

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 550.384+551.77+551.763.3(470.4)

doi: 10.26907/2542-064X.2023.4.524-536

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

Д.А. Шелепов, А.Ю. Гужиков

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, 410012, Россия*

Аннотация

Представлены результаты петромагнитного (каппаметрия, термокаппаметрия, анизотропия магнитной восприимчивости, измеренная до и после нагрева пород, параметры магнитного насыщения) и палеомагнитного изучения разреза нижнесызранской подсвиты (палеоцен) Песчаный Умет (г. Саратов). Разрез представлен слабомагнитными силицитами. Палеомагнитные данные по разрезу пригодны для использования в магнитостратиграфических целях. В разрезе обосновано наличие магнитозоны преимущественно обратной полярности, которая является аналогом хрона C27 или C26 или их совокупности. Результаты исследований в совокупности с полученными ранее данными по одновозрастным разрезам на юге Саратовского Правобережья и г. Саратова позволили приступить к разработке магнитостратиграфической схемы палеоцена Поволжья, провести детальную корреляцию сызранской свиты, оценить продолжительность предпалеогенового размыва и уточнить возраст отложений.

Ключевые слова: магнитостратиграфия, петромагнетизм, палеоцен, датский ярус, сызранская свита, Нижнее Поволжье.

Введение

С палеоценом Саратовского Поволжья, несмотря на полуторавековую историю его изучения, по-прежнему связан ряд нерешенных вопросов региональной геологии, обусловленных недостаточностью палеонтологических материалов. Одной из наиболее актуальных стратиграфических проблем является обоснование возраста сызранской свиты, долгое время сопоставлявшейся с зеландским ярусом [1]. В последней версии унифицированной схемы палеогеновых отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона [2] большая часть этой свиты (нижнесызранская подсвита) с известной долей условности отнесена к датскому ярусу. Детальная корреляция разрезов сызранской свиты и выяснение ее соотношения с другими местными стратиграфическими подразделениями Саратовской структурно-фациальной зоны также затруднены [2]. Первые же результаты магнитостратиграфических исследований палеоцена Поволжья, появившиеся в 2022 г. [3, 4], обнаружили, что низы сызранской свиты на юге Саратовского Правобережья и территории г. Саратова (разрез Лысая гора) охвачены разнополярными магнитозонами и, следовательно, являются разновозрастными. Исходя из сопоставления полученных данных со

Шкалой геомагнитной полярности (GPTS) [5], низы палеоцена на юге Саратовской области следовало бы датировать первой половиной датского века, а в Саратове – второй половиной датского века и/или зеландским веком [3, 4]. Для подтверждения столь важных стратиграфических выводов необходимо было убедиться в латеральной устойчивости магнитозоны обратного знака, выделенной в единственном разрезе – Лысая гора [3]. С этой целью нами изучен другой разрез сызранской свиты на территории Саратова – Песчаный Умет, магнитостратиграфическая характеристика которого приведена в настоящей работе.

1. Характеристика разреза

Разрез Песчаный Умет (обн. 3258: 50°42'34" N; 45°38'53" E) расположен в карьере по добыче опоки на восточной окраине одноименного села, входящего в состав городского округа Саратова (рис. 1, а, б). В структурном плане разрез расположен в южной части Ульяновско–Саратовского мезо-кайнозойского наложенного прогиба и приурочен к Песчаноуметскому поднятию в пределах Елшанского вала на восточном крыле антиклинали, с которой связано Песчаноуметское месторождение нефти и газа [6]. Азимуты падения пластов варьируют от 118° до 150°, углы падения – от 30° до 48° [6]. В разрезе видимой мощностью ~25 м на маастрихтских карбонатных алевроито-песчанистых глинах залегают темно- и светло-серые опоки нижнесызранской подсвиты со следами ожелезнения в виде светло- и темно-коричневых пятен, аналогичные силицитам, изученным ранее в разрезе Лысая гора [3], который располагается на 24 км восточнее (рис. 1, а).

