

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**Петро-и палеомагнитные исследования пограничного интервала
юры-мела Русской плиты**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 261 группы очной формы обучения
геологического факультета направления 05.04.01 «Геология»,
профиль «Геофизика при поисках нефтегазовых
месторождений»

Дакирова Рамира Сергеевича

Научный руководитель:
к.г.-м.н., доцент кафедры
общей геологии
и полезных ископаемых

А.Г.Маникин

Зав. кафедрой:
к.г.-м.н., доцент кафедры
геофизики

Е.Н. Волкова

Саратов 2022

Введение. Проблема положения границы юры-мела обсуждается специалистами долгое время, начиная со времени выделения пограничных - титонского и берриасского ярусов и длительное время была связана с неопределенностью статуса этих подразделений.

На Русской плите свою очередь, где в значительной степени представлены пограничные интервалы юры-мела бореального типа, выделяются свои подразделения волжский и рязанский яруса. В виду выше сказанного, возникает дополнительный вопрос о сопоставлении волжского и рязанского ярусов с тетическими подразделениями титона-берриаса.

Пограничный интервал юры-мела, расположенный на Русской плите, представлен конденсированными отложениями. Ввиду того, что конденсация осадочных толщ подразумевает уменьшение мощности осадочных толщ с сохранением большого стратиграфического охвата времени, одной из главных ценностей данных разрезов является выделение полной последовательности аммонитовых зон и биогоризонтов.

Научная новизна данной работы заключается в том, что конденсированные отложения очень долгое время считались непригодными объектами для магнитостратиграфических исследований ввиду таких очевидных факторов, как многочисленные перерывы в осадконакоплении, многофазное окисление ферромагнетиков во время постоянных перемывов, чрезвычайно слабая естественная остаточная намагниченность. В силу таких причин сильно конденсированные опорные разрезы пограничного интервала юры-мела, расположенные на территории Среднего Поволжья, юго-восточной части Русской плиты, до сих пор не имеют надежной палеомагнитной характеристики. Отсутствие магнитостратиграфических данных затрудняет как проведение детальных корреляций, так и решение вопроса о взаимоотношениях волжского и рязанского региоярусов с титонским и берриасским ярусами Международной стратиграфической шкалы.

Целью данной работы было получение магнитостратиграфической характеристики разрезов пограничного интервала юры-мела у с. Кашпир (Самарская область) и с. Марьевка (Ульяновская обл.) и геологическая интерпретация полученных результатов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд **задач** таких как:

- полевое изучение опорных разрезов, отбор ориентированных образцов;
- предварительная подготовка коллекции для проведения палео-и петромагнитных исследований;
- петромагнитные и палеомагнитные измерения, компонентный анализ, статистическая обработка полученных данных, построение магнитостратиграфического разреза;
- геологическая интерпретация полученных данных (сопоставление палеомагнитной колонки разреза со шкалой геомагнитной полярности, с учетом палеонтологических данных, реконструкция условий осадконакопления на основе петромагнитных данных)

Магнитостратиграфические изучения данных разрезов позволило бы решить одну из самых актуальных задач современной геологии, проведение в бореальных разрезах юры-мела четкой границы двух систем.

Выпускная квалификационная работа содержит в себе введение, заключение, список использованных источников, а также 4 раздела основного содержания работы:

- 1 Физико-географический очерк
- 2 Геологическое строение
- 3 Методика лабораторных исследований
- 4 Результаты петро- и палеомагнитных исследований пограничных отложений юры-мела Среднего Поволжья

Основное содержание работы. В первом разделе «Физико-Географический очерк» описываются аспекты физико-географических условий территории проведения работ.

Во втором разделе «Геологическое строение» описано геологическое строение территории проведения работ.

Подраздел 2.1 посвящен стратиграфии Среднего Поволжья. В пределах рассматриваемой территории на современную денудационную поверхность выходят, кроме четвертичных отложений, отложения неогена, палеогена, мела, юры, перми и верхнего карбона. Скважинами структурного бурения вскрывались отложения среднего карбона, а глубокими нефтеразведочными - полностью вскрыты отложения нижнего карбона, верхнего и среднего девона, а также породы кристаллического фундамента датируемые верхним археем.

Подраздел 2.2 посвящен тектоники Среднего Поволжья. Район Среднего Поволжья расположен в юго-восточной части Русской плиты, представляет собой спокойный в тектоническом отношении участок земной коры уже с отдаленных геологических времен. Она окаймляется с востока мощной складчатой зоной Урала, сформировавшейся в основном в конце палеозоя в варисцийскую или герцинскую эпоху горообразования (орогенеза).

