*

e-mail: a.kosterov@spbu.ru

Диаграммы Араи-Нагаты, состоящие из двух (квази)линейных участков с сильно различающимися наклонами, довольно часто встречаются в практике определения напряженности древнего магнитного поля методом Телье. Как правило, наклон более низкотемпературного участка в несколько раз превышает наклон высокотемпературного, и такие диаграммы получили название L-образных. По-видимому, существует несколько механизмов, приводящих к их возникновению: преимущественно многодоменное магнитное состояние носителей термоостаточной намагниченности [Levi, S., Phys. Earth Planet. Inter., 13, 245-259, 1977], разрушение NRM при аномально пониженных температурах за счет отжига механических напряжений в ходе нагрева [Kosterov, A. A., Prévot M., Geophys. J. Int., 134, 554-572, 1998], однофазное окисление титаномагнетитов промежуточного состава [Щербаков, В. П., Грибов, С. К., Афиногенова, Н. А., Цельмович, В. А., Физика Земли, № 5, 70-80, 2020].

Независимо от конкретного механизма возникновения L-образных диаграмм Араи-Нагаты, ясно, что ни один из составляющих ее прямолинейных участков не отвечает истинному значению напряженности древнего геомагнитного поля. L-образную форму диаграммы Араи-Нагаты легко распознать, если во всём температурном интервале, который она охватывает, разрушается лишь одна компонента NRM. В то же время, низкотемпературный интервал часто оказывается «затёрт» вторичными компонентами NRM, и палеонапряженность оценивается лишь по высокотемпературному ($> 500^{\circ}\text{C}$) участку диаграммы Араи-Нагаты, а низкотемпературный оказывается искажен за счёт вторичных компонент NRM. Особенно это характерно для древних, в частности, докембрийских пород, для которых доля таких определений палеонапряженности превышает 50 % общего числа. Соответственно, к этим результатам и к основанным на них выводам об истории геодинамо и эволюции земного ядра необходимо подходить с осторожностью.

ПЕРЕХОД ВЕРВЕЯ В МАГНЕТИТСОДЕРЖАЩИХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПО ДАННЫМ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ

Костеров А.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
Россия*

e-mail: a.kosterov@spbu.ru

В конце 2020 г. был опубликован метаанализ температур Вервея в синтетических магнетитах и природных магнетитсодержащих образцах [Jackson, M. J., Moskowitz, B., Geophys. J. Int., 224, 1314-1325, 2021], который включает более тысячи определений температуры Вервея. Однако, при всей ценности этого анализа, температуры Вервея, включенные в него, определялись по кривым разрушения остаточной намагниченности насыщения LT-SIRM, измеренных, как правило, с шагом 5 К. Соответственно, значения T_V определялись со значительной погрешностью, а информация о поведении кривых размагничивания вблизи фазового перехода игнорировалась.

Научный парк СПбГУ располагает установкой MPMS 3, которая позволяет в рутинном режиме проводить измерения температурных зависимостей магнитного момента в диапазоне от 1.8 до 400 К с разрешением по температуре 0.05 К. Все измерения в рамках исследований, ведущихся в СПбГУ, проводятся именно в таком режиме.

С помощью высокоразрешающих (шаг по температуре 2 К и менее) измерений определены температуры Вервея для 58 образцов магматических и 17 образцов импактных пород. Малое количество измерений пока не позволяет делать далеко идущие выводы о характере распределения температуры Вервея в этих типах пород. Отметим, тем не менее, что в наших данных не наблюдается ощутимого провала в количестве образцов с температурой Вервея между 100 и 108 К (так называемый провал Хонига, Jackson and Moskowitz [2021]), который присутствует в данных, полученных по синтетическим замещенным магнетитам [Honig, J. M., J. Alloys Compounds, 229, 24-39, 1995]. Одной из возможных причин этого несоответствия может быть присутствие других, помимо Ti, примесных катионов в природных магнетитах. Как и ожидалось, ширина перехода заметно растет с уменьшением температуры Вервея. У образцов с $T_V > 112$ К она не превышает 10 К, а у образцов с меньшими T_V может достигать 40 К.

ИЗУЧЕНИЕ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ПО ОСАДОЧНЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ)

Кузина Д.М.¹, Щербаков В.П.², Сальная Н.А.³, Юсупова А.Р.¹, Нургалиев Д.К.¹

1. Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

2. ГО «Борок» ИФЗ РАН, Борок, Россия

3. Геологический институт РАН, Москва, Россия

e-mail: di.kuzina@gmail.com

Задача исследования поведения геомагнитного поля в геологическом прошлом требует разнообразного подхода, включающего в себя постоянный мониторинг мировой базы данных (МБД) по палеонапряжённости (Banc) и её непрерывное наполнение новыми надёжными определениями палеонапряжённости.

В данной статье мы приводим результаты определений палеонапряжённости для кернов осадков, отобранных на озере Шира, Хакасия, Россия. Озеро Шира приурочено к бессточной впадине в пределах Ширинской денудационно-аккумулятивной субравнины. Для детальных исследований выбрана самая длинная колонка №3, количество образцов 254, что соответствует длине колонки в 510 см.

Эксперименты по определению относительной палеонапряженности предусматривали создание и измерение парциальной безгистерезисной остаточной намагниченности (pARM) на образцах, предварительно размагниченных переменным полем. При этом шаги размагничивания и намагничивания были идентичны. Результаты измерений представлялись на диаграмме псевдо-Арай-Нагаты [Tauxe et al., 1995], где по оси x приводились значения создаваемой pARM, а по оси y – величины NRM. Также для всех образцов были проведены стандартные петромагнитные исследования.

Для получения качественных определений относительной палеонапряженности мы использовали прямолинейные отрезки на диаграммах псевдо-Арай-Нагаты с использованием, не менее 4 точек. Интервал размагничивающего поля в основном составляет от 50 до 200-300 мТл, в редких случаях до 400 мТл. При этом, в выбранном диапазоне полей, наблюдается также линейность графика $ARM_{left} - ARM_{gained}$. Также к критериям отбраковки относились такие параметры как: доля разрушенной NRM, среднеквадратичное отклонение прямой на диаграмме Арай-Нагаты от полученных данных.

Показано, что поведение кривой относительной палеонапряженности, полученной по отложениям оз. Шира согласуются с мировыми данными (археомагнитные, модели поля).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 22-47-08001.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ КРАТЕРА БОСУМТВИ, СХОДНОГО ПО РАЗМЕРУ И ВОЗРАСТУ С КРАТЕРОМ ЖАМАНШИН

Кузьмичева М.Ю.¹, Иванов Б.А.¹

*1. Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН,
Москва, Россия*

e-mail: mukuzmgm@gmail.com

Ударные кратеры, обнаруженные на Земле, характеризуются наличием гравитационной и магнитной аномалий. С одной стороны, выброс пород мишени в результате высокоскоростного удара астероида о поверхность и прохождение ударной волны, разрушающей и ослабляющей магнитные свойства приводит к образованию отрицательной магнитной аномалии. С другой стороны, в результате удара образуются импактиты - породы, обладающие повышенной магнитной восприимчивостью, способные при наличии планетного магнитного поля создавать положительную магнитную аномалию.

Авторами было проведено численное моделирование магнитной аномалии кратера Босумтви, результаты были опубликованы в работах [1, 2]. Ударные нагрузки в породах мишени определялись в результате численного решения двумерной цилиндрической системы газодинамических уравнений в задаче об ударе космического тела о поверхность Земли. При проведении моделирования магнитной аномалии использовались также данные о магнитных свойствах пород кратера Босумтви, извлеченных из скважин, пробуренных в центральной части кратера, ссылки на эти данные приведены в работах [1, 2]. Результаты моделирования могут быть использованы для анализа магнитных аномалий применительно к другим ударным кратерам.

Литература

1. М. Ю. Кузьмичева, Б.А. Иванов Моделирование магнитной аномалии, связанной со сложным кратером, на примере кратера Босумтви. *Астрономический Вестник*, 2020, том 54, № 5, с.397- 408.
2. М. Ю. Кузьмичева, Б.А. Иванов Моделирование магнитной аномалии сложного метеоритного кратера Босумтви (Гана) с учетом ударного размагничивания и морфологических особенностей. *Физика Земли*, 2021, № 5, с. 242–253.

ЗАПИСЬ ИНВЕРСИИ МАТУЯМА-БРЮНЕС В ЛЁССОВО-ПОЧВЕННЫХ РАЗРЕЗАХ ТАДЖИКИСТАНА

Кулакова Е.П.^{1,2}

1. *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия*
2. *Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск, Россия*
e-mail: ek.kula@yandex.ru

Последняя инверсия геомагнитного поля Матуяма-Брюнес является важнейшим стратиграфическим репером четвертичных отложений, используемым для их корреляции и хронологии. На территории Южного Таджикистана повсеместно распространены лёссово-почвенные серии мощностью до 200 м, непрерывно накапливающиеся здесь на протяжении всего четвертичного периода. Положение границы Матуяма-Брюнес в них с 70-х гг. относят к лёсса между педокомплексами 9 и 10. Мы детально (с шагом ~2 см) изучили переход Матуяма-Брюнес в двух лёссово-почвенных разрезах: Кульдара и Хонако-II, находящихся на удалении 16,5 км друг от друга. В каждом разрезе изучен интервал мощностью ~5 м, содержащий переход инверсии и участки стабильной полярности над и под ним.

В обоих разрезах переход Матуяма-Брюнес занимает зону около 3 м, однако имеет различное выражение. В разрезе Кульдара переход характеризуется ухудшением качества записи, меньшей величиной намагниченности образцов и часто разбросанностью направлений образцов с одного уровня, что является прямым следствием низкой напряженности геомагнитного поля во время инверсии и, соответственно, слабой степенью магнитного упорядочения. В зоне перехода выделяется 7 скачков полярности и зоны с промежуточными/аномальными направлениями, для которых $-45^\circ < \text{широта ВГП} < 45^\circ$. Переход Матуяма-Брюнес в разрезе Хонако-II является плавным с постепенным изменением величины наклонения через нулевые значения. Практически все образцы из перехода содержат низкоэрцитивную компоненту (до 30 мТл), слагающую до 90% величины намагниченности, со средним направлением $D = 194$, $I = 8$. Можно предположить однонаправленное вторичное перемагничивание пород, однако его природа пока не ясна.

Несмотря на различия в характере перехода, общим является положение границы Матуяма-Брюнес в разрезах: окончание перехода фиксируется в основании педокомплекса 9, соответствующего началу подстадии МИС 19с, что впервые надежно устанавливается для лёссово-почвенных серий Таджикистана. Однако, общепризнанная граница инверсии фиксируется в конце этой подстадии, свидетельствуя о смещении границы вниз на ~1 м в изучаемых лёссовых разрезах.

Исследование поддержано грантом РФФИ №22-18-00568 и выполнено в рамках госзадания ИФЗ РАН.

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ПЕТРОМАГНИТЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ СРЕДНЕВОЛЖСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ Р. АЙЮВА (РЕСП. КОМИ)

Ладыгина Л.А.^{1,2}, Фетисова А.М.^{1,3}

*1. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия*

2. Геологический институт РАН, Москва, Россия

*3. Институт Физики Земли имени О.Ю. Шмидта, Москва, Россия
e-mail: ladurfin@gmail.com*

В результате полевого сезона 2023 года был отобран каменный материал для палео- и петромагнитных исследований из средневожских отложений на р. Айюва (респ. Коми). Наиболее представительный разрез расположен в 3,5 км ниже по течению от д. Керки, на левом берегу р. Айюва (63.69917N 54.22632E). Ранее палеомагнитное изучение верхнеюрских отложений респ. Коми не проводилось, поэтому наше исследование направлено на первичную оценку возможности применения петромагнитных данных для реконструкции условий осадконакопления верхнеюрских отложений этого региона.

Разрез представлен ритмичным чередованием серых известковистых глин и черных сланцев зоны *Dorsoplanites panderi* [1], которые подстилаются алевритистыми глинами кимериджского яруса.

Результаты полевой капшаптерии говорят о том, что глинистые пачки разреза отличаются более высокими значениями магнитной восприимчивости, черносланцевые слои в них хорошо выделяются по более низким значениям этого параметра. Черные сланцы обладают более высокими показателями естественной остаточной намагниченности, чем глины, и вверх по разрезу происходит её увеличение.

Распределение осей анизотропии магнитной восприимчивости говорит о достаточно спокойных условиях осадконакопления: минимальные оси расположены субвертикально, максимальные в основном субэкваториально, средние либо субэкваториальны, либо занимают промежуточное положение. Это согласуется с представлениями о формировании черносланцевой толщи.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №21-17-00245.

Список литературы:

1. Азбель А.Я., Григалис А.А., Кузнецова К.И. Юрская система. Верхний отдел. Европейская часть СССР // Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 5. Фораминиферы мезозоя. Л.: Недра, 1991. С. 64–76.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ НЕОГЕНОВЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ

Латышев А.В.^{1,2,3}, Аносова М.Б.^{2,3}, Латанова Е.А.^{2,3}, Бергаль-Кувикас О.В.³

1. *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, РФ*

2. *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, РФ*

3. *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-
Камчатский, РФ*

e-mail: anton.latyshov@gmail.com

Несмотря на уникальность Камчатки как современной активной континентальной окраины и вулканической области, даже кайнозойская история этого региона содержит множество нерешенных вопросов. Так, практически не изучена тектоно-магматическая эволюция южной Камчатки, где широко распространены неогеновые магматиты. Цель настоящего исследования - составление основы для палеотектонической реконструкции южной Камчатки в миоценовое время, а также типизация магматических событий.

Выполнены палеомагнитные исследования магматитов завойковского комплекса (N_1) и его аналогов на восточной окраине южной Камчатки. Средние палеомагнитные направления рассчитаны для 48 сайтов. Среди них выделены две наиболее представительные дирекционные группы: 1) магматические тела обратной полярности с южными склонениями и умеренными наклонениями ($50-70^\circ$); 2) тела прямой полярности с направлениями, близкими к современным (в основном самые молодые базитовые дайки).

Аргументами в пользу первичности намагниченности являются: 1) положительный тест контакта: в трех локациях прямо намагниченные базальтовые дайки прорывают обратно намагниченные интрузивные тела; 2) положительный тест складки для тел обратной полярности; 3) положительный тест обращения: средние полюсы для групп прямой и обратной полярности статистически неразличимы; 4) широкое распространение первично магматических магнетита и титаномагнетита.

На основе палеомагнитных данных установлено, что последняя фаза деформаций на южной Камчатке имела место после формирования обратно намагниченных интрузий. Образование завойковского комплекса происходило на палеоширотах, близких к современным (53.2°), что свидетельствует в пользу заложения зоны субдукции на камчатской континентальной коре и отсутствия значимых широтных перемещений южной Камчатки после завершения миоценового магматизма.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-77-10019, <https://rscf.ru/project/22-77-10019/>

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ МЕЛОВОГО СУПЕРХРОНА

Лебедев И.Е.¹

1. Институт физики Земли РАН

e-mail: lebedev232@ya.ru

Аномальное состояние геомагнитного поля в кампанское время обсуждалось с начала 21 века в нескольких работах, например, Sager et al, 2000; Mitchel et al., 2021. В последней работе Mitchel с соавторами, полученные аномальные палеомагнитные направления по осадочным породам северной Италии, предполагает объяснять, как не крупное, но событие TPW (True Polar Wander). Однако, как известно, осадочные породы имеют свойство осреднять палеомагнитный сигнал за некоторый промежуток времени, поэтому данную гипотезу имеет смысл проверить и на магматических породах.

Вулканические образования кампанского времени весьма широко развиты на Северо-Востоке России. В это время в регионе формировалась терминальная стадия Охотско-Чукотского вулканического пояса – одного из крупнейших окраинно-континентальных вулканических провинций на Земле. Представлена она так называемыми «Верхними базальтами» мыгдыкитской свиты. Данные базальты отбирались для палеомагнитных исследований в двух разрезах на Ольском и Хетском плато, где было отобрано 77 и 12 вулканических потоков соответственно. Породы обладают отличным качеством палеомагнитной записи, а ее первичность поддерживается положительным тестом контакта.

Среднесайтовые направления по разрезу четко бьются на три кластера, причем кучность направлений внутри кластеров очень высока, а между средними по кластерам угловая разница около 20°. С учетом достаточно узких возрастных рамок изученных разрезов трудно объяснить столь значимую разницу в направлениях тектоническими движениями какого-то террейна. Поэтому наиболее вероятной гипотезой объяснения подобных кластеров направлений является идеи об аномальном поле или TPW. Однако, по сравнению с работой Митчела мы наблюдаем существенно большие отклонения направлений от ожидаемых. Тем не менее наши палеомагнитные данные по вулканическим породам скорее поддерживают идею о аномальном состоянии поля в кампанское время.

