

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

Кафедра геофизики

**«ПЕТРОМАГНЕТИЗМ СВИТЫ БЕЛОГРОДНИ (ДАТСКИЙ ЯРУС)  
САРАТОВСКОЙ СТРУКТУРНО-ФАЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

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

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

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Гужиков А.Ю.

Зав. кафедрой:  
к.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Волкова Е.Н.

Саратов, 2024

**Введение.** Актуальность работы состоит в том, что приводятся результаты петромагнитного изучения разрезов палеоценовых отложений свиты Белогродни, радищевской свиты и нижнесызранской подсвиты на правом берегу р. Волга в районе сс. Воскресенское, Белогродня и с.Рыбное, Саратовской области. Эти данные являются частью работ в рамках магнитостратиграфических исследований палеогена Юго-Востока Русской плиты по проекту Российского научного фонда № 23-27-00159. Сложенная преимущественно глауконититами свита Белогродни, несмотря на более чем вековую историю своего изучения, является дискуссионным объектом как в стратиграфическом, так и в палеогеографическом плане. До сих пор нет общепринятых представлений о возрасте свиты и условиях ее формирования.

Целью квалификационной работы было получение геологической информации на основе анализа магнитных свойств свиты Белогродни. Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- Провести полевое изучение и опробование разрезов свиты Белогродни.
- Изучить в лаборатории широкий спектр магнитных свойств собранных образцов, включая магнитную восприимчивость и ее анизотропию, естественную остаточную намагниченность, а также петромагнитные характеристики, связанные с воздействием на породу температурой и/или искусственным магнитным полем.
- Провести обобщение, анализ и геологическую интерпретацию полученных данных.

Полевое изучение и опробование разрезов были проведены сотрудниками лаборатории Петрофизики СГУ в 2022 году. Предварительная подготовка, лабораторная обработка образцов и геологическая интерпретация полученных данных проводились автором в учебно-научной лаборатории петрофизики СГУ.

Работа состоит из следующих разделов:

- Введение
- Основное содержание работы
  - 1 Геологическое строение
  - 2 Методика лабораторных исследований
  - 3 Результат работ
  - 4 Геологическая интерпретация результатов петромагнитного анализа
- Заключение

Научная новизна состоит в том, что в петромагнетизме осадочных толщ адекватно отражены многие важные особенности седиментогенеза. Это обстоятельство является предпосылкой к успешному выполнению палеогеографических реконструкций для времени формирования свиты Белогродни на основе анализа магнитных свойств пород. Особые надежды на получение нетривиальной информации возлагались на данные по анизотропии магнитной восприимчивости, которые по палеоцену Поволжья были получены впервые.

Результаты работы могут быть востребованы при уточнении и детализации стратиграфической схемы палеогена Саратовской структурно-фациальной зоны. Полученные данные по анизотропии магнитной восприимчивости позволили реконструировать условия осадконакопления во время формирования свиты Белогродни и предложить детальную палеогеографическую реконструкцию на временной срез, соответствующий началу палеоцена.

**Основное содержание работы: 1 Геологическое строение. 1.1 Геологическое строение Саратовской области** В пределах Саратовской области на современную денудационную поверхность выходят, кроме четвертичных отложений, отложения неогена, палеогена, мела и юры.

Скважинами структурного бурения вскрывались отложения триаса, перми, среднего и верхнего карбона, а глубокими нефтеразведочными - полностью вскрыты отложения нижнего карбона, верхнего и среднего девона, а также породы кристаллического фундамента, датируемые верхним археем.

Саратовская структурно-фациальная зона (СФЗ) в тектоническом отношении является частью наложенного Ульяновско-Саратовского мезо-кайнозойского наложенного прогиба и представляет собой район, где развиты относительно глубоководные кремнисто-глинисто-терригенные палеогеновые отложения.

Поскольку объектом изучения в моей работе являются палеоценовые отложения, то в разделе 1.2 подробно рассматривается только стратиграфия палеоцена Саратовской СФЗ.

