

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И МАГНЕТИЗМ НИЖНЕПЕРМСКИХ
ОТЛОЖЕНИЙ АДЫГЕИ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса магистратуры 261 группы
направления 05.04.01. «Геология»
профиль: «Геофизика при поисках нефтегазовых месторождений»
геологический факультет
Кравцова Никиты Владимировича

Научный руководитель:

д. г.-м. н., профессор _____ А. Ю. Гужиков

Зав. кафедрой геофизики:

к. г.-м. н., доцент _____ Е.Н. Волкова

Саратов, 2025

Введение. Актуальность работы: В настоящей работе приводятся результаты палеомагнитных и петромагнитных исследований нижнепермских отложений, слагающих аксаутскую свиту на территории учебного полигона «Белая речка» Южного федерального университета (Майкопский район, Республика Адыгея). Приведенные в магистерской работе результаты являются впервые полученными материалами по магнетизму и палеомагнетизму нижнепермских пород Адыгеи. Следует отметить, что палеомагнитные данные по перми Кавказа в целом крайне ограничены: до настоящего времени в палеомагнитном отношении изучено не более 10 обнажений перми на Северном Кавказе и Закавказье, причем большая часть этих исследований проводилась в 70-80-е годы прошлого века. Между тем петромагнитные и палеомагнитные данные актуальны как для проведения палеогеодинамических и тектонических реконструкций, так и для магнитостратиграфии. Положения, выносимые на защиту магистерской диссертации:

1. Получены новые палео- петромагнитные данные, посчитан палеомагнитный полюс по нижнепермским отложениям Адыгеи, Даховского полигона.
2. На основе анализа анизотропии магнитной восприимчивости, был получен результат о деформации пород, которая обусловлена, главным образом, коллизионным сжатием.

Отдельным аспектом исследований является получение петромагнитных характеристик, позволяющих судить о многих условиях образования, о степени изменения и деформации пород. Следует ожидать, что получение новых петромагнитных данных, в том числе по анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ), позволит выяснить новые важные особенности и уточнить геологическое строение исследуемых районов.

Цель работы: получение палеомагнитных и петромагнитных данных по нижнепермским отложениям Адыгеи и выяснение их геологической информативности.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. Знакомство с геологическим строением учебного полигона «Белая речка» Южного федерального университета (Майкопский район, Республика Адыгея).
2. Проведение лабораторных палеомагнитных и петромагнитных исследований нижнепермских отложений.
3. Анализ и геологическая интерпретация полученных данных.

Фактический материал: за время полевых работ (2023–2024) была собрана коллекция из 24 ориентированных штуфов из 12 точек наблюдения аксаутской свиты. В общей сложности палео- и петромагнитным исследованиям подвергнуто более 105 кубиков.

Данная работа выполнялась в учебно-научной лаборатории петрофизики геологического факультета Саратовском национальном исследовательском государственном университете им. Н. Г. Чернышевского (СГУ) под руководством научного руководителя – профессора А. Ю. Гужикова.

Автор глубоко благодарен всем сотрудникам лаборатории Петрофизики СГУ и особенно профессору кафедры общей геологии и полезных ископаемых А.Ю. Гужикову, исполняющему обязанностей заведующего кафедры петрологии и прикладной геологии Д.А. Шелепову, доценту кафедры общей геологии и полезных ископаемых А. Г. Маникину, за предоставленный материал, всестороннюю помощь и поддержку на всех этапах написания данной работы, многочисленные консультации, замечания и помощь в подготовке работы.

Магистерская работа содержит в себе введение, заключение, список использованных источников, а также 3 раздела основного содержания работы:

1 Геологическое строение района исследований

2 Методика работ

3 Результаты работ

Основное содержание работы. Первый раздел «Геологическое строение района исследований» подразделяется на 4 подраздела.

В подразделе 1.1 описываются аспекты физико-географических условий территории проведения работ.

В подразделе 1.2 описывается тектоническое строение территории Даховского полигона. Даховский гранитный массив располагается на территории Северо-Кавказского краевого массива, который представляет собой краевой массив эпигерцинской Скифской плиты. В нем выделяются структурно-тектонические зоны: Северо-Кавказская моноклираль, Руфабгинское поднятие, Гудский прогиб, Даховский горст и северное крыло Дудугушского прогиба.

Изучаемая территория имеет своеобразное тектоническое положение, которое выразилось в сложной истории развития, высокой степени тектонической активности и в разнообразии интрузий. Именно эти процессы обусловили возникновение трех тектонических комплексов: протерозой-палеозойского, триас-олигоценного и неоген-четвертичного. Каждый из этих комплексов состоит из структурных этажей, описание которых характеризует определенный этап геологического развития района.