Несмотря на кажущиеся очевидными проблемы с геомагнитным полем в это время, направление по одному из кластеров схоже с ожидаемым, к тому же он поддерживается направлениями по соседствующим с вулканитами комагматичным интрузивным телам. Этот кластер был выбран для расчета палеомагнитного полюса, который также позволил сделать некоторые тектонические выводы для данного региона.

**ТЕРМОМАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕОРДОВИКСКИХ
ОСАДОЧНЫХ ПОРОД РАЗРЕЗА Р. ЛЫННА
(ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.)**

Леонова М.А., Марков Г.П.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

e-mail: gmarkov@yandex.ru

Осадочные последовательности являются наиболее полным и перспективным архивом импактных событий на Земле. Следует отметить, что задача обнаружения импактных горизонтов петромагнитным методом в осадочных последовательностях, насколько нам известно, раньше никогда в явном виде не ставилась.

В докладе представлены первые результаты петромагнитных исследований - терромагнитного анализа по температурной зависимости магнитной восприимчивости $k(T)$ образцов осадочных пород среднеордовикского разреза р. Лынна (Ленинградская область), в котором присутствует импактный слой, обогащенный метеоритным веществом от разрыва родительского тела L-хондрита примерно 470 млн. лет назад, положение которого на стратиграфической шкале достаточно точно определено.

Терромагнитный анализ проводился с помощью *Kappabridge MFK1-FA* при нагреве образцов до 700°C и последующем охлаждении от 700°C до комнатной температуры на воздухе со скоростью 12°/мин.

По предварительным результатам выделяются три группы образцов с различными терромагнитными кривыми нагрева-охлаждения $k(T)$:

1) практически обратимые кривые при нагреве-охлаждении; 2) кривые с образованием при охлаждении одной новой магнитной фазы с температурой Кюри 300-380°C; 3) кривые с образованием при охлаждении двух новых магнитных фаз с температурами Кюри 300-380°C и 460-480°C. Это свидетельствует о неоднородности исследуемого разреза по температурной зависимости восприимчивости $k(T)$.

Дальнейшие петромагнитные исследования разреза р. Лынна и других среднеордовикских разрезов (Мишина Гора, р. Мойеро) позволят установить петромагнитные индикаторы импактного слоя с повышенным содержанием метеоритного вещества.

ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ ПОРОД: НОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Лубнина Н.В., Бычков А.Ю.

1. Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: natalia.lubnina@gmail.com

Перемагничивание традиционно рассматривается как фактор, ограничивающий использование палеомагнитного метода для геотектонических реконструкций. Установление причин и геодинамических условий, определяющих неоднократное перемагничивание пород, и выявление возможных факторов, приводящих к избирательной записи этих событий докембрийскими комплексами, является актуальной научной задачей.

Традиционно под перемагничиванием пород подразумевается процесс, который частично или полностью «затушевывает» первичную компоненту намагниченности в результате воздействия трех основных агентов: температуры, давления и гидротермальных флюидов. В зависимости от сочетания Р–Т режимов традиционно различают термовязкое и химическое перемагничивание.

Обычно при палеомагнитных исследованиях выделяют метахронную компоненту, вторичную природу которой доказывают на основании тестов палеомагнитной надежности. Активное развитие изотопных методов сделало возможным датировать различные наложенные процессы.

В многочисленных публикациях показано, что различные по составу породы, содержащие различные минералы-носители намагниченности, могут перемагничиваться по-разному. Верно и обратное утверждение – магнитные минералы в разных по составу (кислые ↔ основные) и генезису (магматические ↔ осадочные) породах при одинаковых условиях чаще всего перемагничиваются по-разному.

Для понимания процессов химического перемагничивания нами в 2018 году была разработана и изготовлена уникальная установка, позволяющая проводить эксперименты по взаимодействию вода–порода в регулируемом магнитном поле при температуре до 450° С и давлении до 1 кбар.

Изучение образцов позволило выявить несколько факторов, способствующих химическому перемагничиванию за счет образования вторичного однодоменного магнетита: (1) минеральный состав породы и (2) концентрация хлорида натрия в растворе. В высококонцентрированных растворах образование магнетита происходит быстрее. Скорость образования магнетита в образцах оливинитов и пироксенитов пропорциональна квадратному корню от времени, что соответствует модели диффузионного контроля метасоматических реакций.

**К ВОПРОСУ КОНФИГУРАЦИИ ДЕВОНСКОГО
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПРИЧИНАХ
ПСЕВДОХАОТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ВЕКТОРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ
БАЗИТОВ МИНУСИНСКОГО ПРОГИБА**

Лузан М.Е.¹, Метелкин Д.В.^{1,2}, Елисеев А.А.^{1,2}

1. Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

2. Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука,

Новосибирск, Россия

e-mail: m.luzan@gsnu.ru

Палеомагнитные направления, фиксируемые в породах девонского возраста, часто имеют хаотическое распределение, что связывают со сложной геометрией магнитного поля Земли на фоне сильных вариаций величины палеонапряженности. Для изучения этой проблемы предпринята попытка детального анализа обширной коллекции (376 образцов) ранне-среднедевонских базальтов быскарской серии и комагматичных им габбро-долеритов кузменского комплекса, распространенных на территории Минусинского прогиба. С использованием подходов кластерного анализа в псевдохаотическом распределении выделенных компонент намагниченности установлено четыре статистически значимые группы, отличающиеся высокой плотностью. Первая включает антиподальные направления, и рассчитанный по ним палеомагнитный полюс ($Plat = -3.4$; из траектории кажущегося движения полюса Сибири. Мы полагаем, что эта группа направлений отражает конфигурацию главной дипольной компоненты девонского геомагнитного поля. Вторая группа также включает векторы прямой и обратной полярности, которые наклонены относительно главной дипольной компоненты на угол 85° . Можно предположить, что направления остаточной намагниченности этой группы связаны с экваториальным диполем. Две оставшиеся группы имеют направления только одной полярности и, возможно, отвечают записи аномалийных источников высокой интенсивности на фоне падения величины дипольного момента. Выполненные эксперименты по оценке палеонапряженности методами Телье-Коэ и Вилсона дали значения $4 - 7$ мкТл, что заметно ниже современных. Таким образом, мы предполагаем, что главной причиной псевдохаотической картины распределения палеомагнитных направлений в девоне является переменное увеличение вклада различных компонент геомагнитного поля на фоне резкого снижения главной дипольной составляющей.

Работа выполнена при поддержке РФФ проект №21-17-00052.

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ПОРОДАМ, СФОРМИРОВАННЫМ В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ

Максимочкин В.И.¹, Зинкин Д.В.¹

1. *Физический факультет МГУ имени В.М. Ломоносова, Россия*
e-mail: maxvi@mail.ru

Палеонапряженность геомагнитного поля определяется в основном по магматическим породам. В большинстве случаев используются методы Телье-Коэ или Буракова-Вилсона. В этих методах сравниваются термомагнитные свойства естественной остаточной намагниченности с термоостаточной намагниченностью, полученной на этой же породе в лаборатории при нормальном давлении. Если для эффузивных пород такое сравнение правомерно, то для интрузивных пород, которые формируются при повышенных давлениях, может получиться ложный результат.

В связи с этим на образцах интрузивных пород Сибирской платформы и Кузнецкого прогиба Сибирского кратона проведено образование искусственной термоостаточной намагниченности (TRMr) в условиях одноосного и квазиодноосного сжатия при различных давлениях. По этой намагниченности проведено восстановление величины магнитного поля методом Телье-Коэ.

Установлено, что во всех случаях при повышенном давлении по оси квазиодноосного сжатия формируется термоостаточная намагниченность (TRMr) меньшей величины, чем при нормальном давлении.

На образцах Кузнецкого прогиба Сибирской платформы величина TRMr при P=80 МПа оказалась приблизительно на 40-50% меньше, чем образованная при нормальном давлении. Расчетное значение поля, определенное по TRMr занижено примерно на такую же величину. Для пород, содержащих магнитные зерна близкие к однодомным зависимость TRMr(P) практически линейна.

На базальтах Мокулаевской свиты Норильского района расчетное значение магнитного поля на 45% ниже истинного для TRMr, сформированной при 150 МПа. На щелочных лампрофитах из дайки маймеча-котуйского комплекса оливин содержащих габбро-долеритах Черногорской интрузии норильского комплекса и габбро-долеритах силла катангского комплекса, магнитные свойства которых в основном определяются минералом близким по составу к магнетиту, эффект влияния давления несколько меньше: $TRMr/TRM = 0.49-0.75$, при P=150 МПа, $H_{расч}$ меньше истинного на (23-30) %.

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ СЖАТИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА ТЕРМОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ БАЗАЛЬТОВ

Максимочкин В.И.¹, Павлов А.С.¹

*1. Физический факультет МГУ имени В.М. Ломоносова, Россия
e-mail: maxvi@mail.ru*

В методиках Телье-Коэ или Буракова-Вилсона определения палеонапряженности геомагнитного поля по магматическим породам сравниваются термомагнитные свойства естественной остаточной намагниченности с термоостаточной намагниченностью, полученной на этой же породе в лаборатории. Эксперименты в лаборатории, как правило, проводятся при нормальном давлении. Если для эффузивных пород такое сравнение правомерно, то надежность определения палеонапряженности по породам, сформированным в стрессовых условиях (интрузивные породы или подводные базальты), вызывает сомнение.

В связи с этим исследованы свойства искусственной термоостаточной намагниченности (TRMr), образованной в условиях одноосного и квазиодноосного сжатия на образцах базальтов со дна Красного моря и с вулкана Толбачик. Проведено определение величины магнитного поля методом Телье-Коэ.

Установлено, что во всех случаях при повышенном давлении по оси одноосного или квазиодноосного сжатия формируется термоостаточная намагниченность (TRMr) меньшей величины. Величина TRMr зависит от направления магнитного поля относительно оси преимущественного сжатия: влияние давления максимально при параллельной ориентации и минимально при перпендикулярной ориентации поля относительно оси сжатия. При $P=100$ МПа величина TRMr оказывалась на 30-50% меньше, чем образованная при нормальном давлении. Расчетное значение поля, определенного методом Телье-Коэ по TRMr также оказывалось занижено примерно на такую же величину. Выявлена корреляция между величиной термоостаточной намагниченности TRMr и расчетным значением поля.

На образцах базальта Красного моря было показано, что эффект влияния давления на формирование термоостаточной намагниченности и определение палеонапряженности зависит от направления магнитного поля, действовавшего во время ее образования: $TRMr/TRM=0.53, 0.67, 0.77$ при параллельной ориентации, под углом 45 и 90 градусов между осью сжатия и направлением магнитного поля, соответственно. Расчетное значение магнитного поля для этих случаев оказалось меньше, чем поле создания TRMr, на 41%, 20% и 10%.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СИБИРИ ПО ДАННЫМ ПАЛЕО- И ПЕТРОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Матасова Г.Г.^{1,2}, Казанский А.Ю.^{2,3}, Щетников А.А.^{1,2,4}, Филинов И.А.^{1,2}

1. Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

2. Геологический Институт РАН, Москва, Россия

3. Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

4. Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

e-mail: galinamatasova@mail.ru

Позднеплейстоценовые отложения Западной Сибири объединены в Субаральную формацию (СФ). Многолетние исследования нашего коллектива позволили расширить временные и пространственные рамки развития субаральных осадков и предложить название Сибирская СФ (ССФ), включив в нее четвертичные отложения Средней и Восточной Сибири. Максимальная мощность отложений - 120 м (Западная Сибирь), наиболее древние образования по палеонтологическим и палеомагнитным данным 1.8-2 млн. лет (Забайкалье). Осадочный покров Сибири представлен циклично построенными толщами с чередованием слоев субаральных отложений, представленных лессовидными осадками и песками, и горизонтов ископаемых почв. Палеомагнитные исследования позволили обнаружить интервалы смены полярности геомагнитного поля. Примеры осадочных толщ эпохи Матуяма в Западной и Средней Сибири пока немногочисленны, но в Восточной Сибири их много. До сих пор возрастная модель субаральных отложений Сибири строилась на базе границы Брюнес-Матуяма и экскурсов магнитного поля. Из других параметров наиболее часто для характеристики магнитных свойств отложений используются магнитная восприимчивость (МВ) и, в меньшей степени, частотная зависимость магнитной восприимчивости (FD, %). В многочисленных исследованиях показана климатическая обусловленность этих параметров. На их основе нами реконструирована Сибирская климатическая запись и разработаны принципы ее применения. Механизм фиксации изменений палеоклимата в большинстве сибирских осадков представляет собой переходный вариант от Аляскинского (ветрового) к Китайскому (педогенному) механизму. Различная степень выраженности этих механизмов в Сибирской записи позволила подразделить последнюю на слабую, среднюю и сильную; соотнести их с палеомагнитным возрастом осадков; установить пространственно-временные закономерности изменений климата в различных частях Сибири. Результатом исследований является возможность оценить возраст отложений ССФ уже на этапе полевых измерений МВ.

Исследования выполнены по проекту РНФ №19-17-00216-П

ПАЛЕО- И ПЕТРОМАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЁССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЙ ВЕРХНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ХОНАКО-II

Мещерякова О.А.^{1,2,3}, Курбанов Р.Н.²

1. Институт Физики Земли Российской академии Наук, Москва, Россия
2. Институт Географии Российской академии Наук, Москва, Россия
3. Институт Археологии и Этнографии СО РАН, Москва, Россия
e-mail: oliya@ifz.ru

В данной работе представляются результаты исследования лёссово-почвенных серий Таджикистана палео-и петромагнитным методами. Основным объектом исследований является верхняя часть опорного лёссово-почвенного разреза Хонако-II (Афгано-Таджикская депрессия, Южный Таджикистан, Ховалингский район).

На основе сопоставления кривой магнитной восприимчивости со шкалой морских изотопных стадий (МИС) получены возрастные ограничения на возраст верхней части опорного разреза Хонако-II. В частности, установлено соответствие первого педокомплекса стадии МИС 5 морской изотопной шкалы.

В ходе исследования была изучена магнитная текстура отложений по анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ), в результате была определена пригодность данного разреза для реконструкции ветров по АМВ. Установлено преобладающее направление ветров ССЗ-ЮЮВ и ССВ-ЮЮЗ направлений в верхнем плейстоцене на территории Южного Таджикистана как в холодные, так и в теплые периоды. Показано, что во время накопления лессов преобладали сильные ветры, в период формирования почв ветры были значительно слабее.

С использованием численного моделирования произведена оценка влияния осреднения сигнала и занижения наклона на искажение палеомагнитной записи и на параметры палеомагнитных вариаций (амплитуда вековых вариаций S_p , степень вытянутости распределения направлений E , направление вытянутости этого распределения D_{V_2}). Получены численные оценки вероятности обнаружения экскурсов разных типов в палеомагнитной записи верхних горизонтов этого разреза. Эти оценки указывают на малую вероятность нахождения в разрезе Хонако-II экскурсов, длительность которых составляет первые тысячи лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 22-18-00649.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДКОВ ОЗЕРА ВОДОРАЗДЕЛЬНОЕ, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Минюк П.С., Пожидаева Д.К., Морозова М.А.

*ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский
институт им. Н.А.Шило ДВО РАН, Магадан, Россия
e-mail: dashapozhidaeva01@gmail.com*

Озеро Водораздельное (неформальное название, 63°44.150' с.ш., 148°13.105' в.д.) расположено в Сусуманском районе Магаданской области. Длина его составляет 200 м, ширина — 110 м, максимальная глубина 2,5 м, абсолютная отметка уровня воды 1074 м. Оно находится в Момонтайской впадине в области распространения ледниковых отложений позднего плейстоцена.

В озерных отложениях пробурено 2 скважины ВД-1 и ВД-2, мощностью 196 и 181, см, соответственно. Осадки скважины ВД-1 представлены темно-серыми неслоистыми органогенными илами в слое 1 (0–155 см), темно-серыми, серыми, неслоистыми алевритами в слое 2 (155–180 см) и оливково-серыми алевритами с дресвой в основании в слое 3 (180–196 см). Прослой тефры (0,5 см) кислого состава, коррелируемой с тефрой вулкана Курильского озера на Камчатке (7600 лет), отмечен на глубине 108 см.

Осадки исследовались петромагнитными, геохимическими, палинологическим, оптическим, минералогическими методами.