**1.2 Стратиграфия палеоцена Саратовской СФЗ** В основу районирования отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона положены различия в типах разрезов к тем или иным структурам. Таким образом схема районирования складывается из различных фациальных зон, каждая из которых является частью крупной структуры.

В составе палеоцена Саратовской структурно-фациальной зоны выделяют следующие свиты: алгайскую, свиту Белогродни, цыгановскую, сызранскую, саратовскую и камышинскую.

**1.3. Объект исследований (разрез Белогродни)** В высоких (до 70-80 м) обрывах на правом берегу Волги нами были опробованы и детально описаны девять обнажений, пять из которых расположены ниже, а четыре выше по течению бывшего с. Белогродня, Вольского района. Координаты изученных разрезов: обн. 3267 (51°53'46.59"С 47° 3'30.77"В), обн. 3224 (51°54'31.91"С 47° 5'15.04"В), обн.3219 (51°55'19.00"С 47° 6'48.90"В), обн. 3218 (51°55'52.80"С 47° 7'59.30"В), обн. 3223 (51°56'13.50"С 47° 8'46.00"В), обн. 3263 (51°56'35.62"С 47° 9'25.85"В), обн. 3265 (51°56'51.72"С 47° 9'58.43"В),

обн. 3264 (51°57'34.55"С 47°11'9.91"В), обн. 3266 (51°57'54.68"С 47°11'48.08"В).

Наиболее полный разрез (обн. 3223), мощность которого составляет 26 м., был изучен вблизи с. Белогродня - который мы считаем стратотипом. Разрез расположен южнее г. Вольска, в 300 метрах ниже по течению от бывшего с. Белогродня до т/б Лаб-Хутор, на правом берегу р. Волги. Здесь на размытой поверхности радищевской свиты верхнего мела со стратиграфическим перерывом, охватывающим первую половину датского века залегает свита Белогродни. Далее в данном подразделе описывается детальная геологическая характеристика обнажения 3223. В общей сложности в разрезе взяты 50 ориентированных штуфов (~ через каждые 0.5 м мощности), из которых впоследствии выпиливалось по 2-3 кубика с ребрами 2 см для лабораторных палео- и петромагнитных исследований. На тех же самых уровнях по системе «образец в образец» отбирались пробы для микропалеонтологического и литолого-минералогического изучения. Из свиты белогродни взяты образцы с 35 уровней, из радищевской свиты – образец с одного уровня, из нижнесызранской подсвиты – образцы с 14 уровней. В настоящее время по исследуемым отложениям получены палеомагнитные и петромагнитные данные.

**2 Методика лабораторных исследований. 2.1 Петромагнитные и магнито-минералогические исследования** Для достижения поставленных целей в работе, были изучены опорные разрезы палеогеновых отложений, расположенных близ бывшего с. Белогродня (Вольский район). Полевое исследование носило комплексный характер и включало в себя отбор проб по системе «образец в образец» на различные виды анализов: палео- и петромагнитный, микропалеонтологический (бентосные и планктонные фораминиферы, наннопланктон, диноцисты) анализы. Общее количество отобранных ориентированных штуфов составило 233, при суммарной мощности разрезов 155 м. Для маркировки использовалась стрелка по линии

падения плоскости штуфа, на этикетках указывались номер образца и элементы залегания. Предварительная подготовка заключалась в распиловке ориентированных штуфов на образцы кубической формы, с гранями по 2 см. В результате была подготовлена палеомагнитная коллекция, состоящая из 194 кубиков.