Подраздел 1.3 посвящен стратиграфии Даховского полигона. Изучаемый район сложен отложениями протерозойского, палеозойского, мезозойского, кайнозойского возрастов, и представлен комплексом магматических, метаморфических и осадочных пород.

Подраздел 1.4 посвящен истории геологического развития Даховского поднятия. Этапы геологического развития изучаемого района прослеживаются с позднего протерозоя до настоящего времени.

В современной структуре региона выделяют байкальский, позднепалеозойский, триасовый, нижнесреднеюрский, средневерхнеюрский,

неоген-четвертичный. Древнейшими образованиями в исследуемом районе являются породы позднего протерозоя (амфиболитовые сланцы, биотиты, амфиболиты. В байкальскую эпоху тектогенеза изучаемая территория испытывала сжатие. В результате этих позднепротерозойских процессов нижнепалеозойские породы были собраны в сложные системы складок и сильно метаморфизованы. В среднем палеозое район вновь покрылся морем, но осадки этого времени на изученной площади отсутствуют. В конце среднего палеозоя начался герцинский этап тектогенеза. Раннегерцинские движения до раннего карбона не несли значительных изменений в созданную структуру района. Территория представляет собой сушу. На глубине в среднем карбоне, в процессе коллизии, произошел разогрев коры, и образовались граниты. В начале перми район в результате герцинских движений превратился в горную систему с горными впадинами. При интенсивном разрушении гор возникающий грубообломочный материал накапливался в виде молассовой толщи в этих впадинах. Состав моласс – красноцветные конгломераты, песчаники, аргиллитов мощностью около 3000 м. В поздней перми континентальный режим сменился на морской, оставивший после себя мощные толщи карбонатных осадков – верхнепермских известняков с остатками кораллов. Эти отложения характеризуют окончание герцинской эпохи тектогенеза.

Начало мезозоя ознаменовалось началом нового этапа. В триасе происходит расширение трансгрессии. В течение индского и анезийского веков образуются толщи карбонатных песчаников, а затем плитчатых известняков, что свидетельствует о морском режиме осадконакопления. Туфопесчаники индского века указывают на отдаленный вулканизм в данный промежуток времени.

Развитие триаса происходило на фоне периодического пригибания рельефа.

На границе триаса и юры изучаемый район был охвачен довольно интенсивной складчатостью, сопровождавшейся значительными поднятиями.

Нижняя юра ознаменовалась началом нового этапа. Территория вновь подвергалась трансгрессии, о чем свидетельствует наличие крупногалечных нижнетюарских конгломератов, сменяющихся по разрезу толщей песчаников с прослоями гравелитов. В аалене трансгрессия достигла своего максимума, но море было мелководным. Конец средней юры ознаменовался ярко выраженной предкелловейской складчатостью, в результате которой сформировались основные складчатые структуры района – Гудская и Монахская синклинали. Окончательно сформировалась Руфабчинская брахиантиклиналь. В келловее началась трансгрессия, в оксфорд-кимеридже бассейн медленно углублялся, отложения титона формировались в лагунных условиях. В мелу и палеогене, несмотря на многочисленные поднятия, на территории сохранился морской режим осадконакопления. Существенных тектонических движений не происходило. Конец палеогена и неоген были ознаменованы общим воздыманием района и интенсивной альпийской складчатостью. В конце эоцена в начале олигоцена наступает заметный перелом в развитии региона, знаменующий собой переход к орогенному этапу альпийского цикла. Преолигоценовые поднятия подобно предыдущим фазам поднятия сопровождались складкообразованием и даже надвигами, как, например, на Северо-Западном Кавказе. Неоген–антропоген явились временем активного складко- и разрывообразования в периферических зонах Большого Кавказа, на обоих его погружениях, в частности в районе Таманского полуострова и в Западно-Кубанском и особенно Терском передовых прогибах.

Второй раздел посвящен методике работ.

Первый подраздел 2.1 «Петромагнитные и магнито-минералогические исследования» посвящен описанию последовательности выполненных нами лабораторных измерений в ходе петромагнитных исследований.

Петромагнитные исследования направлены на изучение широкого спектра магнитных свойств горных пород и могут быть применены при решении ряда стратиграфических и палеогеографических задач, таких как

расчленение, корреляция разрезов и выяснения условий формирования осадочных пород. Важным достоинством петромагнитного метода, использующим скалярные характеристики, является его оперативность и, как следствие, массовость.

Исследования петромагнитных параметров преследовали две цели: во-первых, получение новой и нетривиальной геологической информации, а во-вторых, оценка пригодности отобранных пород для дальнейших палеомагнитных исследований. Исследования включали массовые измерения магнитной восприимчивости (K), термокаппаметрии (Kt), естественной остаточной намагниченности (J_n), остаточной намагниченности насыщения (J_{rs}), остаточной коэрцитивной силы (H_{cr}) и других параметров магнитного насыщения.