Для слоя 1 скалярные магнитные величины низкие, вследствие разбавления терригенного материала органикой и биогенным кремнеземом. Средние значения МВ составляют $0.08 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$; $J_{rs} = 0.0012 \text{ Ам}^2/\text{кг}$; $J_s = 0.0033 \text{ Ам}^2/\text{кг}$. В слое 2 средние значения магнитных параметров ниже: $MV = 0.11 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$; $J_{rs} = 0.0009 \text{ Ам}^2/\text{кг}$; $J_s = 0.002 \text{ Ам}^2/\text{кг}$. Нижняя часть разреза (слой 3) более магнитная: МВ (средние) = $0.21 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$; $J_{rs} = 0.021 \text{ Ам}^2/\text{кг}$; $J_s = 0.034 \text{ Ам}^2/\text{кг}$. Среди аутигенных железосодержащих минералов диагностированы однодоменный грейгит ($Fe:S = 1.1-1.3$) и многочисленные фрамбоиды пирита. Для отложений слоя 1 характерны высокие содержания SiO_2 (до 92%), потерь при прокаливании (= органика) (до 56%), CaO (до 4,4%). В осадках слоев 2 и 3 выше содержания «детритовых» элементов – Al_2O_3 (до 26,5%), TiO_2 (до 0,71%), K_2O (до 4,2%), Mg (до 2,07%).

Осадки оз. Водораздельное включают переходные слои от позднего плейстоцена («холодный» климат) к голоцену («теплый» климат). Резкая смена геохимических характеристик проходит между слоем 1 и 2, смена спорово-пыльцевых спектров – между слоем 2 и 3. Величины МВ, J_s , J_{rs} направлены уменьшаются внизу-вверх по разрезу с повышенными пиками значений, обусловленными аутигенными магнитными минералами.

Исследования выполнены за счёт средств Российского научного фонда, проект № 22-27-00444.

РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОМАГНИТОРАЗВЕДКИ НА РОМАШКИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ НЕФТИ И ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Насыртдинов Б.М.¹, Старовойтов А.В.¹, Хамиев М.М.¹

1. ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет",
Казань, РФ

e-mail: Bullet.Nasyrtdinov@kpfu.ru

В рамках проекта Научного центра мирового уровня была проведена аэромагнитная съемка на Ромашкинском нефтегазовом месторождении с использованием беспилотных летательных аппаратов (БВС), для этого был использован электрический гексакоптер DJI Matric 600 Pro, по профилю протяженностью 68 километров 320 метров.

Съемка производилась в соответствии со следующей схемой: маршрут во время полета состоял из трех параллельных залетов (основных профилей) и одного пересекающего залета (перпендикулярный профиль). Расстояние между соседними параллельными залетами равнялось 100м. Каждый полевой день строились полетные задания, таким образом чтобы профили перекрывались с соседними вылетами величиной не менее 100м и траектория движения совпадала с предыдущим вылетом, а так же для оптимизации процесса для двух соседних вылетов выбиралась одна точка взлета/посадки. За один вылет в течение 20–25 минут БВС с магнитометром покрывал профиль величиной равной 1,25 км. Максимальная величина полета (от момента взлета до момента посадки) не превышала 6–6,5 погонных км Максимальное количество вылетов в день составляло от 10 до 12. Данная методика позволила покрывать до 45 погонных километров на протяженном участке даже в сложных погодных условиях (дождь и порывы ветра 8–12 м/с). Итоговая среднеквадратичная погрешность данной съемки составила ± 4.7 нТл.

В результате проведенной съемки были получены 3 профиля со значением индукции магнитного поля на протяженном участке. Выводы. Наблюдается хорошая корреляционная зависимость между аэромагнитной съемкой с данными блокового строения фундамента (по данным геоморфологического анализа), с локальной компонентой кристаллического фундамента. Алтунино-Шунакский разлом уверенно проявляется в магнитном поле в виде положительной аномалии с амплитудой ≈ 60 нТл.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению № 075-15-2022-299 в рамках программы развития НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты»

**ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО И
ПАЛЕОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
СОВРЕМЕННЫХ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА
БАЛХАШ, КАЗАХСТАН)**

Нургалиев Д.К., Кузина Д.М., Крылов П.С., Косарева Л.Р., Ясонов П.Г.,
Борисов А.С.

*Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанский федеральный
университет, Казань, Россия
e-mail: Danis.Nourgaliev@kpfu.ru*

Донные отложения современных озер являются замечательными архивами природных процессов. В КФУ разработана удобная технология для их исследования, включающая сейсмоакустическую разведку донных отложений, гидравлическое бурение, отбор кернов и образцов для магнитно-минералогического и палеомагнитного анализа.

Сейсмоакустика позволяет выделить для отбора участки ненарушенного и наиболее полного разреза донных отложений, желательно – без газонасыщения.

Комплексный лабораторный анализ включает магнитные измерения (МВ, КС, ТМА и ЕОН), химический анализ образцов (РФА, ICP-MS и др.), палинологические и другие палеобиологические исследования.

Основной компонентой-помехой в ЕОН являются лабораторная и естественная вязкие намагниченности. Характеристические (древние) направления ЕОН обычно получают при чистке переменным магнитным полем. Обычно отбирается несколько колонок, которые потом коррелируются по вариациям МВ и суммируются. Временной масштаб осадков получают радиоуглеродным методом. Возраст древней ЕОН несколько отличается от возраста осадков. Реальный возраст может быть установлен в результате сравнения записей из озерных осадков с обсерваторскими и археомагнитными данными по региону.

По анализу магнитно-минералогических и палеомагнитных данных из донных отложений о. Балхаш получены вариации склонения и наклонения древнего геомагнитного поля за последние 5000 лет. Также получена картина изменений окружающей среды за это же время на основе магнитных, литогеохимических и палинологических данных.

ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАГНЕТИЗМА ГОРНЫХ ПОРОД В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

Нургалиев Д.К., Кузина Д.М., Косарев В.Е., Насыртдинов Б.М.

Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанский федеральный университет, Казань, Россия

e-mail: Danis.Nourgaliev@kpfu.ru

Магнитные материалы, и частицы имеют широкое распространение как в природных, так и искусственных объектах. Магнитных параметров очень много, они легко измеряются, устройства для их измерения во многих случаях достаточно дешевые и простые. Основные сферы применения магнитных методов в нефтегазовой геологии.

1. При интерпретации материалов магнитных съемок изучение магнитной восприимчивости (МВ), естественной остаточной намагниченности (ЕОН), магнитной минералогии – термомагнитного анализа (ТМА) пород для выявления влияния миграции углеводородов (при поисках залежей), горения углеводородов (при мониторинге процесса внутрипластового горения).

2. Магнитный каротаж для определения глинистости карбонатных пород. В кернах горных пород – измерение парамагнетизма для оценки глинистости, с использованием коэрцитивной спектрометрии (КС), анизотропии магнитной восприимчивости для оценки стрессов, ориентирование образцов по вязкой намагниченности,

3. Изучение катализаторов на основе Fe и Ni в процессе каталитического акватермолиза в лаборатории и подземном резервуаре. Исследование магнитных параметров до и после лабораторного эксперимента для оценки характера сорбции и степени отработанности катализатора.

4. Измерение МВ добываемой нефти (флюида) с целью обнаружения частиц катализаторов на основе Fe и Ni для оценки эффективности процесса.

5. Изучение магнитных параметров (МВ, ЕМА, КС) Fe-Ni катализаторов для оценки их отработанности.

6. Использование феррожидкостей для исследования порового пространства коллекторов нефти и газа, использование феррожидкостей для управления процессом добычи.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению № 075-15-2022-299 в рамках программы создания и развития НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты»

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВАРИАЦИЙ ДРЕВНЕГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Павлов В.Э.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

e-mail: pavlov.ifz@gmail.com

Для описания вековых геомагнитных вариаций на геологических масштабах времени в последние десятилетия широко используются статистические модели, наиболее популярной из которых в настоящее время является модель ТК03 [Tauxe and Kent, 2004]. Эта модель (как и другие статистические модели) позволяет численно охарактеризовать амплитуду вековых геомагнитных вариаций и форму распределения палеомагнитных направлений, рассматриваемых как прямо отражающих направления геомагнитного поля исследуемого интервала геологического времени. Для этого используется три основных параметра: разброс виртуальных геомагнитных полюсов S_b , вытянутость распределения палеомагнитных направлений E и направление вытянутости распределения палеомагнитных направлений D_{V_2} . В докладе будут представлены результаты математического моделирования, которые позволяют оценить устойчивость расчетных значений этих параметра в зависимости от широты отбора, числа использованных для его определения образцов, длины временного ряда, по которому определяется этот параметр, а также от занижения наклона и степени осреднения, если эти параметры определяются в осадочных породах. Также будет рассмотрен вопрос о том, в какой степени параметр D_{V_2} может быть чувствителен к присутствию в суммарном геомагнитном поле экваториальной дипольной составляющей и к ее характеристикам.

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ СВЯЗЬ МЕЖДУ ЭВОЛЮЦИЕЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, ПРОИСХОДЯЩИМИ В ГЛУБИНАХ ПЛАНЕТЫ И НА ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ?

Павлов В.Э.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

e-mail: pavlov.ifz@gmail.com

Существование связи между эволюцией геомагнитного поля и планетарными геодинамическими процессами открывает широкие возможности для изучения планетарных геодинамических явлений через изучение эволюции геомагнитного поля. Если такая связь действительно существует, то палеомагнитные данные могут являться крайне важным источником данных для палеогеодинамических исследований, а через изучение такой связи могут быть существенно развиты наши представления о нашей планете как о сложной системе, включающей в себя различные взаимодействующие элементы. Существование такой связи в перспективе может позволить построить относительно простую картину эволюции планеты, в которой многообразие различных явлений и наблюдаемых фактов может быть объяснено через взаимодействие ограниченного числа наиболее важных процессов. В настоящем докладе рассматриваются имеющиеся на настоящий момент аргументы за и против существования такой связи, которые включают общефизические соображения, наблюдаемые (?) на протяжении геологического времени особенности в эволюции характеристик геомагнитного поля Земли и данные численного моделирования. Приводится ряд схем, увязывающих эволюцию магнитного поля и ряда важнейших геодинамических событий (формирование внутреннего ядра, образование плюмов). На примере гипотезы о связи мантийных лавин с возникновением геомагнитных суперхронов (Hulot and Gallet, 2003), рассматривается возможность тестирования геодинамических моделей с использованием данных численного моделирования геодинамо.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТА ВНУТРИФОРМАЦИОННЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ В КАТАВСКОЙ СВИТЕ ПОЗДНЕГО РИФЕЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Парфирьев Н.П., Данукалов К.Н., Голованова И.В., Дьякова С. А
*Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра
РАН, 450077, г. Уфа, Россия
e-mail: parfirjev.nikita@yandex.ru*

С целью проверки представлений о времени образования высокотемпературной компоненты (ВТК) намагниченности известняков позднерифейской катавской свиты на Южном Урале выполнены детальные петрографические, электронно-микроскопические и палеомагнитные исследования плоскообломочных синседиментационных карбонатных брекчий из трех блоков пород – один блок из г. Миньяр и два блока из г. Катав-Ивановск. Петрографические и электронно-микроскопические исследования показали, что гальки соответствуют по составу вмещающему матриксу, что дает возможность применения теста внутриформационных конгломератов. Результат теста удовлетворяет критерию Грэхэма. Во всех изученных блоках распределение палеомагнитных направлений для галек в целом хаотичное, кучность не превышает 3. Средние палеомагнитные направления для галек имеют большой овал доверия и значительно отличаются от более кучных направлений в матриксе. Дополнительно к двум блокам из г. Катав-Ивановск применен критерий Ходжеса-Айне, а к блоку из г. Миньяр - критерий Рэля. Полученные на данном этапе исследований результаты могут свидетельствовать о первичной природе ВТК намагниченности катавских известняков. В случае доказательства синхронности образования ВТК намагниченности, катавская свита может стать хорошим палеомагнитным временным репером в неопротерозойской истории Земли и дать важную информацию об особенностях поведения геомагнитного поля в позднем докембрии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-27-00018.

НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ИНТРУЗИВНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ТЕЛ АНАБАРСКОГО МАССИВА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Пасенко А.М.¹, Павлов В.Э.¹, Федюкин И.В.¹

*1. Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия
e-mail: a.m.pasenko@iperas.ru*

Для мезопротерозоя Сибирской платформы известен ряд палеомагнитных определений, полученных преимущественно по осадочным породам с дискуссионным возрастом (Evans et al., 2016). Также, палеомагнитным исследованиям ранее подверглись надежно датированные тела Куонамской крупной магматической провинции, которые представлены крупными дайками и силлами, распространенными на территории Анабарского массива и Оленекского поднятия. Их возраст варьирует в пределах 1470-1500 млн лет и с учетом ошибок определений тяготеет к 1500 млн лет (Эрнст и др., 2016). Тем не менее, для всех изученных разновозрастных тел было получено два статистически различных палеомагнитных полюса. Первый получен условно по интрузивным телам северного Анабара (North Anabar Intrusions - NAI), опробованным в 9 сайтах, второй – по телам западного (West Anabar Intrusions - WAI). Д. Эванс с коллегами предположили, что различие полюсов может быть обусловлено неоднородностью изученных тел (Evans et al., 2016), однако убедительных геологических свидетельств наличия двух разновозрастных этапов магматизма в промежутке 1470-1500 млн лет на Сибирской платформе на настоящий момент не известно.

На основании новых палеомагнитных и геохронологических данных для магматических тел Куонамской магматической провинции западного склона Анабара и Уджинского палеорифта в заявляемом докладе мы приводим новые аргументы в пользу существования двух независимых этапов базитового магматизма на севере Сибири в интервале 1470-1500 млн лет.

Исследования проведены в рамках проекта РФФ №22-77-00052.

Список литературы:

Evans D.A.D., Veselovsky R.V., Petrov P.Yu., Shatsillo A.V., Pavlov V.E., 2016. Paleomagnetism of Mesoproterozoic margins of the Anabar Shield: A hypothesized billion-year partnership of Siberia and northern Laurentia. *Precambrian Research* 281, 639–655.

Эрнст Р.Е., Округин А.В., Веселовский Р.В., Камо С.Л., Хамилтон М.А., Павлов В.Э., Содерлунд У., Чемберлен К.Р., Роджерс С., 2016. Куонамская крупная изверженная провинция (север Сибири 1501 млн лет): U-Pb геохронология, геохимия и корреляция с синхронным магматизмом других кратонов. *Геология и геофизика* 57, 833–855.

ТОРФЯНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАК НОВЫЙ ИСТОЧНИК ПАЛЕОМАГНИТНОЙ ЗАПИСИ В ГОЛОЦЕНЕ

Песков А.Ю.¹, Диденко А.Н.^{1,2}, Каретников А.С.¹, Климин М.А.³, Архипов М.В.¹, Кожемяко Н.В.¹, Тихомирова А.И.¹

¹ ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

² ФГБУН Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

³ ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

e-mail: peskovitig@yandex.ru

На основе результатов микронзондовых, петро- и палеомагнитных исследований торфяного разреза «Тяпка» (53.69° с.ш., 140.09° в.д.) были рассчитаны значения относительной палеонапряженности геомагнитного поля в голоцене, которые хорошо согласуются с литературными данными, полученными по археологическим объектам (Начасова, Накимова, 2015). Оценка относительной палеонапряженности проводилась по методу Багиной-Петровой (Петрова, Багина, 1976, Печерский, 1985).

Основными магнитными минералами в изученных образцах торфа, по данным электронной микроскопии и термомагнитного анализа, являются обломочные частицы магнетита размером от 1 до 10 мкм часто с примесью Cr, реже – Ni с температурой Кюри (T_c) ~ 580°C. В меньшей мере в магнитном ансамбле присутствует гематит с T_c ~ 670°C, микросферулы магнетита, титаномагнетит. Также в образцах торфа установлены частицы самородного железа, вольфрамита (?) и сульфидов (в основном халькопирита).

На зависимостях «Dec-возраст» и «Inc-возраст» в торфяном разрезе выделен интервал с продолжительностью 1250 лет (1833-3083 кал.л.н.), который имеет отрицательные значения Inc (-70°) и отличные от современных значения Dec = 282°. Схожий по продолжительности и временному диапазону интервал был установлен в торфяных отложениях разреза «Кия» (Песков и др., 2020). Данный интервал, по всей вероятности, отражает экскурс магнитного поля земли (МПЗ) «Этруссия».