Изучение петромагнитных параметров необходимо как для оценки пригодности горных пород к палеомагнитным исследованиям, так и получения новых данных стратиграфического и палеогеографического характера. Исследование заключались в массовом измерении магнитной восприимчивости ( $K$ ), термокаппаметрии ( $K_1$ ), естественной остаточной намагниченности ( $J_n$ ), остаточной намагниченности насыщения ( $J_{rs}$ ), величины поля остаточной коэрцитивной силы ( $B_{cr}$ ) и других показателей магнитного насыщения, а также осуществление по выборочным образцам термомагнитного анализа (ТМА). Метод изучения анизотропии магнитной восприимчивости (АМВ) заключается в получении данных о магнитной восприимчивости ( $K$ ) пород, измеренной по 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. При геологической интерпретации материалов АМВ анализируются стереограммы проекций осей магнитных эллипсоидов, конфигурация которых обусловлена различными особенностями формирования пород. Также по значениям осей рассчитывают многочисленные параметры, характеризующие степень анизотропии, форму зерен и другие черты магнитной текстуры. Например, параметр  $P$ , отложенный по горизонтальной оси диаграммы Джелинека указывает на степень анизотропии магнитных частиц. Расположение фигуративных точек в нижней части этой диаграммы служит индикатором вытянутой формы магнитных частиц, а в верхней части – уплощенной формы.

Сумма полученных измерений обеспечивает вычисление компонент магнитной восприимчивости, а множественные направления измерений помогают уменьшить влияние погрешностей замеров, статистически рассчитать и тем самым повысить точность результатов без грубых ошибок.

Измерения анизотропии магнитной восприимчивости проводились как до, так и после прогрева образцов при температуре 500°C в течение часа.

## **2.2 Методика палеомагнитных исследований**

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). Магнитные чистки проводились в диапазоне от 2-5 мТл до 30-60 мТл с шагом от 2 до 5 мТл. Компонентный анализ палеомагнитных данных осуществлялся путём анализа и интерпретации диаграмм Зийдервельда, графиков размагничивания и стереографических проекций  $J_n$ , в программном обеспечении Remasoft 3.0.

## **2.3. Геохимические исследования**

Элементный состав пород определялся методом рентгено флуоресцентного анализа (РФА), основанным на зависимости интенсивности рентгеновской флуоресценции от концентрации элемента в образце. При облучении образца мощным потоком излучения рентгеновской трубки возникает характеристическое флуоресцентное излучение атомов, которое пропорционально их концентрации в образце. Длина волны флуоресценции является индивидуальной характеристикой каждого элемента, а интенсивность пропорциональна концентрации соответствующего элемента. Это дает возможность определения количества атомов каждого элемента, входящего в состав образца. В изученных отложениях определены значимые концентрации 8 элементов: Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Fe. Элементный состав определялся по одному образцу-кубику с каждого уровня.

**3 Результаты работ. 3.1 Магнито-минералогическая характеристика (Насыщение, ТМА)** В исследуемых разрезах свиты Белогродни фиксируется магнитомягкая фаза с низкими значениями полей магнитного насыщения ( $90-200 \cdot 10^{-3}$  мТл) и коэрцитивной силы (20-50 мТл), типичная для тонкодисперсного магнетита. Опробованные обнажения в обн. 3218, обн. 3223, обн. 3224, обн. 3264, обн. 3265, обн. 3267, обладают теми же магнито-минералогическими характеристиками.

Важные результаты магнито-минералогической диагностики получены с помощью термомагнитного анализа (ДТМА), в основном результаты ТМА не дали никаких результатов, кроме образцов обн. 3223, исследования выявили наличие тонкодисперсного магнетита, по резкому уменьшению намагниченности в районе  $578^\circ\text{C}$  (точка Кюри  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Вероятно, магнито-мягкий минерал входит в состав глауконитовых зерен.

**3.2 Петромагнитная характеристика** В петромагнитном отношении практически все Исследуемые отложения подразделяются по магнитной восприимчивости, минимум, на три петромагнитных комплекса (ПК): ПК-1 (нижняя половина свиты Белогродни) выделяется максимальными величинами  $K$  ( $19-35 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ), ПК-2 (верхняя половина свиты Белогродни) характеризуется умеренными значениями  $K$  ( $9-18 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ), а ПК-3 (нижнесызранская подсвита) – минимальными ( $4-8 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ). Менее контрастно это же трехчленное деление разреза документируется по графикам  $V_{\text{сг}}$ . В нижней части свиты Белогродни среднее значение относительно высокое (48 мТл), в верхней части свиты Белогродни – минимальное (42 мТл), а в нижнесызранских опоках – немного повышенное (44 мТл),  $J_n$  в верхней части свиты Белогродни имеет повышенное значение (интервал с 24 по 37 образец, со средним значением  $(0,23 \cdot 10^{-3}$  А/м), а в нижней части разреза и нижнесызранской подсвите - пониженное –  $0,16 \cdot 10^{-3}$  А/м и  $0,21 \cdot 10^{-3}$  А/м соответственно) и  $J_{rs}$  (границы по этому параметру фиксируются локальными максимумами на графике параметра)