Измерения магнитной восприимчивости, ее частотных зависимостей и АМВ проводились в лаборатории Петрофизики СГУ (г. Саратов) на мультислотном каппабридже – МФК1-ФВ. Для проведения термокаппаметрического анализа образцы нагревались в печи СНОЛ 6/11-В с программным регулированием температуры.

Метод изучения анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) заключается в последовательном измерении магнитной восприимчивости по 15, определенным образом выбранным. Данные АМВ образца традиционно представляются в виде трехосного эллипсоида, с максимальной (длинной) K_1 , промежуточной (средней) K_2 и минимальной (короткой) K_3 осями восприимчивости.

Различные типы магнитной анизотропии могут быть индикаторами гидродинамического режима среды осадконакопления, показателями интенсивности деформаций пород и других особенностей седиментогенеза и эпигенеза.

Во втором подразделе 2.2 «Методика палеомагнитных исследований» приведено описание последовательности работ в ходе палеомагнитных исследований.

Палеомагнитный метод сейчас является неотъемлемой частью стратиграфического исследования. Уровень геомагнитной инверсии, соответствующий изменению режима поля полярности, является важнейшим изохронным репером для глобальной и региональной корреляции.

Комплексная обработка био и магнито-статиграфических данных дает возможность наиболее детально сопоставить удаленные разрезы и контролировать диахронность границ как литологических, а также палеонтологических обоснований, выявлять перерывы в осадконакоплении и оценивать их длительность, уточнять возраст отложений.

Палеомагнитные исследования проводились по стандартной методике и заключались в проведении магнитных чисток переменным полем (h -чистки), с последующими замерами J_n .

Замеры J_n проводились на приборе: спин-магнитометре **JR-6** (лаборатория Петрофизики СГУ, г. Саратов). Магнитные чистки проводились в диапазоне от 2–5 мТл до 10 мТл с шагом от 5 до 10 мТл.

Результатом исследований стало выделение наиболее стабильных характеристических компонент (**ChRM**) и выявление на их основе магнитополярных характеристик.

В подразделе 2.3 «Компонентный анализ» приведено описание последовательности работ в ходе проведения компонентного анализа.

Компонентный анализ палеомагнитных данных осуществлялся путём анализа и интерпретации диаграмм Зийдервельда, графиков размагничивания и стереографических проекций J_n , в программном обеспечении Remasoft 3.0.

В подразделе 2.4 «Шлифовый анализ» приведено описание методики работ по литолого – петрографическим исследованиям и по изготовлению шлифов.

В третьем разделе «Результаты работ» повествуется о полученных результатах, в ходе выполненных работ.

Шлиф №1, №2. Макроскопически порода представлена плотным, мелкозернистым песчаником, буро – красного цвета, часто с прожилками кальцита, образцы реагируют в большинстве случаев с соляной кислотой.

Шлиф №3. Макроскопически порода представлена плотным, серым хемогенно - осадочным известняком, реагирующим с соляной кислотой (HCl).

Магнитная восприимчивость пород варьирует от 6.8 до $24 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, наименьшие значения параметра приходится на сероцветные песчаники. Красноцветные песчаники нижней перми не сильно отличаются друг от друга по литологическим свойствам. Естественная остаточная намагниченность пород варьируется от 0,35 до $3 \cdot 10^{-3}$ А/м.

По результатам магнитного насыщения в штуфах выявлена только магнитожесткая фаза, характерная для гематита и гидроокислам железа, так же в штуфе 25 выявлена только магнитомягкая фаза, характерная для магнетита и титаномагнетитов, Кривые магнитного насыщения, соответствующие штуфу 27, выходят на пологую ветвь в районе 300 мТл, но не достигают полного магнитного насыщения вплоть до 700 мТл, что свидетельствует о присутствии в них магнитожестких минералов (вероятно, продуктов окисления магнетита и титаномагнетитов), наряду с доминирующими магнитомягкими ферромагнетиками.

Впервые получены данные по анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) нижнепермских отложений Адыгеи, представленных преимущественно красноцветными песчаниками. Изученная коллекция насчитывает 105 ориентированных образцов, взятых на левом берегу р. Белой между пп. Хамышки и Гузерипль.

Распределение осей АМВ характерно для отложений, испытавших сильные деформации: средние положения коротких осей (К3) во всех сайтах, за исключением сайта 7, отклонены от вертикального положения на 60-90°. Смещения К3 в направлении юг–север ($\pm 20^\circ$) отражают субмеридиональную ориентировку тектонических стрессов, примерно совпадающую с главным

вектором коллизионного сжатия на Кавказе. Об интенсивности тектонических деформаций позволяют судить отклонения коротких осей от вертикали и компактность группировки осей **АМВ** (чем больше отклонения и чем меньше овалы доверия K_1 , K_2 и K_3 , тем сильнее тектоническое сжатие).

