

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

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

Кафедра общей геологии и полезных ископаемых

**Детальное расчленение и корреляция отложений пограничного
интервала юры-мела Среднего Поволжья на основе
магнитостратиграфических данных**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 401 группы очной формы обучения геологического факультета
направления 05.03.01 «Геология»,
профиль «Разведочная геология и экологический мониторинг»

Дакирова Рамира Сергеевича

Научный руководитель
д.г.-м.н., профессор

А.Ю. Гужиков

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., старший научный сотрудник

В.Н. Ерёмин

Саратов 2020

Введение. Конденсированные отложения традиционно считаются непригодными объектами для магнитостратиграфических исследований, ввиду таких очевидных факторов, как многочисленные перерывы в осадконакоплении, многофазное окисление ферромагнетиков во время перемылов, слабая естественная остаточная намагниченность [1]. В силу этих причин сильно конденсированные опорные разрезы пограничного интервала юры–мела Русской плиты, расположенные в среднем Поволжье, до сих пор не имеют надежной палеомагнитной характеристики. Отсутствие магнитостратиграфических данных затрудняет как проведение детальнейших корреляций, так и решение вопроса о взаимоотношениях волжского и рязанского регионов с титонским и берриасским ярусами Международной стратиграфической шкалы [2].

Попытки получения палеомагнитной информации по конденсированному пограничному интервалу юры–мела Среднего Поволжья, ввиду ее актуальности для стратиграфических исследований, предпринимались неоднократно. В.Н. Ереминым и Э.А. Молостовским были изучены опорные разрезы верхневолжских и рязанских отложений близ с. Кашпир (Самарская область) и с. Марьевка (Ульяновская обл.) [3]. Повторные рекогносцировочные исследования разреза с. Кашпир на современном палеомагнитном оборудовании позже были проведены М.В. Пименовым и др. [4]. Результаты этих работ показали принципиальную возможность получения палеомагнитных данных по конденсированным отложениям, однако получение надежной магнитостратиграфической характеристики разрезов требовало принципиально новых подходов как к методике полевого опробования, так и к анализу и интерпретации полученных материалов.

Целью настоящей квалификационной работы было получение магнитостратиграфической характеристики разрезов пограничного интервала юры–мела Кашпир (Самарская область), Марьевка (Ульяновская обл.) и детальная корреляция этих разрезов на основе 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)

В основу исследования легли фактические материалы, полученные автором и сотрудниками лаборатории Петрофизики СГУ в ходе полевых исследований 2017-2019 гг. Для лабораторных анализов было суммарно опробовано 84 образцов, при общей мощности толщ 13,76 метров. Анализ образцов проводился в учебно-научной лаборатории Петрофизики Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

Основное содержание работы. Выпускная квалификационная работа состоит из четырех глав.

В первой главе «Физико-Географический очерк» описываются аспекты физико-географических условий территории проведения работ.

Во второй главе «Геологическое строение» описано геологическое строение Среднего Поволжья.

Первый раздел второй главы 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 [5].

Второй раздел второй главы посвящен тектонике Среднего Поволжья. Район Среднего Поволжья расположен в юго-восточной части Русской платформы, представляющей 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 варисийскую или герцинскую эпоху горообразования (орогенеза) [5].

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 третьей главе описана методика лабораторных исследований.

Первый раздел третьей главы «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 [6]. 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 мультимастотном каппабридже – MFK1-FB. Для проведения термокаппаметрического анализа образцы нагревались в печи СНОЛ 6/11-В с программным регулированием температуры.

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 разделе третьей главы «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 четвертой главе «Результаты исследований» описаны данные по результатам петромагнитных и магнито-минералогических исследований, палеомагнитных исследований.

Магнито-минералогическая диагностика (включающая 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° С на кривых ДТМА и $K(T)$, что близко к точке Кюри Fe_3O_4 (578 °С) [7], 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 ($S_{cp}=0.68$) в пределах всего интервала и скачкообразное снижение значений до $S_{min}=0.01$ в подошве выделенного интервала.

Магнитная текстура (анизотропия магнитной восприимчивости) исследованных отложений характерна для пород подвергшихся деформациям, что выражено в перегруппировке проекций длинных (К1) осей по направлениям СЗ-ЮВ (Кашпир) и СВ-ЮЗ (Марьевка) и высокими степенями анизотропии ($P_{cp}=9-10\%$) [8]. Первичная АМВ, для которой характерна группировка проекций коротких осей магнитных эллипсоидов (К3) в центре полярной стереопроекции [9] зарегистрирована в 32% и 55% (Кашпир и Марьевка, соответственно) случаев. В остальных случаях наблюдается отклонение проекций коротких осей (К3) от центра стереограммы, которое достигает 88° . Такое распределение проекций коротких осей

й может быть связано как с воздействием деформаций на породы, так и с активным и гидродинамическими условиями, при которых происходило осадконакопление [10].