С позиций региональной тектоники рассматриваемая территория находится в юго-западной части Волго-Уральской антеклизы и охватывает район современной вершины Жигулевско-Пугачевского свода и южную часть Мелекесской впадины.

В третьем разделе описана методика лабораторных исследований.

Первый подраздел 3.1 «Методика лабораторных исследований» 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. Стоит отметить, что петромагнитные подразделения по латеральной устойчивости не уступают, а иногда и превосходят возможности корреляции по литологическим признакам. 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, а также проведение по выборочным образцам термомагнитного анализа (ТМА).

Измерения магнитной восприимчивости, ее частотных зависимостей и АМВ проводились в лаборатории Петрофизики СГУ (г. Саратов) на мультисекторном каппабридже – МФК1-ФВ. Для проведения термокаппаметрического анализа образцы нагревались в печи СНОЛ 6/11-В с программным регулированием температуры. Анизотропия магнитной восприимчивости (АМВ) или магнитная текстура определялась по значениям магнитной восприимчивости пород, измеренной по 15 разным направлениям. Данные по АМВ образца традиционно представляются в виде трехосного эллипсоида с максимальной (длинной) – K_1 , промежуточной (средней) – K_2 и минимальной (короткой) – K_3 осями восприимчивости, показано на рисунке 4. Также по значениям осей рассчитывают многочисленные параметры характеризующие степень анизотропии, форму зерен и другие особенности магнитной текстуры (например, $P = (2\ln K_2 - \ln K_1 - \ln K_3) / (\ln K_1 - \ln K_3)$ – параметр формы, $T = K_1/K_3$ – степень анизотропии и др.). Различные типы магнитной анизотропии могут быть индикаторами гидродинамического режима среды осадконакопления, показателями

интенсивности деформаций пород и других особенностей седиментогенеза и эпигенеза.

Замеры естественной остаточной намагниченности проводились на двух приборах в лаборатории Петрофизики СГУ (г. Саратов) на спин-магнитометре JR-6, а также в палеомагнитной лаборатории ИФЗ РАН (г. Москва) на криогенном магнитометре (SQUID) (2G Enterprises). Причем, в виду слабомагнитности исследуемых пород, при анализе палеомагнитных данных, предпочтение отдавалось результатам, полученным на криогенном магнитометре.

Во втором подразделе 3.2 «Методика лабораторных исследований» приведено описание последовательности работ в ходе палеомагнитных исследований.

Палеомагнитный метод в настоящее время - неотъемлемая часть стратиграфических исследований. Уровни геомагнитных инверсий, соответствующие сменам режима полярности поля, являются важнейшими изохронными реперами, как для глобальных, так и региональных корреляций. Комплексное использование био- и магнитостратиграфических данных позволяет достичь наиболее детального сопоставления удаленных разрезов, контролировать диахронность границ как литологического, так и палеонтологического обоснования, выявлять перерывы в осадконакоплении и оценивать их длительность, уточнять возраст отложений.

Палеомагнитные исследования проводились по стандартной методике [6] и заключались в проведении магнитных чисток переменным полем (h -чистки), с последующими замерами J_n .

Для контроля качества получаемых результатов, замеры J_n проводились в различных лабораториях и на разных приборах: на спин-магнитометре JR-6 (лаборатория Петрофизики СГУ, г. Саратов), криогенном магнитометре 2G Enterprises (палеомагнитная лаборатория Института Физики Земли (ИФЗ РАН), г. Москва). Магнитные чистки проводились в диапазоне от 2-5 мТл до 30-60 мТл с шагом от 2 до 5 мТл.

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

В четвертом разделе «Результаты исследований» описаны данные по результатам петромагнитных, магнито-минералогических и палеомагнитных исследований.

Магнито-минералогическая диагностика (включая в себя опыты магнитного насыщения, дифференциальный термомагнитный анализ (ДТМА), зависимость магнитной восприимчивости от температуры $K(T)$) исследуемых отложений фиксирует присутствие близких к магнетиту минералов. Они диагностируются по резким падениям намагниченности в районе $510-570^\circ \text{C}$ на кривых ДТМА и $K(T)$, что близко к точке Кюри Fe_3O_4 (578°C), магнетитовая магнитомягкая фаза, также, подтверждается низкими значениями полей магнитного насыщения ($90-200 \cdot 10^{-3}$ мТл) и коэрцитивной силы (20-45 мТл).