Проведенные исследования позволяют заключить:

1. Основным носителем намагниченности в исследованном торфяном разрезе «Тяпка» является магнетит и, в меньшей степени, гематит.

2. Торфяные отложения являются перспективным объектом для изучения вариаций геомагнитного поля в голоцене.

3. Экскурс «Этруссия» происходил на фоне повышенных значений напряженности магнитного поля Земли.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00083, <https://rscf.ru/project/23-27-00083/>.

ОБРАЗОВАНИЕ АРХЕОМАГНИТНОЙ ЗАПИСИ В СОВРЕМЕННОЙ ОБОЖЖЕННОЙ КЕРАМИКЕ

Пилипенко О.В.¹, Марков Г.П.¹, Сальная Н.В.², Афиногорова Н.А.³

1. Институт физики Земли РАН, г. Москва, Россия

2. Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

3. Геофизическая обсерватория «Борок» Института физики Земли РАН,
пос. Борок, Ярославская обл., Россия

e-mail: pilipenko@ifz.ru

Проведены археомагнитные, петромагнитные и рентгенодифрактометрические исследования образцов керамики, обожженной при известных температуре и значении геомагнитного поля, с целью сравнения напряженности, определенной методом Телье-Коэ, с обсерваторным значением поля. Исследования проведены на образцах керамики, изготовленной 21.02.2017 в г. Мышкин (Ярославская обл. РФ). Состав ферромагнитной фракции определен различными видами термомагнитного анализа и рентгенодифрактометрий. Основными ферромагнетиками в исследуемых образцах являются зерна слабо окисленного Fe_3O_4 , $\alpha-Fe_2O_3$ и $\varepsilon-Fe_2O_3$. По данным Геофизической обсерватории «Борок» напряженность геомагнитного поля во время охлаждения исследуемой керамики составляла ~ 52.7 мкТл.

По методу Телье-Коэ с учетом скорости охлаждения керамики в постоянном магнитном поле и анизотропии термоостаточной намагниченности получено восемнадцать определений напряженности геомагнитного поля. Значения напряженности, полученные в интервале температур $\sim 350-600^\circ C$ дают максимально приближенные к обсерваторному полю значения ~ 51.1 мкТл. Носителями термоостаточной намагниченности на этом температурном интервале являются зерна слабо окисленного магнетита и гематита. На низкотемпературном интервале $\sim 150-325^\circ C$ определяются пониженные величины напряженности ~ 40 мкТл. Носителями термоостаточной намагниченности на этом температурном интервале являются, кроме магнетита и гематита, зерна $\varepsilon-Fe_2O_3$, наличие которого обусловлено высокой температурой обжига и длительной выдержкой при этой температуре. После $\sim 350^\circ C$ $\varepsilon-Fe_2O_3$ теряет свои ферромагнитные свойства, и приобретаемая pTRM становится равной счищаемой части NRM.

Палеомагнитные, петромагнитные и рентгенодифрактометрические исследования выполнены при финансовой поддержке Гос. задания ИФЗ РАН.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРОМАГНИТНОГО МЕТОДА ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Решетников М.В.¹, Шкодин С.Д.², Шейджен А.Ш.¹

1. ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», г. Козалым, Российская Федерация
2. ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов, Российская Федерация
e-mail: rmv85@list.ru

Магнитные свойства широко изучаются как индикатор геоэкологического состояния почв, особенно почв городских территорий. Во много это связано со способностью оксидов и гидроксидов железа, которые обладают магнитной восприимчивостью, поглощать катионы тяжёлых металлов, тем самым образуя единое геохимическое и геофизическое поле загрязнения в пределах антропогенных территории. В работе мы рассматриваем вопрос о возможности применения петромагнитного метода при оценке изменений почв на территории нефтяного месторождения.

Отбор проб почв на территории Жирновского месторождения сотрудниками лаборатории геоэкологии геологического факультета СГУ. В ходе работы на исследуемой территории было отобрано и обработано 112 проб почв.

Проведены исследования петромагнитных свойств отобранных почвенных образцов. Измерены как объемная (χ_v), так и удельная (χ_m) магнитная восприимчивость на низкой и высокой частоте до нагрева (χ_{lf} и χ_{hf}) и после нагрева (χ_{lft} и χ_{hft}) и её частотная зависимость (χ_{fd}), а также прирост магнитной восприимчивости после нагрева, выраженный через термомагнитный эффект ($d\chi$), с целью уточнения степени трансформации почв в процессе добычи углеводородов.

В результате проведенных исследований было сформулировано несколько основных выводов: значения магнитных характеристик почв и грунтов на исследуемой территории превышает в разы аналогичные значения, установленные на фоновых территориях, что свидетельствует о значительной техногенной трансформации почв и грунтов; особое значение представляет распределение значений термомагнитного эффекта в почвах и грунтах, что может являться показателем активного углеводородного загрязнения почв.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА ТЕЛЬЕ-КОЭ-ТРИАКС С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ТЕРМОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ

Сальня Н.В.¹, Пилипенко О.В.², Костадинова-Аврамова М.³

- 1. Геологический институт РАН, Москва, Россия, natasavi@inbox.ru;*
- 2. Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия;*
- 3. Национальный институт геофизики, геодезии и географии, Болгарская академия наук, София, Болгария
e-mail: natasavi@inbox.ru*

К определениям палеонапряженности исторического периода времени (археонапряженности) предъявляются высокие требования к качеству данных. Одним из таких критериев выступает учет анизотропии термоостаточной намагниченности (ТОН) в методике определения палеонапряженности, поскольку его отсутствие может приводить к увеличению разброса значений в пределах одного фрагмента и/или одной группы фрагментов. В 2022 году на базе трехкомпонентного вибрационного магнитометра Орион (ГО «Борок») был разработан полуавтоматизированный протокол Телье-Коэ-Триакс, сочетающий в себе преимущества обоих методов – Телье-Коэ и Триакс и предусматривающий учет анизотропии термоостаточной намагниченности. Для тестирования протокола использовались коллекции, изученные в Парижской (4 группы из Ярославской и Новгородской областей) и Болгарской археомагнитной лаборатории (1 группа из Велико-Тырново, Болгария). В Парижской археомагнитной лаборатории для получения определений палеонапряженности использовался метод Триакс. На всех коллекциях различие определений на уровне группы фрагментов составляет не более 3%, при скорости создания ТОН в экспериментах Телье-Коэ-Триакс 60°C/мин и 12°C/мин. В Болгарской археомагнитной лаборатории использовался классический метод Телье с корректировкой за анизотропию, предусматривающий расчет тензора ТОН. Различия данных по группе Велико-Тырново составляет не более 6% при скорости создания ТОН 60°C/мин в экспериментах Телье-Коэ-Триакс и более 11% при скорости создания ТОН 12°C/мин.

Работы проведены в рамках Государственных тем ГИН РАН и ИФЗ РАН.

ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЕЗА ДЕВОНСКИХ ПОРОД АНДОМСКОЙ ГОРЫ

Сальная Н.В.¹, Федюкин И.В.^{1,2}

1. Геологический институт РАН, Москва, Россия, natasavi@inbox.ru;

2. Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия
e-mail: natasavi@inbox.ru

Андомская гора расположена на юго-восточном берегу Онежского озера и представляет собой уникальный для северо-запада России геологический объект. Основной особенностью этого разреза является то, что песчано-глинистая толща девонских пород сильно дислоцирована, в отличие от разрезов Главного девонского поля. На сегодняшний момент нет единой гипотезы о происхождении складчатых нарушений Андомской горы. Большинство исследователей полагают, что нарушения связаны с ледниковыми процессами, однако, ранее выдвигалась предположение о Андомской горе как о крупном ледниковым отторженце или то, что эти нарушения обусловлены блоковой тектоникой. Палеомагнитные результаты по данному разрезу, в случае выявления характеристических компонент естественной остаточной намагниченности, могут выступить независимым аргументом для подтверждения или опровержения одной из этих гипотез - о ледниковом отторженце.

В работе проведены палеомагнитные исследования коллекции ориентированных образцов (105 стратиграфических уровней), отобранной из разреза Андомской горы с различными элементами залегания толщи. Компонентный анализ позволил выделить две основные компоненты, которые отвечают пермскому и девонскому возрастам. Сделаны выводы о возможном смещении девонских пород Андомской горы (проверка гипотезы отторженца) исходя из сравнений наших результатов с кривыми кажущейся миграции палеомагнитных полюсов по Восточно-Европейской платформе.

Работы проводились при финансовой поддержке гранта РНФ 23-27-00461 «Палеомагнитные исследования девонских отложений Восточно-Европейской платформы и ее обрамлений в контексте проверки аномального состояния геомагнитного поля и оценки возможности построения магнитостратиграфической шкалы девона».

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ
ЖАМАНШИН. ИСТОРИЯ И НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ**
Сергиенко Е.С.¹, Янсон С.Ю.¹, Бобров Н.Ю.¹, Карпинский В.В.¹,
Харитонский П.В.²

1. Санкт-Петербургский университет, Санкт-Петербург

2. Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург

e-mail: e.sergienko@spbu.ru

Изучение структуры Жаманшин началось с обнаружения выходов на поверхность древних пород в Иргизском районе Казахстана в 1937–1939 гг. экспедицией АН СССР под руководством А.Л. Яншина. Комплексное изучение Жаманшина геофизическими методами стало развиваться после экспедиции комитета по метеоритам АН СССР в 1977 г. (Флоренский и др., 1979). Была выполнена гравиметрическая съемка и вертикальное электрическое зондирование. В 1978 г. Кустанайской экспедицией Министерства геологии Казахской ССР через кратер проведены сейсморазведочные работы по двум профилям (Есеналинов и др., 1980). В 1981–1982 гг. Восточно-Уральской и Мугоджарской ГРЭ произведены электроразведочные работы, гравиразведка, магниторазведка и геологическое картирование. В 1986–1988 гг. пробурены опорно-структурные глубокие скважины. Геофизические исследования скважин включали: стандартный электрокаротаж, радиоактивный каротаж, магнитный каротаж, селективный гамма-гамма каротаж, кавернометрия, термометрия, инклинометрия. Параллельно с бурением сделано дешифрование материалов аэро- и космоснимков (Пронин, Бабанова, 1989). В итоге сформировано заключение о глубинном строении и морфологии структуры Жаманшин. В последующие годы было выполнено несколько исследований геоморфологии района (Рождественский и др., 1991; Новиков, 1992). После этих работ новых данных о геофизическом изучении Жаманшина не опубликовано, за исключением результатов приповерхностных исследований на восточном борту структуры, направленных на изучение магнитной вязкости зювитов и других особенностей этих пород (Бобров и др., 2019, Sergienko et al, 2021, Bobrov et al, 2023). В 2023 г. появилась работа (Быкадоров и др., 2023), где подвергается сомнению импактное происхождение Жаманшина и утверждается, что особенности геологического строения Жаманшина связаны с аккреционно-субдукционными процессами в палеозое и сдвиго-надвиговыми движениями в плиоцене. Получение новых аргументов для решения вопроса о происхождении структуры требует доизучения её глубинного строения на основе новых геофизических данных, включая палеомагнитные определения.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ИСКУССТВЕННЫХ СТЕКЛАХ

Сергиенко Е.С.¹, Дубешко Д.Д.¹, Янсон С.Ю.¹, Харитонский П.В.²

1. Санкт-Петербургский университет, Санкт-Петербург, Россия

2. Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург,
Россия

e-mail: e.sergienko@spbu.ru

Метод электронного парамагнитного резонанса очень эффективен для решения задачи идентификации магнитного упорядочения парамагнитных центров различной природы в структуре стекол и проявлению в них различных форм ферримагнитных свойств. Этим методом была исследована железосодержащая фаза искусственных стекол, полученных в ходе высокотемпературной плавки из горных пород различного генезиса. При этом были реализованы различные условия остывания расплава. Исходная шихта для плавления представляла собой смесь разновозрастных горных пород в различных соотношениях. Установлено каким образом доля и магнитное состояние железосодержащей фазы в искусственных стеклах, зависит от скорости остывания расплава и состава исходных пород. В случае быстрого охлаждения (около 1 с) железосодержащая фаза представляет собой рассеянные в стеклянной матрице тетраэдрические комплексы железа Fe^{3+} и частицы в суперпарамагнитном состоянии. В медленно остывающих образцах (около 1 сут), кроме описанных выше тетраэдрических комплексов Fe-O присутствуют частицы оксидов железа в различных магнитных состояниях: от суперпарамагнитного до многодоменного. На магнитное состояние частиц также влияет количество псамит-алеврит-пелитовой компоненты в составе исходной шихты и окислительно-восстановительные условия (наличие границы раздела расплав-воздух). Эти выводы хорошо согласуются и дополняют результаты, полученные другими методами. Одновременно были изучены магнитные свойства (магнитная восприимчивость, гистерезисные характеристики, зависимости намагниченности от температуры) образцов, а также их петрографическая структура, химический и фазовый состав методами рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного анализов и методом сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией.

Исследования проведены с использованием оборудования ресурсных центров Научного парка СПбГУ: «Центр диагностики функциональных материалов для медицины, фармакологии и нанoeлектроники»; «Геомодель»; «Ресурсный центр микроскопии и микроанализа»; «Рентгенодифракционные методы исследования»; «Центр инновационных технологий композиционных наноматериалов»; «Методы анализа состава вещества»; «Магнитно-резонансные методы исследования».

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ТРИАСОВЫХ БАЗАЛЬТОВ Р.АНАБАР (СЕВЕР СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

Сиротин К. А.^{1,2}, Веселовский Р. В.^{1,2}, Савельев А. Д.³

1. МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия

2. ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

3. ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: sirotin.2000@list.ru

Палеомагнитные данные по разновозрастным объектам древних платформ являются основой для разработки кривых кажущейся миграции палеомагнитного полюса, которые необходимы для решения палеотектонических задач, а также могут быть использованы для реконструкции характеристик магнитного поля Земли в прошлом.

Нами впервые была отобрана палеомагнитная коллекция из 9 сайтов (100 образцов) лавовых потоков толеитовых базальтов и прорывающих их трахидолеритовых интрузий молодинской толщи и молодинского комплекса вблизи пос. Саскылах. Выделены два потока лав мощностью до 70 м, возраст пород оценивается от $251,7 \pm 0,3$ до $250,2 \pm 0,3$ млн. лет [1].

Для изучения объекта был проведён комплекс палеомагнитных и петромагнитных исследований, в результате чего было обнаружено:

1) Образцы несут характеристическую компоненту намагниченности обратной полярности. Для отобранной палеомагнитной коллекции вычислено среднее палеомагнитное направление ($N=9$; $D=281,2^\circ$; $I=-75,0^\circ$; $K=51,6$; $a95=7,2^\circ$) и соответствующий ему палеомагнитный полюс ($slat=72,0^\circ$; $slong=114,1^\circ$; $plat=54,1^\circ$; $plong=166,3^\circ$; $dp/dm=13,1/12$; $paleolat=-61,8^\circ$).

Полученный палеомагнитный полюс хорошо согласуется с перм-триасовым полюсом Сибирской платформы полученным в работе [2], что подтверждает соответствующий возраст изученных пород.

2) Характер анизотропии магнитной восприимчивости позволяет реконструировать субширотное направление течения лав во время формирования изученных потоков и прекрёстное ему направление внедрения интрузивных тел.

Литература:

1. Fedorenko V., Czamanske G., Zen'ko T. and oth. Field and geochemical studies of the melilite-bearing Arydzhangsky suite, and an overall perspective on the Siberian alkaline ultramafic flood-volcanic rocks / Intern. Geol. Rev. – 2000. – Vol. 42, no. 9. – P. 769–804.
2. Pavlov, V. E., Fluteau, F., Latyshev, A. V., Fetisova, A. M., Elkins-Tanton, L. T., Black, B. A., et al. (2019). Geomagnetic secular variations at the Permian-Triassic boundary and pulsed magmatism during eruption of the Siberian Traps. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20.

**СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТИ ПО МЕТОДАМ ТЕЛЬЕ, ВИЛЬСОНА И
ПСЕВДОТЕЛЬЕ НА ОБРАЗЦАХ ЛАВОВЫХ ПОТОКОВ ОХОТСКО-
ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА**

*Смирнов М.А., Афиногенова Н.А., Жидков Г.В.
Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН,
Ярославская обл., п.Борок, Россия
e-mail: sma@borok.yar.ru*

На 60 образцах лавовых потоков конца CNS Охотско-Чукотского вулканического пояса выполнены эксперименты по определению палеонапряжённости методами Телье, Вилсона и псевдоТелье. Первичный ТМ представлен гетерофазно- или однофазноокисленными зёрнами размера $\approx (1-30)$ мкм, несущими однокомпонентную NRM. Диаграммы Арай-Нагата, полученные по методике Телье, состоят из двух отрезков прямых с резко различными наклонами. Низкотемпературный отрезок (LT) ($\approx 200-500$ °C) даёт поле $V_{anc} \approx 60 \pm 48$ мкТл, для высокотемпературного отрезка (HT) ($\approx 500-600$ °C) $V_{anc} \approx 13 \pm 6$ мкТл. Применение термомагнитного критерия показало наличие значимых хвостов pTRM, что говорит о МД/ПОД ДС ферромагнитных частиц. По методу Вилсона получено $V_{anc} \approx 30 \pm 17.5$ мкТл. На свежих образцах выполнены эксперименты псевдоТелье (psT), согласно результатам которых « V_{anc} » $\approx 60 \pm 27$ мкТл. Расчёт коэффициентов корреляций по Пирсону между всеми рядами данных показал, что V_{anc} , оцененные по HT и LT интервалам, не коррелируют между собой. Также незначимы корреляции между данными по psT и LT, как и между HT и данными, полученными по методике Вилсона. С другой стороны, наблюдаются сильные (psT, HT) и (LT, Вилсон) корреляции. Обсуждаются различные сценарии процессов, приводящих к отмеченным закономерностям.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 23-27-00290.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ ПРЕЙЗАХА

Старунов В.А.¹, Костеров А.А.²

1. СПбФ ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Россия

2. Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: slava.starunov@gmail.com

В основу поиска количественных критериев доменной структуры (ДС) ферромагнетика образцов горных пород положена корреляция между особенностями распределения магнитной плотности на диаграмме Прейзаха (ДП) и характеристиками коэрцитивного спектра (КС) нормального намагничивания $f(H)=\Delta M_g/\Delta H$ [1]. Сопоставлялись максимальные значения магнитной плотности на ДП, полученные методом постепенного разрушения переменным полем идеальной остаточной намагниченности, и характеристики двух коэрцитивных спектров: нормальной M_g и полной M намагниченностей, а также их отношения $F(H) = (\Delta M_g/\Delta H)/(\Delta M/\Delta H) = \Delta M_g/\Delta M$. По результатам сопоставления были опробованы количественные критерии ДС: максимальные значения **F_{max}**, достигаемые в диапазоне магнитных полей $H_m = (H_m \pm 0.5\delta)$, где δ – ширина диапазона максимальных значений **F_{max}**, сама величина δ и скорость роста параметра F при достижении своего максимума: $\gamma = dF/dH$. Исследования, выполненные на более чем 20 образцах горных пород с разным типом ДС, показали, что характерные значения этих параметров находятся в полном согласии с данными, полученными по ДП. Совокупность однодоменных (ОД) частиц характеризуется полями $H_m > 120$ мТл, $\delta > 60$ мТл и $\gamma < 0,006/\text{мТл}$; для многодоменных (МД) частиц характерны $H_m \leq 45$ мТл, $\delta \leq 30$ мТл и $(\gamma=0.01-0.06)/\text{мТл}$ [1]. Для однодоменных ансамблей присутствие суперпарамагнитных зерен даже в малой концентрации можно выявить по заметно повышенным значениям коэрцитивного спектра полной намагниченности $\Delta M/\Delta H$ в околонулевом поле и его последующему резкому спаду в малых полях, а также по понижению параметра **F_{max}** до значений меньше 0.1. Метод дает возможность установить как единственность ОД- или МД- фазы, так и их одновременное присутствие в образце горной породы. Он был применен для классификации образцов импактитов (более 50 шт.) из ряда астроблем на разновидности в зависимости от условий их образования.

[1] Иванов В.А., Хабурзания И.А., Шолпо Л.Е. Использование диаграммы Прейзаха для диагностики одно- и многодоменных зерен в образцах горных пород. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1981, № 1, с. 55-65.

УРОВНИ СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И СКОРОСТИ КОНВЕКЦИИ

Старченко С.В.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН),*

Калужское шоссе 4, Троицк, Москва, 108840

E-mail: sstarchenko@mail.ru

Система уравнений геодинамо радикально, но физически корректно упрощена до динамической системы для среднеквадратичной скорости и среднеквадратичного магнитного поля в жидком ядре Земли. Исследование устойчивых стационарных точек этой системы дает значительное превышение критического уровня геодинамо и, соответственно, сравнительно большие значения среднеквадратичного магнитного поля порядка 10 мТл.

Среднеквадратичная скорость при этом порядка 1 мм/сек, а характерные времена порядка тысячи лет, что хорошо согласуется с палеомагнитными реконструкциями, общей геодинамо теорией и непосредственными наблюдениями за геомагнитным полем.

Нестабильные стационарные точки могут быть связаны с экскурсами и инверсиями, а возможно (хотя и маловероятно) с чрезвычайно редким катастрофическим обнулением магнитного поля.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭВОЛЮЦИОННЫЙ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ И ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ДИПОЛЬНЫХ И НЕДИПОЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ ГЕОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ

Старченко С.В., Яковлева С.В.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН),

Калужское шоссе 4, Троицк, Москва, 108840

E-mail: sstarchenko@mail.ru

Полная энергия потенциального геомагнитного поля (до границы ядромантия) разбивается на дипольную и недипольную части, которые сравниваются, исходя из их эволюции, статистических и частотных свойств. Наши расчеты основаны на общедоступной и достаточно надежной COV_OBS.x2 (1840-2020) модели.

Фактически, дипольная энергия (около 5 ЭДж) всего в три раза превышает недипольную, а не на порядок и более как это было до сих пор практически общепринято. Дипольная энергия сравнительно медленно и монотонно уменьшается, а недипольная часть изменяется значительно быстрее и квазипериодически. Поэтому, характерные времена для диполя порядка тысячи лет, а для недипольной компоненты – порядка сотен лет. Если ограничиться квадруполем и октуполем (такое ограничение естественно для палео и архео магнитологов), то такая «урезанная» недипольная часть монотонно растет и демонстрирует статистические и частотные характеристики, существенно отличающиеся от полной (до 14й сферической гармоники) недипольной части.

Мощность, или временная производная от энергии, значительно более вариативна по сравнению с энергией и по порядку величины около ста МВт как для дипольной, так и для недипольной части. Частотные характеристики получаем из анализа отношения мощности к энергии. Соответственно, для всех анализируемых величин (различных энергий, мощностей и частот) получены кумулятивные функции и вероятностные распределения, которые могут быть использованы при палеомагнитных реконструкциях исходя из гипотезы эргодичности.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО МАГНИТНЫМ СВОЙСТВАМ ГОРНЫХ ПОРОД

Суrowицкий Л.В.^{1,2}, Макаренко Е.А.², Коробков Д.А.³, Лукин М.А.^{2,3}

1. *Michigan Technological University, Houghton, MI, USA*

2. *ООО «Судо», Санкт-Петербург, Россия*

3. *ИТМО, Санкт-Петербург, Россия*

e-mail: lsurovit@mtu.edu

Исследование магнитных свойств горных пород, их обработка и анализ представляют собой важную и многогранную задачу, а значимость их результатов в палеомагнитных исследованиях трудно переоценить. Так, анализ магнитных свойств горных пород помогает определить состав магнитных фракций, размер магнитных зёрен, степень их взаимодействия и другую полезную информацию, которая, в последствии может быть использована для определения оптимальных методик проведения экспериментов по определению характеристик древнего магнитного поля, записанного в исследуемых образцах.

В настоящей работе мы представляем два онлайн-инструмента для обработки и анализа различных данных по магнитным свойствам горных пород: FORCtool (<https://forc tool.com>) – онлайн-сервис для работы с частными петлями перемагничивания первого порядка (FORC), и hysteresis.online (<https://hysteresis.online>) – сервис обработки и анализа петель магнитного гистерезиса, кривых перемагничивания в обратном поле (backfield) и кривых изотермического намагничивания (IRM).

Оба сервиса работают с данными, получаемыми на наиболее распространенных в лабораторной практике приборах, предлагая обширный спектр инструментов для предварительной обработки и коррекции данных измерений. Кроме того, они обеспечивают обширные функциональные возможности для анализа полученных результатов, а также предоставляют возможность создания и редактирования графиков в форматах, готовых к публикации.

Представленные инструменты разрабатываются с использованием современных технологий и методов программирования, что позволило нам создать удобный интерфейс, добиться значительного ускорения вычислений, а также создать и внедрить дополнительные инструменты.

Созданные сервисы были разработаны с целью решения задач, связанных с обработкой данных о магнитных свойствах горных пород в геологических и геофизических исследованиях, но их потенциал может быть использован и в других научных областях.

ВЛИЯНИЕ ОШИБОК ОРИЕНТАЦИИ, СВЯЗАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНОГО КОМПАСА, НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПАЛЕОМАГНИТНОГО ПОЛЮСА И АМПЛИТУДЫ ДРЕВНИХ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ

Ушаков Д.А.¹, Лебедев И.Е.¹, Павлов В.Э.¹

1. Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, 123242, Б.

Грузинская ул., д. 10, стр. 1, Россия

E-mail: ushakov.da18@physics.msu.ru

Использование магнитного компаса при палеомагнитных исследованиях сильномагнитных пород (например, базальтов) может приводить к большим ошибкам ориентации палеомагнитных образцов. С другой стороны, альтернативные методы ориентации относительно времязатратны, а в случае применения солнечного компаса также требуют солнечной погоды - условия, которое далеко не всегда соблюдается, особенно при отборе образцов в высоких и приполярных широтах. Это часто приводит к тому, что исследователи в своей работе полагаются, все-таки, на результаты измерений магнитным компасом, допуская, при этом, что возникающие ошибки носят случайный характер и при достаточно хорошей статистике усредняются. В настоящей работе на примерах близких к реальным выполнено численное моделирование, которое позволяет тестировать это предположение и оценить, насколько ошибки ориентации, связанные с использованием магнитного компаса, могут влиять на конечные результаты палеомагнитных исследований, таких как определения положения палеомагнитного полюса и амплитуды древних геомагнитных вариаций. В результате выполненной работы показано: 1) расчетные величины амплитуд палеомагнитных вариаций и расчетные положения палеомагнитных полюсов слабо чувствительны к умеренным и, даже, относительно большим ошибкам ориентации палеомагнитных образцов, связанных с применением магнитного компаса; 2) очень большие ошибки ориентации образцов приводят к значительному увеличению внутрисайтового разброса, что позволяет обнаруживать и отбраковывать соответствующие сайты по большой (например, $>15^\circ$) величине параметра α_{95} ; 3) Влияние искажений, связанных с использованием магнитного компаса, на точность определения положения палеомагнитного полюса и амплитуды древних геомагнитных вариаций, зависит от широты. На приэкваториальных широтах это влияние максимально, на средних – минимально.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ «ДУБРАВНЫЙ ЛЕС» (Г. КАЗАНЬ)

Фаттахова Л.А.¹, Решетников М.В.², Кузина Д.М.¹, Хасанов Д.И.¹

1. Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

2. ООО «ЛЮКОЙЛ-Инжиниринг», г. Когалым, Россия

e-mail: l.a.fattakhova@yandex.ru

Рекреационные зоны в пределах урбанизированных территорий являются объектами повышенного внимания со стороны природоохранных служб. Загрязнение окружающей среды рекреационных зон в городах происходит от разных промышленных источников и объектов инфраструктуры. Во многих городах местом отдыха жителей являются рекреационные зоны (парки, скверы), которые в большинстве случаев расположены в центральных исторических частях города и имеют многолетнюю историю негативного воздействия на компоненты окружающей среды. В основном загрязнению различными компонентами подвергается почвенный покров рекреационных экосистем в пределах городских территорий, а основным загрязнителем являются соединения тяжёлых металлов.

Поэтому актуальным является оперативный анализ почв петромагнитными методами, основанными на изучении магнитных свойств почв. В развитие наших исследований были изучены взаимосвязи между магнитными свойствами и концентрацией подвижных форм тяжелых металлов в почвах рекреационной зоны «Дубравный лес» города Казань.

Объектом исследования являлась светло-серая лесная среднесуглинистая почва, расположенная на долинно-террасовом комплексе р. Волги юго-восточнее г. Казани в лесном массиве «Дубравный лес».

Результаты измерения магнитной восприимчивости и концентрации подвижных форм тяжелых металлов не противоречат друг другу и свидетельствуют об отсутствии в исследуемых почвах магнитных минералов и тяжёлых металлов техногенного происхождения. Значимые коэффициенты корреляции между значениями подвижных форм тяжёлых металлов указывают об их общем происхождении – минералогическом составе материнских пород.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания проект № FZSM-2023-0023 в сфере научной деятельности и за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАГНИТНЫХ МИНЕРАЛОВ В АНДЕЗИБАЗАЛЬТАХ ЮГО-ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Федюкин И.В.¹, Багдасарян Т.Э.¹, Афиногенова Н.А.¹

1. *Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия*
e-mail: ivan.fedyukin@gmail.com

Андезибазальты унгуркуйской свиты юго-западного Забайкалья сформировались в тылу позднепалеозойской активной окраины Сибирского континента. Целью данной работы является определение магнитных минералов-носителей палеомагнитной записи в андезибазальтах унгуркуйской свиты для оценки первичности намагниченности и качества палеомагнитных данных.

В подавляющей группе образцов присутствует гематит, намагниченность которого стабильна в высоких полях переменного поля и при температурном воздействии значение намагниченности стабильно до температур 670°C. Исследования зависимости индуктивной намагниченности от температуры указывают также на две группы ферромагнитных минералов с температурами Кюри 660-670°C и 550-580°C – гематита и низкотитанистого титаномагнетита соответственно.

Исследование пород в оптическом микроскопе, с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Mira 4 LMS и рентгенофазовом дифрактометре показывает, что присутствуют крупные кристаллы титаномагнетита с небольшим содержанием титана размером до 100 мкм для которого характерны структуры высокотемпературного окисления, а также окисленный магнетит. Гематит представлен мелкими кристаллами размером первые мкм, которые равномерно распределены в породе. Зерна гематита образуют каймы и ламели и заполняют межзерновое пространство между кристаллами плагиоклаза.

Наличие гематита в базальтах может свидетельствовать о высокотемпературном окислении магнитных шпинелей при повышенной фугитивности расплава, приводящей к окислению двухвалентного железа. Наличие мелких кристаллов гематита, по-видимому, происходило на ранних стадиях формирования изученных андезибазальтов.

Лабораторные исследования проводились на оборудовании ЦКП «Петрофизика, геомеханика и палеомагнетизм» ИФЗ РАН (Veselovskiy et al., 2022).

Список литературы:

Veselovskiy R.V., Dubinya N.V., Ponomarev A.V., Fokin I.V., Patonin A.V., Pashenko A.M., Fetisova A.M., Matveev M.A., Afinogenova N.A., Rud'ko D.V., Chistyakova A.V. Shared research facilities “Petrophysics, geomechanics and paleomagnetism” of the Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS // *Geodynamics & Tectonophysics*, 2022, V. 13, N. 2, 0579.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕЗОЙСКИХ И МЕЗОЗОЙСКИХ ПОРОД
ЛАБИНО-МАЛКИНСКОЙ ЗОНЫ БОЛЬШОГО КAVKAZA**

Федюкин И.В.¹, Шацилло А.В.¹, Романюк Т.В.^{1,2}, Латышева И.В.², Донцова
К.И.², Кузнецов Н.Б.²

1. Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

2. Геологический институт РАН, Москва, Россия

e-mail: ivan.fedyukin@gmail.com

Представлены предварительные результаты палеомагнитных исследований осадочных пород фундамента и интрузивных образований в пределах Лабино-Малкинской зоны Большого Кавказа. Породы фундамента деформированы, интрузивные образования внедрялись в раннеюрские недеформированные осадочные породы чехла.

Урлешская свита представлена красно-серыми песчаниками с подчиненными прослоями красно-бурых алевролитов и изучена нами в долинах рек Хасауг и Шиджатмаз. Возраст свиты варьирует от раннекембрийского до раннесилурийского по находкам различных групп фауны. В результате температурной чистки выделена характеристическая компонента намагниченности прямой и обратной полярности, склонение в ЮЗ и СВ румбах с наклонениями от -10° до 10° .

Киньрадская свита представлена красноцветными песчаниками и алевролитами. Выше по разрезу терригенные породы сменяются толщей кварцевых порфиров. Изучены в долинах рек Теберда и Малая Лаба. Возраст свиты установлен по наличию раннепермской флоры. По результатам температурной чистки выделяется характеристическая компонента одной полярности, в древней системе координат достигается максимальная кучность, склонение в западных румбах с наклонением -20° .