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.

Заключение. Проведенные петромагнитные 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.

Результаты палеомагнитных исследований обнаружили, что сводный магнитостратиграфический разрез имеет двучленное строение: средне- и верхневолжскому подъярусам свойственна преимущественно нормальная, а рязанскому региоярису - обратная полярность, как показано на рисунке 1. Полученные данные, в целом, согласуются с представлениями о палеомагнитной структуре пограничного интервала юры-мела [11], в которой на фоне частой переменной полярности верхнеюрских отложений, в низах меловой системы встречаются продолжительные (до ~1.44 млн. лет) [11]. 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. Поспеловой [12]. Так, в волжском ярусе Западной Сибири регистрируется преимущественно нормальная полярность, а в нижнем мелу фиксируются многочисленные мощные магнитозоны обратного знака.

Продолжение данных работ позволит на основе полученных магнитополярных данных обосновать присутствие в сводном магнитостратиграфическом разрезе аналогов хронов M20 – M15r? [11]. 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 [13]. 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 [11] в разрезах Поволжья соответствует пограничному интервалу аммонитовых зон *G.catenulatum* *C.nodiger*.

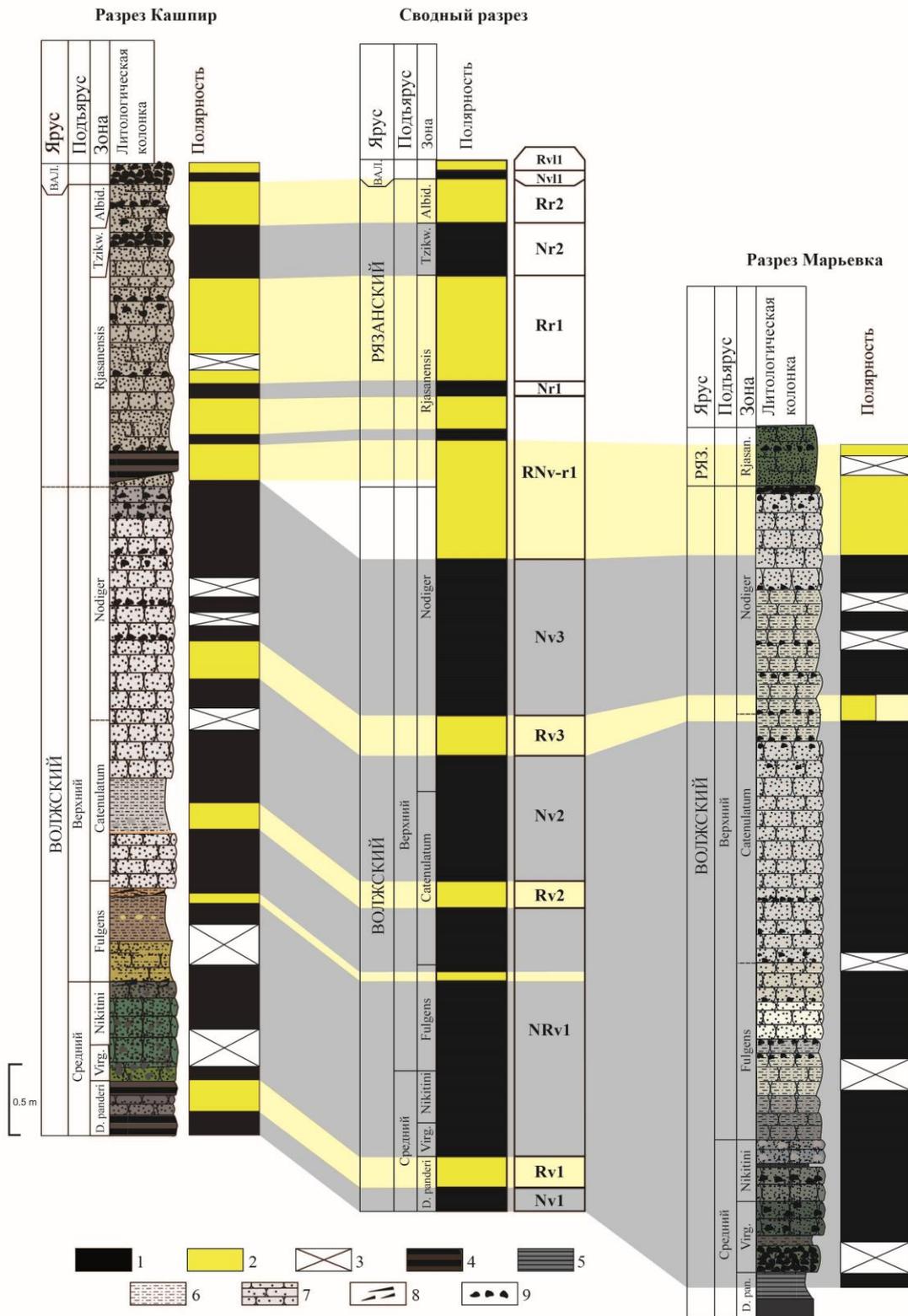


Рисунок 1 - Сводный магнитостратиграфический разрез пограничного интервала юры–мела Кашпир – Марьевка

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маникин А.Г. Результаты детальных магнитостратиграфических исследований границы юры-мела в разрезах Среднего Поволжья / А.Г. Маникин, В.А. Грищенко, Е.В. Наумов, Р.С. Дакиров // Материалы научной межведомственной конференции (с международным участием) г. Саратов, 24-25 октября 2019 года / Под редакцией М.В. Пименов, В.А. Фомин. Изд-во: «Техно-Декор». 2019.- С. 82-84.
2. Гужиков А.Ю. О решении "неразрешимых" стратиграфических задач / А.Ю. Гужиков // комментарии к статье В.Ю. Брагина, О.С. Дзюба, А.Ю. Казанского и Б.Н. Шурыгина "Новые данные по магнитостратиграфии пограничного юрско-мелового интервала п-ова Нордвик (север Восточной Сибири)" // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 3. - С. 456-462.