Полученные данные обнаруживают значительные вариации петромагнитных параметров, что позволяет провести петромагнитное расчленение разреза Кашпир на 5 петромагнитных интервалов, 2 из которых (П.И.2 и П.И.3) прослеживаются в разрезе Марьевка.

Первый петромагнитный интервал (П.И.1) характеризуется низкими значениями магнитной восприимчивости ($K_{cp}=3.1 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ) и минимальными значениями J_n и Q ($0.01-0.78 \cdot 10^{-3}$ А/м и $0.01-0.54$, соответственно). График параметра S отмечает присутствие только магнитомягких минералов ($S_{cp}=0.99$).

Второй петромагнитный интервал (П.И.2) характеризуется максимальными значениями магнитной восприимчивости $K_{max}=35.29 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ (Кашпир) и $K_{max}=18.92 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ (Марьевка), а так же повышенными значениями параметра K/Jrs ($K/Jrs=0.31-2.83 \cdot 10^{-2}$ м/А и $0.17-2.10 \cdot 10^{-2}$ м/А, соответственно).

Третий петромагнитный интервал (П.И.3) и характеризуется минимальными значениями практически всех исследованных петромагнитных параметров, с повышенными значениями прироста магнитной восприимчивости после прогрева

($dK_{\max}=479.18 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ), естественной остаточной намагниченности ($Jn_{\max}=8.38 \cdot 10^{-3}$ А/м) и параметра Кениксбергера ($Q=3.6$).

Четвертый петромагнитный интервал (*П.И.4*) отличается наличием тренда на увеличение значений K и K/Jrs ($6.98 - 24.38 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ и $0.23 - 2.29 \cdot 10^{-2}$ м/А) вверх по разрезу.

Пятый петромагнитный интервал (*П.И.5*) в петромагнитном плане практически полностью аналогичен *П.И.4*. Исключение составляет график параметра S , фиксирующий пониженные значения ($S_{\text{cp}}=0.68$) в пределах всего интервала и скачкообразное снижение значений до $S_{\text{min}}=0.01$ в подошве выделенного интервала.

Магнитная текстура (анизотропия магнитной восприимчивости) исследованных отложений характерна для пород подвергшихся деформациям, что выражено в перегруппировке проекций длинных ($K1$) осей по направлениям СЗ-ЮВ (Кашпир) и СВ-ЮЗ (Марьевка) и высокими степенями анизотропии ($P_{\text{cp}}=9-10\%$). Первичная АМВ, для которой характерна группировка проекций коротких осей магнитных эллипсоидов ($K3$) в центре полярной стереопроекции зарегистрирована в 32% и 55% (Кашпир и Марьевка, соответственно) случаев. В остальных случаях наблюдается отклонение проекций коротких осей ($K3$) от центра стереограммы, которое достигает 88° . Такое распределение проекций коротких осей может быть связано как с воздействием деформаций на породы, так и с активными гидродинамическими условиями (палеотечение), при которых происходило осадконакопление. Для палеотечения такая картина нехарактерна. Ярко выраженные течения, они были бы и визуально отражены в разных типах слоистых текстур, такой картины не наблюдается. Если предположить, что это палеотечение, то наблюдалась бы зависимость положения коротких осей от формы частиц. Деформация тоже маловероятна, так как объекты исследования находятся на древней платформе, а не на складчатой области, но исключать ее не стоит. Но, локально, такие напряжения могут легко возникать вследствие оползней, а в обоих случаях, это крутой берег Волги (разрез Кашпир) и

склон оврага (разрез Марьевка). Оползни направлены перпендикулярно склону, напряжение, вследствие оползневой деформации, перпендикулярно склону. Ориентировка длинных осей должна совпадать с ориентировкой берега или оврага, в случае с берегом, погрешность 10 градусов, что допустимо, а в случае с оврагом, то погрешность 3 градуса. Такое распределение осей, как было выяснено, характерно для оползневой природы этих деформации.

Результаты компонентного анализа по чисткам переменным полем, проведенным на различных приборах, как правило, обнаруживали хорошую сходимость, тем не менее, ввиду лучшего палеомагнитного качества, при составлении палеомагнитных колонок, предпочтение отдавалось результатам с криогенного магнитометра.

Полученные палеомагнитные данные, несмотря на малые величины J_n , имеют хорошее качество. В изученных образцах выделяются, как правило, две компоненты естественной остаточной намагниченности: низкокоэрцитивная и высококоэрцитивная (выделяющиеся до и после 30-35 мТл, соответственно), последняя из которых считалась нами характеристической (**ChRM**). Векторы стабильных компонент, осредненные для каждого стратиграфического уровня, образовали на стереографических проекциях две группы: первая сосредоточена в нижней полусфере, другая представлена проекциями J_n в верхней полусфере. Я предполагаю, что векторы из первой и второй совокупности соответствуют режимам N- и R-полярности поля, соответственно, как показано на рисунке 8.