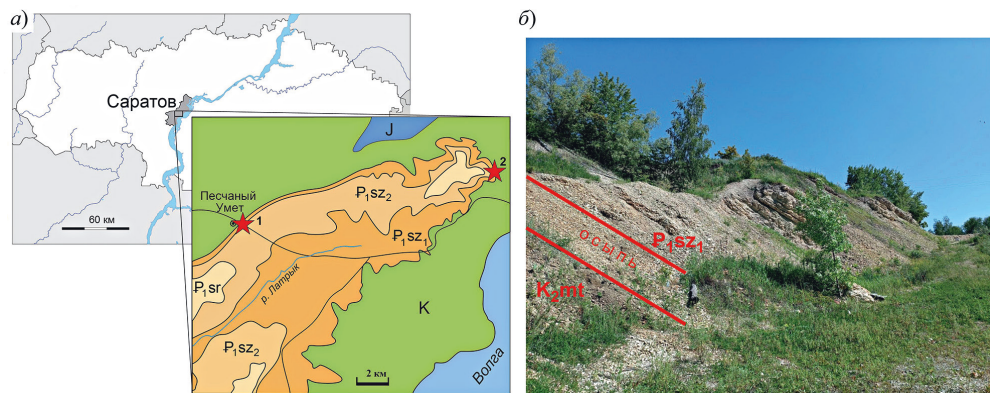


Рис. 1. Обзорная и геологическая схемы (а), общий вид на разрез Песчаный Умет (б). Звездочками показаны местоположения разрезов сызранской свиты, изученных в палеомагнитном отношении на территории г. Саратова: 1 – Песчаный Умет (настоящая работа), 2 – Лысая гора [3]. J – юра, К – мел, P₁sz₁ и P₁sz₂ – нижнесызранская и верхнесызранская подсвиты соответственно, P₁sr – саратовская свита

2. Методика проведения работ

В разрезе с помощью шанцевого инструмента взяты ориентированные штUFFы с 29 уровней, с интервалом в основном 0.9 м (рис. 2). Отбор начат примерно в метре выше подошвы сызранской свиты, так как пограничный интервал маа-

стрихта – палеоцена покрыт в карьере мощной осыпью (рис. 1, б). Каждый штупф распиливался на 2–3 образца кубической формы с ребрами 2 см.

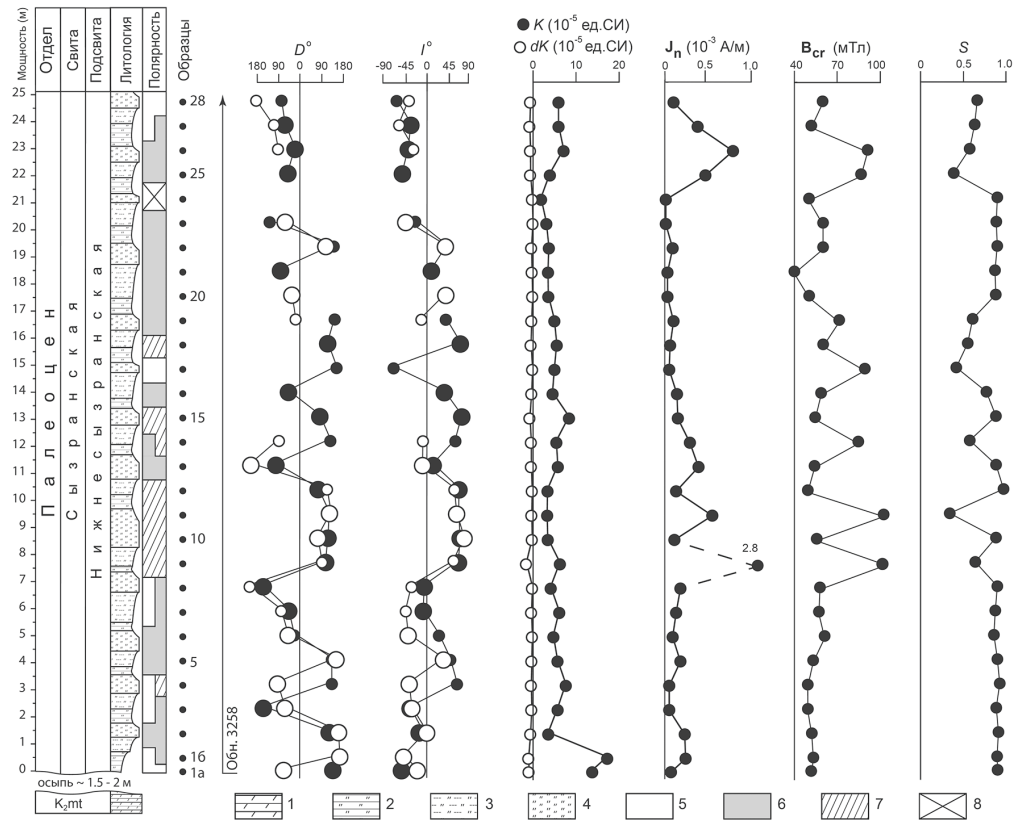


Рис. 2. Магнитостратиграфический разрез нижнесызранской подсвиты Песчаный Умет. Черные и белые маркеры на графиках палеомагнитного склонения (D) и наклона (I) означают, что компоненты намагниченности выделены в результате размагничивания переменным магнитным полем и температурой соответственно. Более крупные маркеры соответствуют $ChRM$. 1 – глины карбонатные; 2 – глины кремнистые; 3 – опоки глинистые; 4 – опоки; 5, 6 – обратная и аномальная полярность соответственно; 7 – компоненты J_n , совпадают с направлением перемагничивания современным полем; 8 – полярность не определена (компоненты J_n не выделены)