### **3.3 Анизотропия магнитной восприимчивости**

Магнитная текстура свиты Белогродни и низов нижнесызранской подсвиты, характерна для отложений, формировавшихся на пологом склоне: длинные частицы упорядочены вдоль линии простирания поверхности осадконакопления, а короткие оси занимают вертикальное положение. В обнажении. 3223 среднее положение короткой оси смещено на  $13^\circ$  к северу, а длинные ориентированы в направлении СЗ–ЮВ. Подобная текстура возникает при сложении эффектов склона и течения, когда падение склона не совпадает с направлением течения. Магнитная текстура пород в обн. 3263 идеально соответствует первичной текстуре осадков, формировавшихся в спокойной гидродинамической обстановке. Во всех обнажениях доминируют частицы уплощенной формы, которые, вероятно, обусловлены агрегированием тонкодисперсного магнетита на чешуйках слюдистых и глинистых минералов.

## **4 Геологическая интерпретация результатов петромагнитного анализа**

### **4.1 Корреляция обнажений по петромагнитным данным.**

**Сводный петромагнитный разрез** Для детальной корреляции низов палеоцена в составе свиты Белогродни и низов нижнесызранской подсвиты целесообразно использовать данные по магнитной восприимчивости.

По магнитной восприимчивости свита Белогродни однозначно делится на две части, что позволяет предложить петромагнитный признак для выделения двух подсвит: нижнебелогродненской и верхнебелогродненской.

Нижнебелогродненская подсвита характеризуется максимальными величинами  $K$  (30-36.10-5 ед. СИ), обусловленными наибольшим содержанием глауконита. Эта подсвита прослеживается только в обн. 3218, 3223, 3263, 3265. Наибольшей мощности (11 м) она достигает в обн. 3223, а при удалении от с. Белогродня, как вниз, так и вверх по течению, выклинивается через  $\sim 1,5$  км до 4 м в обн. 3218 и до 1 м в обн. 3265.

Соответствующий ей петромагнитный комплекс, предлагается индексировать как ПК-1.

Верхнебелогородненская подсвета обладает слабыми магнитными свойствами по отношению к нижнебелогородненской и сильными по отношению к породам сызранской свиты К (15-25.10-5 ед. СИ). Эта подсвета прослеживается в четырех обнажениях 3219,3223,3263,3265. Мощность выделенного петромагнитного интервала ниже и выше по течению р. Волга постепенно сокращается до 3 м (обн. 3219) и до 6 м (обн. 3265) соответственно, а при удалении от с. Белогродня как вверх, так и вниз по течению выклинивается через ~ 3 км. Верхнебелогородненская подсвета отвечает петромагнитному комплексу ПК2.

Низы нижнесызранской подсветы, видимой мощностью от 6 до 19 м, изучены во всех девяти разрезах и дополнительно по результатам петромагнитного анализа не расчленяются. Они слагают петромагнитный комплекс ПК-3, характеризующийся значениями К от 4 до 10 ед. СИ, прослеживаемый во всех обнажениях. Видимая мощность комплекса в южной группе обнажений (3267, 3224, 3219, 3218, 3223) достигает 7-8 м. В северной группе (обн. 3263, 3225, 3264, 3266) увеличивается до 16 – 20 м в обн. 3263 и 3266 соответственно. По результатам петромагнитной корреляции отчетливо видно линзовидное строение свиты Белогродни.