Интрузивные породы средне-основного состава представлены дайками и силлами мощностью от первых метров до первых десятков метров. Возрастная оценка варьирует в пределах среднеюрского времени. В результате температурной чистки выделена характеристическая компонента намагниченности прямой и обратной полярности, склонение в ЮЮЗ и ССВ румбах с наклонением -70° и 64° соответственно.

Сравнение полученных данных с референтной кривой кажущейся миграции полюса для Восточно-Европейской платформы указывает на сходство полюсов для мезозойских интрузивных пород, для раннепермских пород палеоширота совпадает с референтными значениями, а для раннепалеозойских пород наблюдается сильное несоответствие значений палеомагнитных полюсов.

Работы проводились при финансовой поддержке гранта РНФ № 23-27-00409.

НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПЕРМО-ТРИАСОВЫМ РАЗРЕЗАМ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Фетисова А.М.^{1,2}, Веселовский Р.В.^{1,2}

1. МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия

2. Институт физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

e-mail: anna-fetis@yandex.ru

Получение новых надежных палеомагнитных данных для пограничного пермо-триасового интервала Восточно-Европейской платформы является актуальной задачей для построения тектонических реконструкций Лавразии на границе палеозоя и мезозоя.

В рамках настоящих исследований проведено палеомагнитное изучение четырех разрезов осадочных пород пограничного пермо-триасового возраста, расположенных в юго-восточной части Волго-Уральской антеклизы Восточно-Европейской платформы (Оренбургская область) – Боевая гора, Вязовка, Красногор и Воздвиженка. Породы всех изученных разрезов демонстрируют палеомагнитную запись хорошего качества, что позволило провести компонентный анализ, определить средние палеомагнитные направления характеристической компоненты естественной остаточной намагниченности (ЕОН) и вычислить соответствующие палеомагнитные полюсы. В пользу первичности характеристической компоненты ЕОН в породах изученных разрезов указывает региональный тест складки, наличие в разрезе Боевая гора характеристической компоненты прямой и обратной полярности, близость рассчитанных средних палеомагнитных направлений для каждого разреза к ожидаемому направлению геомагнитного поля около 252 млн лет назад (граница перми-триаса) для данного района. Координаты среднего палеомагнитного полюса составляют: $slat=51.7^\circ$, $slong=55.8^\circ$, $n=4$, $plat=48.5^\circ$, $plong=173.4^\circ$, $A95=3.4^\circ$, $paleolat=23.4^\circ$.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФ №22-27-00597.

МЕТОД а95 ПО ФИШЕРУ И ЕГО АЛЬТЕРНАТИВЫ

Хохлов А.В.^{1,2}, Гвоздик Г.А.²

1. *Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, Москва, Российская Федерация*
2. *Геофизический Центр РАН, Москва, Российская Федерация*
e-mail: nagel20@yandex.ru

Хорошо известен и широко применяется при реконструкции магнитного поля в изверженных породах метод а95 Фишера: по нескольким отдельным образцам из одного потока определяют их направления и далее используют усреднение единичных векторов для этих направлений. Оценка точности полученного результата, основана на предположении, что соответствующие направления отдельных образцов удовлетворяют весьма специальному статистическому закону распределения. Изначально было ясно, что такое предположение является лишь идеалистическим приближением реальности и в каждом конкретном случае необходим дополнительный весьма нетривиальный тест качества этого приближения, в противном случае заявленная точность нарушается. Для применимости методов Фишера также очень существенно, что и тест, и метод а95 основаны на предположении одинаковой точности направлений, полученных по отдельным образцам; в реальности достаточно очевидно, что точность направлений образцов различна.

Альтернативу параметрическому подходу составляют методы так называемой непараметрической статистики, в которых вообще не делается предположений о законе распределения данных, а непосредственно оценивают свойства для направлений разной точности по образцам изверженной породы:

указывают область, в которой лежит направление древнего поля, или же указывают, что само существование такого направления имеет крайне малую вероятность.

Иными словами, возможен более прямой тест проверки того, что группу направлений различных образцов действительно можно рассматривать как результат наложения на некоторое единое направление древнего поля случайных и изотропных искажений, дополнительно такой тест указывает форму области, в которой с большой вероятностью лежит искомое единое направление. Применение в палеомагнетизме методов непараметрической статистики в настоящее время активно используется, например в статьях D.Neslop, L.Tauche, G.Hulot, A.Khokhlov и других.

В докладе будет рассказано о новом пакете программ и визуализаций для исследования свойств направлений в потоках изверженных пород и о результатах приложения новых методов к данным по 78 потокам (всего 812 направлений образцов, данные И. Е. Лебедев, данные ранее не опубликованы) изверженных пород в регионе Чукотки.

РОЛЬ ИНЕРТНОЙ СРЕДЫ В ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Целебровский А. Н.¹, Максимочкин В. И.¹, Грачёв Р. А.¹

1. МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: tselebr@physics.msu.ru

Одной из важных задач палеомагнитных исследований является получение информации об интенсивности древнего магнитного поля. Для получения надежных результатов необходимо выполнение ряда условий: отсутствие изменений в минералах, носителях естественной остаточной намагниченности; хотя бы часть естественной намагниченности должна иметь термоостаточную природу, зерна магнитных минералов должны быть близки к однодоменным, и достаточно стабильны к нагревам. Известно, что стабильность минералов при проведении нагревных экспериментов зависит от парциального давления кислорода.

По зависимости магнитной восприимчивости океанических базальтов от температуры показано, что температура Кюри при нагреве в аргоне не меняется, а при нагреве в воздухе наблюдается её увеличение. Это свидетельствует об окислении титаномагнетита. Нами разработан вибрационный магнитометр с аргонной приставкой, позволяющий получать истинный спектр блокирующих температур, а также исследовать полную TRM не термостабильных минералов.

Качественные палеоопределения методом Телье возможны только в отсутствие минералогических изменений. Нами в ряде работ было показано, что титаномагнетит океанических базальтов при нагревах на воздухе начинает изменяться при температурах, после нагрева до которых естественная намагниченность разрушается всего только на 50%. Для уменьшения минералогических изменений титаномагнетита океанических базальтов нагревные эксперименты были проведены в среде аргона. Для этого была сконструирована специальная немагнитная печь.

Показано, что проведение экспериментов Телье в аргоне позволяет использовать до 90% NRM. При этом коэффициент качества оказывается в 1.5–3 раза выше, чем для результатов, полученных классическим методом. Расчетное значение поля при проведении экспериментов Телье в воздухе на базальтах Красного моря оказалось завышенным относительно результатов, полученных в аргоне.

АТЛАС МИКРОСТРУКТУР НОСИТЕЛЕЙ МАГНЕТИЗМА ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

Цельмович В.А., Чернышов С.П.

Геофизическая обсерватория «Борок» - филиал Института Физики Земли
РАН

e-mail: tselm@mail.ru

Поскольку задачи палеомагнетизма решаются путём расшифровки информации о характеристиках геомагнитного поля, записанных в древних горных породах, то степень сохранности и стабильность естественной остаточной намагниченности (NRM) образцов исследуемых горных пород имеет решающее значение при оценке надёжности полученных результатов. И в этих вопросах минералогия и геометрия ферримагнитных зёрен играют важнейшую роль, поскольку они определяют доменную структуру ферримагнитных зёрен, несущих NRM. Соответственно, изменения в минералогии и геометрии ферримагнитных зёрен в течение жизни горной породы и при выполнении лабораторных экспериментов определяют как механизм образования, так и временную и температурную стабильность всех видов остаточной намагниченности. Цель предлагаемого исследования - предоставить практикам-палеомагнитологам современный «путеводитель» (Атлас) по возможным магнитоминералогическим структурам с указанием того, какие структуры с большой вероятностью говорят о первичности и хорошей сохранности намагниченности, а какие могут дать искажённую информацию о палеополе. Для этого начато наполнение Атласа информацией о микроструктуре и составе ранее изученных образцов. В литературе разными авторами предлагается целый спектр различных критериев для оценки достоверности данных по Ндр, среди которых важное место занимают электронномикроскопические и рентгеноструктурные исследования. В пополняемый электронный «Атлас микроструктур» отобраны типичные микроструктуры первичных и изменённых магнитных минералов, полученные В.А.Цельмовичем на микроскопе Tescan Vega II на образцах для палеомагнитных исследований. Наполнение «Атласа микроструктур» оригинальными микрофотографиями начато на Облаке по адресу <https://cloud.mail.ru/public/TJ7f/o88xiZxcX>. Предполагается, что эта информация будет пополняться. Также была проведена работа по поиску публикаций, зарубежных и отечественных, в которых приводились аналогичные исследования микроструктур (поиск проведён при участии Н.Н.Сиротинской). Найденные публикации были выложены на <https://cloud.mail.ru/public/Au5o/dv8oF1vAP>»

ПЕРВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПОЗДНЕМУ ЭДИАКАРИЮ ЮЖНОГО ТИМАНА

Шацилло А.В.¹, Колесников А.В.², Латышева И.В.², Кузнецов Н.Б.²

1. ИФЗ РАН, Москва, Россия

2. ГИН РАН, Москва, Россия

shatsillo@gmail.com

Выполнены палеомагнитные исследования красноцветных пород джежимской свиты, вскрытых в карьере Асывож (поднятие Джежим Парма). Изучено ~ 200 стратиграфических уровней, охватывающих ~70м разреза, представленного песчаниками и алевролитами, содержащими остатки позднеэдиакарских организмов (палеопаспихиды, фрондоморфы, чуариоморфные колонии, арумбериоморфные текстуры, ископаемые следы жизнедеятельности). В разрезе зафиксировано не менее 25 зон магнитной полярности, носителем намагниченности является детритовый и пигментный гематит, формирование последнего происходило в несколько этапов, что, в частности, выражено присутствием метакронной компоненты намагниченности, имеющей, вероятно, раннеюрский возраст. Направления характеристической (эдиакарской) компоненты N и R полярности значимо неантиподальны, что, вероятно, обусловлено ее загрязнением метакронными компонентами – описанной раннеюрской и «скрытой» среднедевонской компонентой, формирование которой могло быть вызвано среднедевонским размывом пород и их выведением в зону активного водообмена, что способствовало образованию пигментного гематита. «Полная» антиподальность направлений N и R полярности достигается при допущении 30%-го комбинированного вклада описанных метакронных компонент, учет этого вклада не оказывает существенного влияния на положение среднего направления (N+R) характеристической компоненты. Из-за выдержанных элементов залегания на изученном участке тест складки неприменим. Сопоставление с референтными палеомагнитными направлениями фанерозоя Балтики показывает, что «раннеюрская» компонента сформировалась до складчатости. Характеристическая компонента, независимо от выбора системы координат, не согласуется ни с фанерозойскими ни с эдиакарскими направлениями, мы предполагаем, что она сформировалась до складчатости во время или вскоре после накопления пород (палеомагнитный полюс: PLONG=32.1; PLAT= -27.9; A95=6.0). Полученный результат в комплексе с имеющимися близковозрастными определениями по позднему эдиакарию Балтики труднообъясним с позиций тектоники плит или гипотезы истинного смещения полюса, и менее «болезненно» интерпретируется в рамках идей об аномальном поведении геомагнитного поля в эдиакарии. Работы соответствуют темам государственных заданий ИФЗ РАН и ГИН РАН. Финансирование полевых работ за счет гранта РФФИ №21-77-10106.

РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЫЗРАНСКОЙ СВИТЫ (ПАЛЕОЦЕН) РАЗРЕЗА ПЕСЧАНЫЙ УМЕТ (г. САРАТОВ)

Шелепов Д.А, Гужиков А.Ю.

*Саратовский национальный исследовательский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия*

e-mail: shelepov-dmitriy@mail.ru

Получены результаты петромагнитных и палеомагнитных исследований разреза нижнесызранской подсвиты (палеоцен) Песчаный Умет (г. Саратов), представленного слабромагнитными силицитами. Выделенные компоненты естественной остаточной намагниченности имеют, в основном, аномальные направления. Ранее было установлено, что разновозрастные отложения разреза Лысая гора (~ в 25 км восточнее) обладают аналогичными палеомагнитными свойствами. Латеральная устойчивость интервала с аномальными направлениями свидетельствует в пользу частичной сохранности в породах древней компоненты намагниченности обратного знака и позволяет интерпретировать его как магнитозону обратной полярности.

Данные по разрезу Песчаный Умет стали ключевыми для обоснования бизональной палеомагнитной структуры нижнесызранской подсвиты. Подсвита характеризуется, минимум, двумя магнитозонами: нижней – прямой (или преимущественно прямой) N_{P1} и обратной (или преимущественно обратной) полярности R_{P1} . N_{P1} прослежена в трех разрезах на юге Саратовского Правобережья, а R_{P1} – в двух разрезах на территории г. Саратова. Вероятно, N_{P1} , является аналогом хрона C29n или C28n, или их совокупности, а R_{P1} – хрона C27 или/и C26.

Результаты исследований разреза Песчаный Умет, в совокупности с полученными ранее данными по разновозрастным разрезам на юге Саратовского Правобережья и г. Саратова, позволили приступить к разработке магнитостратиграфической схемы палеоцена Поволжья, провести детальную корреляцию сызранской свиты, установив при этом, что низы свиты на территории Саратова моложе, чем на юге области, примерно на 1.5 млн. лет. Сопоставление с Шкалой геомагнитной полярности указывает на возраст сызранской свиты на территории Саратова не древнее середины датского века. Продолжение палеомагнитного изучения палеоцена Поволжья, впервые начатого в 2022 году, будет способствовать проведению региональных и межрегиональных корреляций, затрудненных в связи с недостаточностью палеонтологических данных.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00159, <https://rscf.ru/project/23-27-00159/>.

МИКРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР И РАСЧЁТ БЛОКИРУЮЩИХ ТЕМПЕРАТУР МАЛЫХ ПОД ЧАСТИЦ

Щербаков В.П., Сычева Н.К.

ГО «Борок» ИФЗ РАН, Борок, Россия

e-mail: shcherbakovv@list.ru

Детальная физическая теория термоостаточной намагниченности (TRM) для псевдооднодоменных (ПОД) и многодоменных (МД) зёрен требует учета переходов между различными доменными структурами (ДС) через энергетические барьеры при охлаждении или нагреве в слабом магнитном поле. Первым шагом в направлении построения физической теории TRM является расчет энергетических барьеров E_b между локальными минимумами энергии (LEM), которые представляют различные конфигурации магнитных доменов. На основе метода упругой эластичной ленты, с использованием программного обеспечения с открытым исходным кодом MERRILL (Conbhuí et al., 2018), версия 1.35 (доступно по адресу <https://www.rockmag.org>), проведено микромагнитное моделирование ДС малых ПОД идеальных (бездефектных) частиц магнетита цилиндрической формы с высотой h и радиуса r , $h/2r = 1.29$ с целью оценки величины E_b в зависимости от температуры T и размера частиц. Показано, что для $h = 70$ нм ДС и переход через потенциальный барьер представлены модой *flower*. Для $h = (75-85)$ нм преодоление барьера происходит с образованием слабого вихря (*vortex*) вдоль короткой оси. Для $h = 90-350$ нм ДС представлена модой *vortex* с значением проекции вектора намагниченности на ось цилиндра, падающей от 0.9 до 0.05. Для $h = (90-250)$ нм преодоление барьера происходит с образованием *vortex* вдоль короткой оси. Расчёт блокирующих температур T_b показал, что при $h = 90-350$ нм они сосредоточены в окрестности всего 1-25 градусов T_c , что совершенно нереалистично, поскольку на практике T_b рассредоточены на интервале в десятки и сотни градусов. По-видимому, для приведения в соответствие теории и эксперимента представленная здесь идеальная модель требует учёта иррегулярности формы и дефектности зёрен. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00290, <http://rscf.ru/project/23-27-00290/>.