3. Молостовский Э.А., Еремин В.Н. Магнитостратиграфическая схема юрских отложений нижнего и среднего Поволжья / Э.А. Молостовский, В.Н. Еремин // Бюл. МОИП. Отд. геол. Вып. 4, т. 83.-2008. С. 43-53.
4. Пименов М.В. Новые палеомагнитные данные по пограничному интервалу юры-мела Среднего Поволжья / М.В. Пименов, А.Ю. Гужиков, А.Г. Маникин // «Геологические науки – 2014». Материалы всероссийской научно-практической конференции (10-12 апреля 2014 года). – Саратов.: Изд-во СО ЕАГО. 2014. - С. 58-60.
5. Давлетшин К. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Средневожская. Лист N-39-XXV (Сызрань) / Давлетшин К. А., Косов С. А., Доронина А. П. // Объяснительная записка.- М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ». МПР России, ГПП «Волгагеология». 2017. 92 с.
6. Молостовский Э.А., Храмов А.Н. Магнитостратиграфия и ее значение в геологии / Э. А. Молостовский, А. Н. Храмов. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1997. – 180с.
7. Буров Б.В., Ясонов П.Г. Введение в дифференциальный термомагнитный анализ горных пород / Б.В. Буров, П.Г. Ясонов // Казань.: Изд-во Казан. ун-та. 1979. 168 с.

8. Borradaile, G. J., & Henry, B. Tectonic applications of magnetic susceptibility and its anisotropy. / G.J. Borradaile, B. Henry // *Earth-Science Reviews*. 42(1–2). 1997. P. 49–93.
9. Chadima M. Magnetic fabric variations in Mesozoic black shales, Northern Siberia, Russia: Possible paleomagnetic implications. / M. Chadima, P. Pruner, S. Šlechta, T. Grygar, A.M. Hirt // *Tectonophysics*. 2006. V.418. P.145–162.
10. Tarling, D.H., Hrouda, F. *The magnetic anisotropy of rocks*, Chapman and Hall. London. 1993. 217 pp.
11. Ogg J. G. *A Concise Geologic Time Scale* / J. G. Ogg, G. M. Ogg, F. M. Gradstein // – Elsevier. – 2016. – 242 pp.
12. Пospelова Г.А. Палеомагнитная шкала юрского - раннемелового времени / Г.А. Пospelова // *Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Дальнего Востока*. Вкн.: Под редакцией Фотиади Э.Э. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР. 1976. С.27–45.
13. Брагин В.Ю. Новые данные по магнитостратиграфии пограничного юрско-мелового интервала п-ова Нордвик (север Восточной Сибири) / В.Ю. Брагин, О.С. Дзюба, А.Ю. Казанский, Б.Н. Шурыгин // *Геология и геофизика*. 2013. т. 54. (3).- С. 438-455.