Для выяснения причины отсутствия в сайте 7 магнитной текстуры, обусловленной тектоническим фактором, были изготовлены шлифы из образцов, взятых в сайтах 1, 2 и 7. Результаты шлифового анализа показали, что отложения в сайте 7 подверглись гидротермальной переработке, которая очевидно стала причиной уничтожения «тектонической» магнитной текстуры

Результаты анализа данных **АМВ** в сайтах 10, 11 и 12 свидетельствуют об уплощенной, но близкой к изометричной форме ферромагнитных частиц. Распределение осей магнитных эллипсоидов обнаружило четкие закономерности: короткие оси (K_3) занимают вертикальное или субвертикальное положение, а длинные оси (K_1) хорошо упорядочены. Подобные магнитные текстуры служат индикаторами направлений тектонических стрессов. Направления ориентировки K_1 в штуфах разные, что свидетельствует о локальных характерах тектонических напряжений.

Палеомагнитное качество разных штуфов отличается. Образцы из красноцветного песчаника (штуф 2, 8) имеют сильную перемагниченность, т. к. присутствуют аномальные направления на верхнюю полусферу в северных румбах. Возможно, в породе присутствует еще одна или несколько компонент \mathbf{J}_n , а регистрируемые аномальные палеомагнитные направления являются их векторной суммой.

Стоит отметить, что образцы из сероцветного полимиктового песчаника (штуф 27) так же имеют хорошее палеомагнитное качество, однако сероцветный алевролит (штуф 25) проекции \mathbf{J}_n в процессе размагничивания закономерно смещаются по дугам больших кругов с тенденцией к переходу на верхнюю полусферу.

Это также свидетельствует о наличии в породе другой компоненты с отрицательным наклоном, возможно, также соответствующей обратной полярности поля. Остальные образцы показали хорошее палеомагнитное качество

В результате палеомагнитных исследований выделены как характеристические компоненты намагниченности (**ChRM**), так и не являющиеся характеристическими (**C1**). По результатам кластерного анализа все палеомагнитные векторы могут быть разделены на три группы. В первую группу входят только **ChRM**, направления которых близки к направлениям, свойственным нижнепермским отложениям Северного Кавказа.

Вторая группа представлена только **C1**, направления которых близки к центру нижней полусферы и предположительно обусловлены современным геомагнитным полем.

Третья группа, характеризуемая максимальным разбросом векторов, включает как **ChRM**, так и **C1**, которые, скорее всего, являются стабилизированными векторными суммами разных компонент. Однако палеомагнитные векторы из третьей группы не могут быть суммами компонент намагниченности из других групп, так как лежат вдали от большого круга, проведенного через средние направления первой и второй группы.

Таким образом, следует заключить, что в образцах присутствует третья компонента, наиболее вероятный возраст которой – триасовый (эпоха герцинской складчатости на Северном Кавказе). К сожалению, средний палеомагнитный вектор третьей группы пока не может претендовать на соответствие направлению триасового поля, но сам факт выявления еще одной составляющей **J_n** представляется перспективным для выделения герцинской компоненты намагниченности.

В палеомагнитных шкалах раннепермскому интервалу соответствует суперхрон (гиперзона) обратной полярности Киама. Поэтому наличие компоненты **J_n** обратного знака, наряду с отсутствием статистических

отличий координат рассчитанного полюса от имеющихся определений раннепермских полюсов для Северного Кавказа, свидетельствует в пользу ее первичности и пригодности нижнепермских отложений Адыгеи для решения магнитостратиграфических задач.

Заключение. В настоящей магистерской работе представлены результаты палео- и петромагнитных исследований аксаутской свиты (нижняя пермь) на территории учебно-научного полигона Южного Федерального университета «Белая речка» (Республика Адыгея). Анализ и интерпретация результатов, проведенных палеомагнитных, петромагнитных и магнито-минералогических исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Нижнепермские красноцветные отложения пригодны к определениям палеомагнитных полюсов. Предварительные расчеты координат полюса (с.ш: 18° в.д: 130°) по среднему направлению характеристической компоненты намагниченности (**ChRM**) статистически неотличимы от положения раннепермских полюсов Северного Кавказа, полученных ранее другими авторами.

2. В ряде образцов присутствует компонента намагниченности, наиболее вероятный возраст которой – триасовый (эпоха герцинской складчатости на Северном Кавказе). Если это предположение верно, то наши данные являются первыми сведениями о палеомагнетизме триаса Северного Кавказа.

3. По результатам исследований анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) можно судить о направлении и интенсивности тектонических стрессов. Судя по преобладающей меридиональной ориентировке коротких осей эллипсоидов АМВ, деформация пород обусловлена, главным образом, коллизийным сжатием, вследствие сближения Африкано-Аравийской и Евразийской литосферных плит.