**О (НЕ)НАДЁЖНОСТИ ДАННЫХ
ПО ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТИ И ПАЛЕОНАПРАВЛЕНИЯМ
В ПРОШЛЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭПОХИ**

Щербаков В.П.¹, Люлье Ф.² Сычева Н.К.¹

1. ГО «Борок» ИФЗ РАН, Борок, Россия

2. Мюнхенский университет Людвига-Максимилиана, Мюнхен, Германия

e-mail: shcherbakovv@list.ru

Выполнен анализ статистической зависимости между V и функцией $a(I)=(1+3\cos^2I)^{-1/2}$ палеонаклонения I по Международной базе данных по палеонапряжённости (МБД). Эти величины, сильно коррелируют для преимущественно дипольного поля и предполагалось, что для мультипольной геометрии эта корреляция исчезает. Однако, анализ современных моделей геомагнитного поля, построенных на основе Большого Гауссова Процесса показал, что значимая корреляция сохраняется даже при наличии сильных вековых вариаций, слабой (включая нулевую) дипольной компоненты и присутствия значительного зашумления данных (ошибки эксперимента). Единственный вариант, когда корреляция отсутствует, связан с присутствием высокого квадрупольного или октупольного вклада, сравнимого по интенсивности с дипольным. Довольно неожиданно, для эпохи Брюнеса корреляция (V , $a(I)$) оказалась незначимой, что, впрочем, согласуется с ранее сделанным выводом о том, что для этой эпохи данные по палеонаправлениям хорошо согласуются с гипотезой центрального осевого диполя, тогда как данные по палеонапряжённости указывают на присутствие сильного квадрупольного члена [Щербаков и др., 2019]. Вместе с тем, обнаружена сильная корреляция между V и $a(I)$ для данных, полученных на породах возраста 0.773-130 млн. лет, что свидетельствует о доминировании дипольного поля в это время в соответствии с общепринятыми моделями. Поскольку для CNS коэффициент корреляции не изменяется, нет оснований полагать, что режим суперхрона обладает особыми свойствами. Данные для возрастов 130-3500 млн. лет снова указывают на отсутствие значимой корреляции, что говорит либо о массовых ошибках в определении V (а возможно, и I), либо о крайне неудачной пространственно-временной выборке объектов, по которым выполнялись определения. В любом случае, к выводам о временных изменениях палеонапряжённости и геометрии геомагнитного поля для всего интервала времени 130-3500 млн. лет, сделанными на основе анализа данных, имеющихся в МБД, следует относиться с большой осторожностью.

Работа выполнена с финансовой поддержкой гранта РФФ 23-17-00112 (ВПЩ) и Госпрограммы ГО Борок ИФЗ РАН (НКС)

**УЛЬТРАСЛАБОЕ ПОЛЕ В ДОКЕМБРИИ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТИ НА ПОРОДАХ УКРАИНСКОГО ЩИТА
ВОЗРАСТОМ 2000 – 2037 МА**

Щербачова В.В., Афиногенова Н.А., Жидков Г.В.
*Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН,
Ярославская обл., п.Борок, Россия
e-mail: aphina312@mail.ru*

Представлены новые определения палеонапряженности $B_{др}$ на древних породах Украинского Щита (УЩ) возрастом 2000 – 2037 Ма. Отбор коллекций, их палеомагнитные исследования, определения возраста пород выполнены украинскими геофизиками. Определение $B_{др}$ и сопутствующие исследования свойств пород выполнены в ГО «Борок» ИФЗ РАН.

УЩ представляет собой обнаженную кору крупного палеопротерозойского протократона и состоит из метаморфических и магматических пород. Изученные коллекции отобраны в двух разных регионах УЩ на двух объектах – **Новоукраинка (NY)** и **Дениши (DE)**. **NY** - Новоукраинский интрузивный комплекс в южной части Ингульского мегаблока УЩ, породы - габбро-монцититы, возраст (U-Pb по цирконам) - 2035 ± 10 млн лет. **DE** - Букинский комплекс, Северо-западный мегаблок УЩ, породы – монцититы, возраст (U-Pb по цирконам) - 1987 ± 14 млн. лет. Выполнены чистки образцов температурой и переменным полем, выделены характеристические компоненты (ChRM), определены палеонаправления: **NY** - $D = 46.5^\circ$; $I = 36.4^\circ$ (по 14 образцам); **DE** - $D = 40.6^\circ$; $I = 38.9^\circ$ (по 12 образцам). Рассчитанные по этим сайтам палеомагнитные полюса хорошо согласуются с полученными ранее данными для этого возраста по породам УЩ (Elming et al., 2001; 2010).

Для определения $B_{др}$ использовались 2 метода - Телье (с процедурой check-points) и Вилсона. Изучены стабильность пород к нагревам, доменная структура магнитных зёрен, сделаны рентгеноструктурный анализ и микроснимки. Породы термостабильны, носителями ChRM являются одно- и малые псевдооднодоменные зёрна магнетита. Критериям достоверности удовлетворяют 12 (14 с дублями) определений $B_{др}$ на породах Новоукраинки и 16 (21 с дублями) – на породах Дениши. Средние значения $B_{др}$ крайне низкие: 2.44 мкТл (**NY**) и 4.9 мкТл (**DE**), соответствующие им значения VDM - $0.65 \times E22 \text{ Ам}^2$ (**NY**) и $0.89 \times E22 \text{ Ам}^2$ (**DE**). Полученные результаты согласуются с немногими определениями $B_{др}$ близкого возраста, представленными в Мировой Базе Данных, и указывают на крайне низкую напряжённость поля в докембрии в период 2050-1900 Ма, - на порядок ниже VDM в кайнозойе ($\approx 8 \times E22 \text{ Ам}^2$).

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-27-00505

**ВЕЛИКАЯ ДАЙКА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (2.68 МЛРД.
ЛЕТ): ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТЬ**
Щербакова В.В.¹, Веселовский Р.В.², Жидков Г.В.¹, Афиногенова Н.А.¹,
Смирнов М.А.¹

1. ГО «Борок» ИФЗ РАН, Борок, Ярославская обл., Россия
2. Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия
e-mail: valia@borok.yar.ru

Гигантские дайки основных пород маркируют ключевые этапы эволюции Земли в докембрии и являются предметом всесторонних исследований. Мы представляем результаты палеомагнитных и петромагнитных исследований и определения палеонапряжённости $V_{др}$ коллекции образцов Великой дайки Кольского полуострова, имеющей возраст 2.68 млрд лет. Вычисленные по 5 сайтам (n=41 образец) среднее палеомагнитное направление характеристической компоненты намагниченности и палеомагнитный полюс Мурманского кратона составляют $D=117.6^\circ$, $I=77.1^\circ$, $K=40.9$, $\alpha_{95}=12.1^\circ$, $slat=69.26503^\circ$, $slong=34.35447^\circ$, $plat=51.5^\circ$, $plong=70.7^\circ$, $dp/dm=21.1^\circ/22.6^\circ$, $paleolat=65^\circ$.

Для определения $V_{др}$ отобраны 33 образца, на них определены точки Кюри T_C ; оценена термостабильность пород по кривым нагрева M_{si} до возрастающих температур; при комнатной температуре измерены V_c , V_{cr} , M_s и M_{rs} . Оценка доменной структуры (ДС) магнитных зёрен выполнялась по диаграмме Дзэ (M_{rs}/M_s vs V_{cr}/V_c) и термомагнитному (ТМ) критерию. Проведены микроструктурные и рентгеновские исследования.

Образцы стабильны к нагревам, но по ДС магнитных зёрен, согласно ТМ критерию, распадаются на 2 группы: одно/псевдооднодоменные и многодоменные. У второй группы $pTRM(T_1, T_2, T_1 > T_2)$ не размагничиваются при нагреве до T_1 , при охлаждении до T_0 эти остатки (хвосты) составляют $>20\%$ величины полной $pTRM$, как у МД зёрен. После проверочной процедуры Телье в лабораторном поле $V_{лаб}$, выполненной на образцах второй группы, попытка оценить поле $V_{лаб}$ по графикам Арай-Нагата даёт ошибку $\geq 100\%$. К рассмотрению приняты оценки $V_{др}$ по 12 образцам (23 дублям) первой группы. Получено среднее значения палеонапряжённости (5.6 ± 1.0) мкТл, что с учетом палеонаклонения $I = 77.1^\circ$ даёт среднее значение виртуального дипольного момента $VDM (0.78 \pm 0.14) \times 10^{22} \text{ Ам}^2$ (при современном значении дипольного магнитного момента $8 \times 10^{22} \text{ Ам}^2$).

Полученное на данном объекте значение VDM уникально по своему возрасту. Согласно мировой базе данных ближайшее определение с возрастом 2692 млн лет получено по коматиитам зеленокаменных поясов Африки (4 образца) с $VDM \sim (0.28-2.52) \times 10^{22} \text{ Ам}^2$ (Yoshihara, Hamano, 2004). Оба значения указывают на крайне слабое магнитное поле Земли в позднем архее — на порядок ниже современного.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-27-00505.

УЛЬТРАНИЗКАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ В МЕЗОПРОТЕРОЗОЕ (ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ОБРАЗЦОВ ИЗ ИНТРУЗИИ УДЖИНСКОГО АВЛАКОГЕНА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ВОЗРАСТОМ 1380 МЛН ЛЕТ)

Щербакова В.В.¹, Пасенко А.М.², Жидков Г.В.¹, Щербаков В.П.¹,
Афиногенова Н.А.¹

1. Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, Ярослав. обл., Борок

2. Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва

e-mail: grigor@borok.yar.ru

Время образования твёрдого внутреннего ядра Земли является проблемой первого порядка в тепловой эволюции Земли как планеты, и в её решении могут помочь, в частности, определения напряжённости древнего поля Земли $B_{др}$. С этой целью нами изучена коллекция пород возрастом ~1380 млн лет, отобранных в долине р. Уджа на территории Уджинского авлакогена из силла долеритов в районе р. Хапчаныр. Силла представляет собой интрузию мощностью 5–7 метров, прорывающую алевролиты и карбонаты уджинской свиты. С целью получения достоверных определений палеонапряжённости $B_{др}$ изучены магнитные и термомагнитные свойства исследуемых пород, проведены их рентгеноструктурные и микромагнитные исследования. Показано, что носителями характеристической компоненты природной намагниченности являются одно- и малые псевдооднодоменные зёрна магнетита. Для определения $B_{др}$ использовались два метода — процедура Телье-Коу с выполнением повторных нагревов до более низких температур (процедура *pTRM-check*) и экспресс-метод Вилсона. На 10 образцах (33 дублях) получены определения палеонапряжённости, которые проходят критерии селекции. Среднее значение $B_{др}$ крайне низкое и составляет 4.33 мкТл; посчитанное соответствующее значение виртуального дипольного момента VDM равно 10.6×10^{21} Ам², что почти на порядок ниже величины VDM в кайнозое ($\approx 80 \times 10^{21}$ Ам²). Проведен анализ блока данных VDM на интервале (350–3500) млн лет, представленных в мировой базе данных [Мировая..., 2022]. Видно, что прослеживается чередование периодов низкой и высокой напряжённости палеополя в докембрии и палеозое, что свидетельствует о большой вариабельности режимов работы геомагнитного динамо независимо от существования или отсутствия твёрдого ядра Земли. Важно отметить, что количество достоверных значений VDM на столь протяжённом временном интервале (350–3500) млн лет слишком мало по объёму для проведения полного статистического анализа, чтобы на его основе выделять какой-либо интервал времени как наиболее вероятный для образования внутреннего ядра.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-27-00505.

ПЛИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АРКТИЧЕСКИХ ПОДНЯТИЙ

Элькина Д.В.¹, Пискарев А.Л.^{1,2}, Безумов Д.В.¹

1. ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

2. Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: darielfly@gmail.com

Исследования палеомагнетизма донных осадков, проведенных для разных участков Центрально-Арктических поднятий по колонкам донных осадков длиной от 2-х до 10 метров, показывают явные различия как условий, так и средних скоростях осадконакопления. Если для Американо-Северного бассейна скорости осадконакопления составляют 1-3 мм в тысячу лет в период времени вплоть до раннего плиоцена, то в Евразийском бассейне скорости осадконакопления в несколько раз выше.

Некоторые опубликованные данные современных палеомагнитных измерений, выполненных на высоком аппаратурно-методическом уровне, незаслуженно подвергаются сомнению и не включаются в обобщающие сводки из-за предубеждения к применимости метода для осадков Северного Ледовитого океана. С учетом результатов наших исследований, эти данные могут быть использованы, но при этом следует учитывать неравномерность поступления и геохимические особенности осадочного материала.

Комплексная интерпретация сейсмоакустической и палеомагнитной информации на примере котловины Подводников показывает, что есть основания для распространения средних скоростей осадконакопления, рассчитанных по палеомагнитным данным, на верхние толщи осадков, просматриваемые по данным непрерывного сейсмоакустического профилирования, на глубину до 50 м. При таком подходе, самые древние возраста просматриваемых на сейсмоакустических разрезах толщ, определяются как раннемиоценовые. Учитывая полное отсутствие прямых определений возраста осадочных пород на огромных площадях глубоководной области Арктического бассейна, эти данные следует принимать во внимание при оценке возраста реперных горизонтов, выделяемых по сейсмическим данным в осадочном чехле этого региона.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ МАГНИТНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРА БЕЛОЕ (ЮЖНАЯ СИБИРЬ, РОССИЯ)

Юсупова А.Р.¹, Кузина Д.М.¹, Нургалиев Д.К.¹

*1. Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
e-mail: i@ajusupova.ru*

Озеро Белое находится у северных склонов Кольванского хребта (Южная Сибирь). Площадь зеркала 2,9 км², длина 2.4 км, ширина 1,2 км, средняя глубина – 4,5 м, наибольшая – 7,4 м. В озеро впадают два ручья, а вытекает река Белая.

Отбор донных отложений проводился с глубины 6 м (N 51°17,4223'; E 82°39,1003') с последующим отбором образцов с шагом 2 см. Длина изучаемой керновой колонки составила 452 см. Всего было отобрано 3 керновые колонки длиной от 452 до 518 см.

Детальные комплексные исследования включали в себя измерения магнитной восприимчивости, коэрцитивную спектрометрию, дифференциальный термомагнитный анализ.

Установлено, что измеренные значения магнитной восприимчивости по образцам колонок №1,2,3 находятся в диапазоне от 0,16 до 13,14·10⁻⁷ м³/кг. Нижняя часть разреза керновых колонок №1-3 характеризуются повышенными значениями МВ. Значительное содержание магнитного материала в осадках указывает на активную поставку обломочного материала в бассейн седиментации. Средняя часть разреза характеризуется снижением значений МВ, что может указывать как на увеличение глубины озера, так и на снижение влажности климата. В верхней части разреза значения МВ увеличиваются, что может указывать на увеличение влажности климата.

Соотношение гистерезисных параметров (V_{cr}/V_c, M_{rs}/M_s) образцов донных отложений колонки №2 демонстрирует наличие смеси однодоменных, псевдооднодоменных, многодоменных и суперпарамагнитных зерен. По результатам ДТМА в осадках озера Белое фиксируется наличие пирита.

Исследования магнитных свойств осадков озера Белое позволили провести предварительную реконструкцию условий окружающей среды на территории Южной Сибири. Однако, для более детальной и точной палеорекострукции необходимы дополнительные исследования минерального и элементного состава изучаемых донных отложений и радиоуглеродное датирование.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 22-47-08001.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ МАГНИТО-
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОЗЕРА КАНДРЫ-КУЛЬ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН,
РОССИЯ)**

Юсупова А.Р., Кузина Д.М., Нургалиев Д.К., Антоненко В.В., Муликова Д.И.

*Казанский федеральный университет, институт геологии и
нефтегазовых технологий, Казань, Россия
e-mail: yusupovaanast095@gmail.com*

Известно, что осадки современных озер являются архивами информации об изменении окружающей среды в геологическом прошлом.

Озеро Кандрыкуль расположено на территории в Республике Башкортостан (54°30'10" с.ш. и 54°03'50" в.д.). Детальный комплексный анализ включал в себя измерения магнитной восприимчивости (МВ), коэрцитивную спектрометрию, дифференциальный термомагнитный анализ (ДТМА), а также определение минерального состава.

Анализ магнитных и минералогических характеристик осадочных отложений озера Кандрыкуль позволил выявить этапы повышения/понижения влажности климатических условий.

Для первого интервала (526–360 см) характерны низкие значения МВ, парамагнитной составляющей (k_{para}) и содержания аллотигенных минералов. Карбонатные минералы представлены преимущественно кальцитом и арагонитом. Также в осадках установлено наличие гипса (вероятное событие аридизации).

Второй интервал (360–230 см) характеризуется увеличением значений МВ, k_{para} , аллотигенной компоненты и кальцита, что свидетельствует об увеличении влажности климата. Согласно результатам ДТМА, магнитные минералы представлены магнетитом по ДТМА.

Интервал 3 (230–110 см) характеризуется повышенным содержанием аллотигенных минералов, кальцита, снижением значений магнитных показателей и содержания арагонита. Полученные результаты свидетельствуют об увлажнении климата.