Практически все характеристические компоненты имеют заниженные наклонения, а совокупности распределения N- и R-компонент на групповых стереограммах перекрывают друг друга. Это приводит к получению отрицательных результатов теста инверсий. Данный эффект может быть связан с рядом причин: деформация пород (зарегистрированная по АМВ), уплотнение осадка, неполное выделение характеристических компонент и ее частичное разрушение в процессе окисления магнитных минералов носителей при конденсации пород. Тем не менее, не смотря на низкие кучности средних

направлений стабильных компонент **ChRM** и отрицательный тест обращения полученные данные отвечают 7 из 10 критериев палеомагнитной надежности, принятым в магнитостратиграфии.

К сожалению, предпосылки для проведения тестов складки, конгломератов и др. отсутствуют, однако по ряду косвенных признаков используемых при обосновании древнего возраста J_n в магнитостратиграфических исследованиях, возможно, обосновать первичность намагниченности.

1. Знак полярности не зависит от вариаций петромагнитных параметров, являющихся индикатором изменения литологического состава и геохимических обстановок.

2. Низкие значения фактора Q (не превышающие десятых долей единицы), что является типичным для ориентационной намагниченности.

3. Главный носитель намагниченности в разрезе – магнетит, который фиксируется по малым полям магнитного насыщения и данным ТМА.

4. Сопоставимость полученных палеомагнитных результатов с известными данными о режиме геомагнитного поля на границе юры и мела.

Таким образом, совокупность всех перечисленных аргументов выступает в пользу первичности выделенных компонент **ChRM** и, как следствие, достоверности построенных палеомагнитных разрезов.

Результатом палеомагнитных исследования стало получение палеомагнитных колонок разрезов Кашпир и Марьевка и построение на их основе сводного палеомагнитного разреза, фиксирующего 14 интервалов разного знака. Учитывая, сплошной отбор образцов, все выделенные зоны как N- так и R-полярности обоснованы образцами не менее чем с 3-х стратиграфических уровней, что является минимальным требованием для выделения магнитозоны.

Продолжение данных работ позволит на основе полученных магнитополярных данных обосновать присутствие в сводном магнитостратиграфическом разрезе аналогов хронов M20 – M15r?. Таким образом, пограничный интервал волжского и рязанского ярусов в данном случае приходится на центральную часть M17r, что, в

целом, согласуется с полученными ранее данными по бореальному разрезу Нордвик. Она располагается в пределах той же магнитозоны, что и граница нижнего и среднего берриаса (граница аммонитовых зон *Berriasella jacobii/Tirnovella occitanica*) тетического стандарта. При такой интерпретации граница юрской и меловой систем тетического стандарта, проводимая внутри магнитного хрона M19n в разрезах Поволжья соответствует пограничному интервалу аммонитовых зон *G.catenulatum* *C.nodiger*.

Заключение. Полученные результаты петромагнитных исследований позволили дополнительно расчленить и сопоставить исследуемые разрезы Кашпир и Марьевка, а также получить новую, нетривиальную геологическую информацию о составе ферромагнитной фракции, восстановить геохимические условия при осадконакоплении. Результаты анизотропии магнитной восприимчивости выявили признаки деформаций, которым были подвержены исследуемые породы.

Проведенные палеомагнитные исследования обнаружили, что сводный магнитостратиграфический разрез имеет двучленное строение: средне- и верхневолжскому подъярусам свойственна преимущественно нормальная, а рязанскому региоярису - обратная полярность. Полученные данные в целом, согласуются с представлениями о палеомагнитной структуре пограничного интервала юры-мела, в которой на фоне частой переменной полярности верхнеюрских отложений, в низах меловой системы встречаются продолжительные (до ~1.44 млн. лет). Данная картина с появлением значительной зоны обратной полярности в пограничном интервале юры-мела согласуется с результатами масштабных исследований Западно-Сибирских разрезов кернового материала Г.А. Пospelовой. Так, в волжском ярусе Западной Сибири регистрируется преимущественно нормальная полярность, а в нижнем мелу фиксируются многочисленные мощные магнитозоны обратного знака.

Данные магнитостратиграфической корреляции свидетельствуют в пользу точки зрения о проведении границы между юрской и меловой системами на Русской плите в основании аммонитовой зоны *Craspedites nodiger*.