**4.2 Реконструкции условий осадконакопления по петромагнитным данным** Магнитная текстура свиты Белогродни и сызранской свиты, за исключением обн. 3223, характерна для отложений, формировавшихся на пологом склоне. Согласно Д. Тарлингу, длинные частицы на пологом склоне упорядочиваются вдоль линии простирания склона. В обнажении 3223 среднее положение короткой оси смещено на 13° к северу, а длинные ориентированы в направлении СЗ–ЮВ. Подобная текстура возникает при сложении эффектов склона и течения, когда падение склона немного не совпадает с направлением течения.

Приняв за основу интерпретации данных АМВ модели Тарлинга, в изменении магнитных текстур по латерали, можно отметить следующие закономерности. Падения уклона морского дна закономерно изменяется от ЮЗ в обн. 3267 до южного в обн. 3219. В обн. 3218 и 3223 точному определению конфигурации склона мешает сильное течение, направленное на юг (короткие оси смещены к северу), но очевидно, что экспозиция склона морского дна сохраняется в южных румбах.

Обн.3263 характеризуется магнитной текстурой, свойственной осадкам, формировавшимся в спокойной гидродинамической обстановке.

Остальные обнажения (3265, 3264 и 3266) обнаруживают сходные магнитные текстуры, типичные для осадков, формировавшихся на морском дне с пологим уклоном к ЮВ.

По направлению падения склона обнажения четко подразделяются на южную и северную группы:

Южная группа – к ней отнесены разрезы: 3267, 3224, 3219 и 3218, с наклоном морского дна к ЮЗ (направления линий простирания склона в которых СЗ-ЮВ).

Северная группа – разрезы 3265,3264 и 3266 с наклоном дана к ЮВ (линиями простирания, лежащими в СВ-ЮЗ направлении).

Их разделяет обнажение 3263, магнитная текстура которого указывает на спокойную обстановку осадконакопления с преобладанием гравитационных сил во время образования осадка.

Таким образом, используя данные по анизотропии магнитной восприимчивости, мы можем оконтурить мыс, располагавший между обн. 3267 и 3266, наиболее вдающаяся в море часть которого располагалась примерно, в районе с. Белогродня. Вероятно, местоположение обн. 3223 (и, возможно, обн. 3218) соответствует месту впадения крупной реки в море (дельтовым каналам), на что указывает наличие сильных течений в южном направлении.

Закономерно, что в авандельтовой части на границе смешения относительно теплых речных и холодных морских вод. Речные воды, очевидно, были обогащены железом, за счет размыва терригенных пород сеномана, нижнего мела и, не исключено, юры. Наличие вод, богатых железом и геохимического барьера являются факторами, необходимыми для формирования глауконитов, которые могут образовываться, как в присутствии сильного течения, так и в глубоких западинах, в спокойной гидродинамической среде. На месте подобной отрицательной формы рельефа (возможно, результата карстовых процессов по кровле маастрихтских мергелей) располагается обн. 3263.

**Заключение.** Настоящая выпускная квалификационная работа представляет собой результаты петромагнитных исследований низов палеогена на севере Саратовского Правобережья - свиты Белогродни и нижнесызранской подсвиты. Впервые получены детальные сведения о петромагнетизме этих отложений, в том числе по анизотропии магнитной восприимчивости.

Петромагнитные данные, в частности сведения о магнитной восприимчивости, позволили провести наиболее детальную корреляцию разрезов палеоцена в береговой полосе между райцентром Воскресенское и г. Вольск. При этом верхняя граница свиты Белогродни, определение которой было весьма проблематичным по визуальным признакам, получила дополнительное обоснование по петромагнитным признакам, а сама свита по магнитной восприимчивости дополнительно подразделена на две подсвиты: нижнебелогродненскую и верхнебелогродненскую.

Таким образом, цель квалификационной выпускной работы, заключающаяся в получении магнитостратиграфических характеристик свиты Белогродни, и их использовании для решения конкретных и геологических задач полностью достигнута.