Четвертая зона (110–0 см) характеризуется резким снижением магнитных характеристик и аллотигенной составляющей. Содержание арагонита и кальцита увеличивается. По данным минерального анализа, а также ДТМА магнитные минералы представлены сульфидами железа. Установлено наличие в осадках гипса, что указывает на уменьшение влажности климата.

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030)»

СОДЕРЖАНИЕ

Акчурин Н.Н., Данукалов К.Н., Парфирьев Н.П. ХАРАКТЕР НЕКОТОРЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНВЕРСИЙ В КАТАВСКОЙ СВИТЕ (ЮЖНЫЙ УРАЛ).....	4
Алагияванна И.А.Э., Виноградов Е.В. ПЕРВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПРАВОТАРЛАШКИНСКОМУ И БАШКЫМУГУРСКОМУ ГАББРОИДНЫМ МАССИВАМ ЗАПАДНОГО САНГИЛЕНА	5
Аносова М.Б., Латышев А.В. АНИЗОТРОПИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ В ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛАХ БАШКИРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ.....	6
Афремов Л.Л., Ильющин И.Г. К ЗАДАЧЕ О НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОКИСЛЕНИИ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА	7
Белоконь В.И., Дьяченко О.И. МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВАХ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ...	8
Веселовский Р.В., Фетисова А.М. ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ПОЛЮСЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ГРАНИЦЫ ПЕРМИ И ТРИАСА	9
Водовозов В.Ю. ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ МЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКИХ МЕТАГАББРОИДОВ МАССИВА ПАЗ-КОУВ ОАЗИСА БАНГЕРА (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА).....	10
Гаврюшкин Д.А., Максимов Ф.Е., Пасенко А.М., Веселовский Р.В. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ДАТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА СКОРОСТИ РОСТА СПЕЛЕОТЕМА ПЕЩЕРЫ ВОРОНЦОВСКАЯ (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ).....	11
Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Семаков Н.Н. РЕГИОНАЛЬНЫЙ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ВЕРХНЕГО МЕЛА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	12
Голованова И.В., Сальманова Р.Ю., Данукалов К.Н., Парфирьев Н.П. НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ И ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЗДНЕРИФЕЙСКОЙ КАТАВСКОЙ СВИТЫ, ЮЖНЫЙ УРАЛ.....	13
Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю., Рябов И.П., Устинова М.Н., Вишневецкая В.С. ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕЛОВОГО СУПЕРХРОНА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ТУРОНА–САНТОНА ЮЗ КРЫМА).....	14
Данукалов К.Н., Голованова И.В., Парфирьев Н.П., Сальманова Р.Ю. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНВЕРСИЙ В ПОЗДНЕРИФЕЙСКОЙ КАТАВСКОЙ СВИТЕ, ЮЖНЫЙ УРАЛ.....	15

Диденко А.Н., Носырев М.Ю., Гильманова Г.З. ПЕРИОДИЧНОСТЬ И КИНЕМАТИКА ФОРМИРОВАНИЯ CU-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТИХООКЕАНСКОГО КОЛЬЦА.....	16
Домашайтис А.А., Добрецов В.Н., Шелепаев Р.А. ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ И ДЗ В КАРТИРОВАНИИ ИНТРУЗИВА СИНЯЯ ЮРТА (ЗАПАДНЫЙ САНГИЛЕН).....	17
Дуданова В.И., Веселовский Р.В. ГРЕЙГИТ В МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ МИКУЛИНСКОГО ГОРИЗОНТА ВЕРХНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА В РАЗРЕЗЕ «ЭТАЛОН» (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	18
Дядьков П.Г., Сайлымбы Д.Ю., Михальцов Н.Э., Есин Е.И., Евменов Н.Д. ОЦЕНКА ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГРАНИЦЫ КЮРИ В РАЙОНЕ ЗАРЕЧЕНСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ (ВОСТОЧНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗ.БАЙКАЛ).....	19
Елисеев А.А., Метелкин Д.В., Михальцов Н.Э., Абашев В.В., Виноградов Е.В. ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ АБИНСКОЙ СЕРИИ КУЗНЕЦКОГО ПРОГИБА.....	20
Иосифиди А. Г., Сальная Н. В. ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	21
Иосифиди А. Г., Сальная Н. В. МАГНИТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ РАННЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН (СВИТА ФРЕНКЕЛЬРЮГГЕН).....	22
Казанский А.Ю., Корсаков. М.А., Антонов Е.Ю. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЕМ МЕТОДА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОЭРЦИТИВНЫХ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ.....	23
Каримов Ф.Х. АНАЛИЗ КРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ САМООБРАЩЕНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД.....	24
Коваленко Д.В. ГЕОДИНАМИКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА.....	25
Константинов И.К., Константинов К.М., Хороших М.С., Киргуев А.А. ПЕТРО- И ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТАКТНО ИЗМЕНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	26
Константинов К.М., Снопков С.В., Кожевников О.Н., Давыденко Ю.А., Кузина Д.М., Валькова Е.Д., Константинов И.К., Старовойтов А.В. АРХЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ДРЕВНЕЙ МЕТАЛЛУРГИИ ЖЕЛЕЗА В ПРИОЛЬХОНЬЕ (НОВЫЕ ДАННЫЕ).....	27
Костеров А.А. L-ОБРАЗНЫЕ ДИАГРАММЫ АРАИ-НАГАТЫ И НАДЕЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕТОДОМ ТЕЛЬЕ.....	28
Костеров А.А. ПЕРЕХОД ВЕРВЕЯ В МАГНЕТИТСОДЕРЖАЩИХ	

ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПО ДАННЫМ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ.....	29
Кузина Д.М., Щербаков В.П., Сальная Н.А., Юсупова А.Р., Нургулиев Д.К. ИЗУЧЕНИЕ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ПО ОСАДОЧНЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ).....	30
Кузьмичева М.Ю., Иванов Б.А. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ КРАТЕРА БОСУМТВИ, СХОДНОГО ПО РАЗМЕРУ И ВОЗРАСТУ С КРАТЕРОМ ЖАМАНШИН.....	31
Кулакова Е.П ЗАПИСЬ ИНВЕРСИИ МАТУЯМА-БРЮНЕС В ЛЁССОВО-ПОЧВЕННЫХ РАЗРЕЗАХ ТАДЖИКИСТАНА.....	32
Ладыгина Л.Л., Фетисова А.М. ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ПЕТРОМАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ СРЕДНЕВОЛЖСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ Р. АЙЮВА (РЕСП. КОМИ).....	33
Латышев А.В., Аносова М.Б., Латанова Е.А., Бергаль-Кувикас О.В. ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ НЕОГЕНОВЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ.....	34
Лебедев И.Е. АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ МЕЛОВОГО СУПЕРХРОНА.....	35
Леонова М.А., Марков Г.П. ТЕРМОМАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕОРДОВИКСКИХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД РАЗРЕЗА Р. ЛЫННА (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.).....	36
Лубнина Н.В., Бычков А.Ю. ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ ПОРОД: НОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ.....	37
Лузан М.Е., Метелкин Д.В., Елисеев А.А. К ВОПРОСУ КОНФИГУРАЦИИ ДЕВОНСКОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПРИЧИНАХ ПСЕВДОХАОТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ВЕКТОРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ БАЗИТОВ МИНУСИНСКОГО ПРОГИБА.....	38
Максимочкин В.И., Зинкин Д.В. ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ПОРОДАМ, СФОРМИРОВАННЫМ В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ.....	39
Максимочкин В.И., Павлов А.С. ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ СЖАТИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА ТЕРМООСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ БАЗАЛЬТОВ.....	40
Матасова Г.Г., Казанский А.Ю., Щетников А.А., Филинов И.А. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СИБИРИ ПО ДАННЫМ ПАЛЕО- И ПЕТРОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	41
Мещерякова О.А., Курбанов Р.Н. ПАЛЕО- И ПЕТРОМАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЁССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЙ ВЕРХНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ХОНАКО-II.....	42
Минюк П.С., Пожидаева Д.К., Морозова М.А. КОМПЛЕКСНЫЕ	

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДКОВ ОЗЕРА ВОДРАЗДЕЛЬНОЕ, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ.....	43
Насыртдинов Б.М., Старовойтов А.В., Хамиев М.М. РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОМАГНИТОРАЗВЕДКИ НА РОМАШКИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ НЕФТИ И ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	44
Нургалиев Д.К., Кузина Д.М., Крылов П.С., Косарева Л.Р., Ясонов П.Г., Борисов А.С. ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО И ПАЛЕОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БАЛХАШ, КАЗАХСТАН).....	45
Нургалиев Д.К., Кузина Д.М., Косарев В.Е., Насыртдинов Б.М. ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАГНЕТИЗМА ГОРНЫХ ПОРОД В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ.....	46
Павлов В.Э. ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВАРИАЦИЙ ДРЕВНЕГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.....	47
Павлов В.Э. СУЩЕСТВУЕТ ЛИ СВЯЗЬ МЕЖДУ ЭВОЛЮЦИЕЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, ПРОИСХОДЯЩИМИ В ГЛУБИНАХ ПЛАНЕТЫ И НА ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ?	48
Парфирьев Н.П., Данукалов К.Н., Голованова И.В., Дьякова С. А ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТА ВНУТРИФОРМАЦИОННЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ В КАТАВСКОЙ СВИТЕ ПОЗДНЕГО РИФЕЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ).....	49
Пасенко А.М., Павлов В.Э., Федюкин И.В. НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ИНТРУЗИВНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ТЕЛ АНАБАРСКОГО МАССИВА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	50
Песков А.Ю., Диденко А.Н., Каретников А.С., Климин М.А., Архипов М.В., Кожемяко Н.В., Тихомирова А.И. ТОРФЯНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАК НОВЫЙ ИСТОЧНИК ПАЛЕОМАГНИТНОЙ ЗАПИСИ В ГОЛОЦЕНЕ....	51
Пилипенко О.В., Марков Г.П., Сальная Н.В., Афиногенова Н.А. ОБРАЗОВАНИЕ АРХЕОМАГНИТНОЙ ЗАПИСИ В СОВРЕМЕННОЙ ОБОЖЖЕННОЙ КЕРАМИКЕ.....	52
Решетников М.В., Шкодин С.Д., Шеуджен А.Ш. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРОМАГНИТНОГО МЕТОДА ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	53
Сальная Н.В., Пилипенко О.В., Костадинова-Аврамова М. ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА ТЕЛЬЕ-КОЭ-ТРИАКС С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ТЕРМОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ.....	54

Сальная Н.В., Федюкин И.В. ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЕЗА ДЕВОНСКИХ ПОРОД АНДОМСКОЙ ГОРЫ.....	55
Сергиенко Е.С., Янсон С.Ю., Бобров Н.Ю., Карпинский В.В., Харитонский П.В. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЖАМАНШИН. ИСТОРИЯ И НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ.....	56
Сергиенко Е.С., Дубешко Д.Д., Янсон С.Ю., Харитонский П.В. ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ИСКУССТВЕННЫХ СТЕКЛАХ.....	57
Сиротин К. А., Веселовский Р. В., Савельев А. Д. ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ТРИАСОВЫХ БАЗАЛЬТОВ Р.АНАБАР (СЕВЕР СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ).....	58
Смирнов М.А., Афиногенова Н.А., Жидков Г.В. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТИ ПО МЕТОДАМ ТЕЛЬЕ, ВИЛЬСОНА И ПСЕВДОТЕЛЬЕ НА ОБРАЗЦАХ ЛАВОВЫХ ПОТОКОВ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА.....	59
Старунов В.А., Костеров А.А. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ ПРЕЙЗАХА....	60
Старченко С.В. УРОВНИ СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И СКОРОСТИ КОНВЕКЦИИ.....	61
Старченко С.В., Яковлева С.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭВОЛЮЦИОННЫЙ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ И ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ДИПОЛЬНЫХ И НЕДИПОЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ ГЕОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ.....	62
Суловицкий Л.В., Макаренко Е.А., Коробков Д.А., Лукин М.А. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО МАГНИТНЫМ СВОЙСТВАМ ГОРНЫХ ПОРОД.....	63
Ушаков Д.А., Лебедев И.Е, Павлов В.Э. ВЛИЯНИЕ ОШИБОК ОРИЕНТАЦИИ, СВЯЗАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНОГО КОМПАСА, НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПАЛЕОМАГНИТНОГО ПОЛЮСА И АМПЛИТУДЫ ДРЕВНИХ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ.....	64
Фаттахова Л.А., Решетников М.В., Кузина Д.М., Хасанов Д.И. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ДУБРАВНЫЙ ЛЕС (Г. КАЗАНЬ).....	65
Федюкин И.В., Багдасарян Т.Э., Афиногенова Н.А. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАГНИТНЫХ МИНЕРАЛОВ В АНДЕЗИБАЗАЛЬТАХ ЮГО-ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ.....	66
Федюкин И.В., Шацилло А.В., Романюк Т.В., Латышева И.В., Донцова К.И., Кузнецов Н.Б. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ	

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОЗОЙСКИХ И МЕЗОЗОЙСКИХ ПОРОД ЛАБИНО-МАЛКИНСКОЙ ЗОНЫ БОЛЬШОГО КAVKAZA.....	67
А.М. Фетисова, Р.В. Веселовский НОВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПЕРМО-ТРИАСОВЫМ РАЗРЕЗАМ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....	68
Хохлов А.В., Гвоздик Г.А. МЕТОД А95 ПО ФИШЕРУ И ЕГО АЛЬТЕРНАТИВЫ.....	69
Целебровский А. Н., Максимочкин В. И., Грачёв Р. А. РОЛЬ ИНЕРТНОЙ СРЕДЫ В ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	70
Цельмович В.А., Чернышов С.П. АТЛАС МИКРОСТРУКТУР НОСИТЕЛЕЙ МАГНЕТИЗМА ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ.....	71
Шацилло А.В., Колесников А.В., Латышева И.В., Кузнецов Н.Б. ПЕРВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПОЗДНЕМУ ЭДИАКАРИЮ ЮЖНОГО ТИМАНА.....	72
Шелепов Д.А, Гужиков А.Ю. РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЫЗРАНСКОЙ СВИТЫ (ПАЛЕОЦЕН) РАЗРЕЗА ПЕСЧАНЫЙ УМЕТ (г. САРАТОВ).....	73
Щербаков В.П., Сычева Н.К. МИКРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР И РАСЧЁТ БЛОКИРУЮЩИХ ТЕМПЕРАТУР МАЛЫХ ПОД ЧАСТИЦ.....	74
Щербаков В.П., Люлье Ф. Сычева Н.К. О (НЕ)НАДЕЖНОСТИ ДАННЫХ ПО ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТИ И ПАЛЕОНАПРАВЛЕНИЯМ В ПРОШЛЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭПОХИ.....	75
Щербакова В.В., Афиногенова Н.А., Жидков Г.В. УЛЬТРАСЛАБОЕ ПОЛЕ В ДОКЕМБРИИ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТИ НА ПОРОДАХ УКРАИНСКОГО ЩИТА ВОЗРАСТОМ 2000 – 2037 МА...	76
Щербакова В.В., Веселовский Р.В., Жидков Г.В., Афиногенова Н.А., Смирнов М.А. ВЕЛИКАЯ ДАЙКА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (2.68 МЛРД. ЛЕТ): ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТЬ.....	77
Щербакова В.В., Пасенко А.М., Жидков Г.В., Щербаков В.П., Афиногенова Н.А. УЛЬТРАНИЗКАЯ НАПРЯЖЁННОСТЬ В МЕЗОПРОТЕРОЗОЕ (ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ОБРАЗЦОВ ИЗ ИНТРУЗИИ УДЖИНСКОГО АВЛАКОГЕНА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ВОЗРАСТОМ 1380 МЛН ЛЕТ).....	78
Элькина Д.В., Пискарев А.Л., Безумов Д.В. ПЛИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АРКТИЧЕСКИХ ПОДНЯТИЙ.....	79
Юсупова А.Р., Кузина Д.М. , Нургалиев Д.К. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ МАГНИТНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРА БЕЛОЕ (ЮЖНАЯ СИБИРЬ, РОССИЯ).....	80
Юсупова А.Р., Кузина Д.М., Нургалиев Д.К., Антоненко В.В., Муликова	

Д.И.	ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ	ДАННЫЕ	МАГНИТО-	
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА				
КАНДРЫ-КУЛЬ	(РЕСПУБЛИКА	БАШКОРТОСТАН,		
РОССИЯ).....				81

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И
МАГНЕТИЗМ ГОРНЫХ ПОРОД»

Сборник тезисов