У образцов измеряли объемную магнитную восприимчивость (K) и ее анизотропию (AMB) до и после прогрева при температуре $500\text{ }^\circ\text{C}$ в течение часа (прирост $dK = K_t - K$, где K_t (термокаппа) – это магнитная восприимчивость, измеренная после нагрева, которая зачастую отражает содержание тонкодисперсного (невидимого визуально) пирита благодаря фазовому переходу FeS_2 в магнетит при температуре свыше $400\text{ }^\circ\text{C}$ [7]), а также естественную остаточную намагниченность (J_n). По результатам магнитного насыщения определяли поля остаточной коэрцитивной силы (B_{cr}), рассчитывали параметр S по уравнению 1.

$$S = -J_{r(300)} / J_{rs}, \quad (1)$$

где $J_{r(300)}$ – остаточная намагниченность после воздействия полем 300 мТл , обратным полем насыщения, а J_{rs} – намагниченность после воздействия полем 700 мТл (максимальная интенсивность поля, создаваемая лабораторным элек-

тромагнитом). Выборочные образцы подвергались термомагнитному анализу (ТМА) – изучению температурных зависимостей намагниченности.

Палеомагнитные исследования выполнялись по стандартной методике [7], заключающейся в измерениях J_n образцов после их последовательного размагничивания переменным полем (от 2–5 мТл до 30–50 мТл с шагом 2–5 мТл) или температурой (от 100 до 200–250 °С с шагом 25–50 °С). Прекращение нагревов свыше 250 °С обусловлено потерей величин J_n до значений ниже пороговой чувствительности прибора. Фазовые превращения минералов в процессе термочисток контролировались измерениями K -образцов после каждого нагрева.

Замеры магнитной восприимчивости и АМВ проводились на каппабридже МФК1-ФВ, остаточной намагниченности – на спин-магнитометре JR-6, для размагничивания переменным полем использовалась установка LDA-3AF (все приборы – AGICO, Чешская Республика). Магнитные чистки температурой проводились в печи конструкции В.П. Апарина с пятислойными пермаллоевыми экранами. Для магнитного насыщения был задействован регулируемый электромагнит с максимальной интенсивностью поля 700 мТл, изготовленный в Институте физики Саратовского государственного университета (Россия). ТМА проводился на термоанализаторе фракций ТАФ-2 (ООО «Орион», Россия). При термокаппаметрических исследованиях нагревы проводились в муфельных печах СНОЛ-6/11-В (SNOL, Россия). Анализ данных АМВ проводился с помощью программ Anisoft 4.2, компонентный анализ палеомагнитных данных выполнялся в программе Remasoft 3.0.

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Магнитная минералогия и петромагнетизм. Изученные отложения слабомагнитны: K и J_n варьируют от 0.8 до $16 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ и от 0.03 до $2.8 \cdot 10^{-3}$ А/м соответственно (рис. 2).

По параметрам магнитного насыщения исследуемые образцы четко обособляются на три группы (рис. 3, а). В группе I насыщение происходит в полях от 200–300 мТл (рис. 3, б), разрушение – при 40–60 мТл, а значения параметра $S > 0.85$. Подобная магнитомягкая фаза характерна для тонкодисперсного магнетита. Для немногочисленной группы II характерны V_{cr} около 60 мТл и вариации S от 0.55 до 0.85. Образцам группы III свойственны V_{cr} от 85 до 104 мТл и S от 0.34 до 0.64. В группах II и III магнитное насыщение при 700 мТл не достигается (рис. 3, в). В группе I доминируют сероцветные породы, а в группы II и III входят образцы со следами ожелезнения (с наиболее интенсивными в образцах из группы III), поэтому повышение магнитной жесткости образцов из групп II и III однозначно связывается с гидроокислами железа. Последние как продукты окисления других минералов являются носителями химической намагниченности, которая характеризуется лучшей упорядоченностью магнитных моментов частиц. Этим объясняется значимая (на уровне $p = 0.01$) положительная корреляция между V_{cr} и J_n в разрезе (рис. 2).

Термокаппаметрические данные не фиксируют наличия пирита ($dK \leq 0$) (рис. 2), что не исключает, однако, его наличия в исходном осадке. Возможно, значительная часть гидроокислов железа в исследуемых образцах является продуктом окисления FeS_2 , а не магнетита.

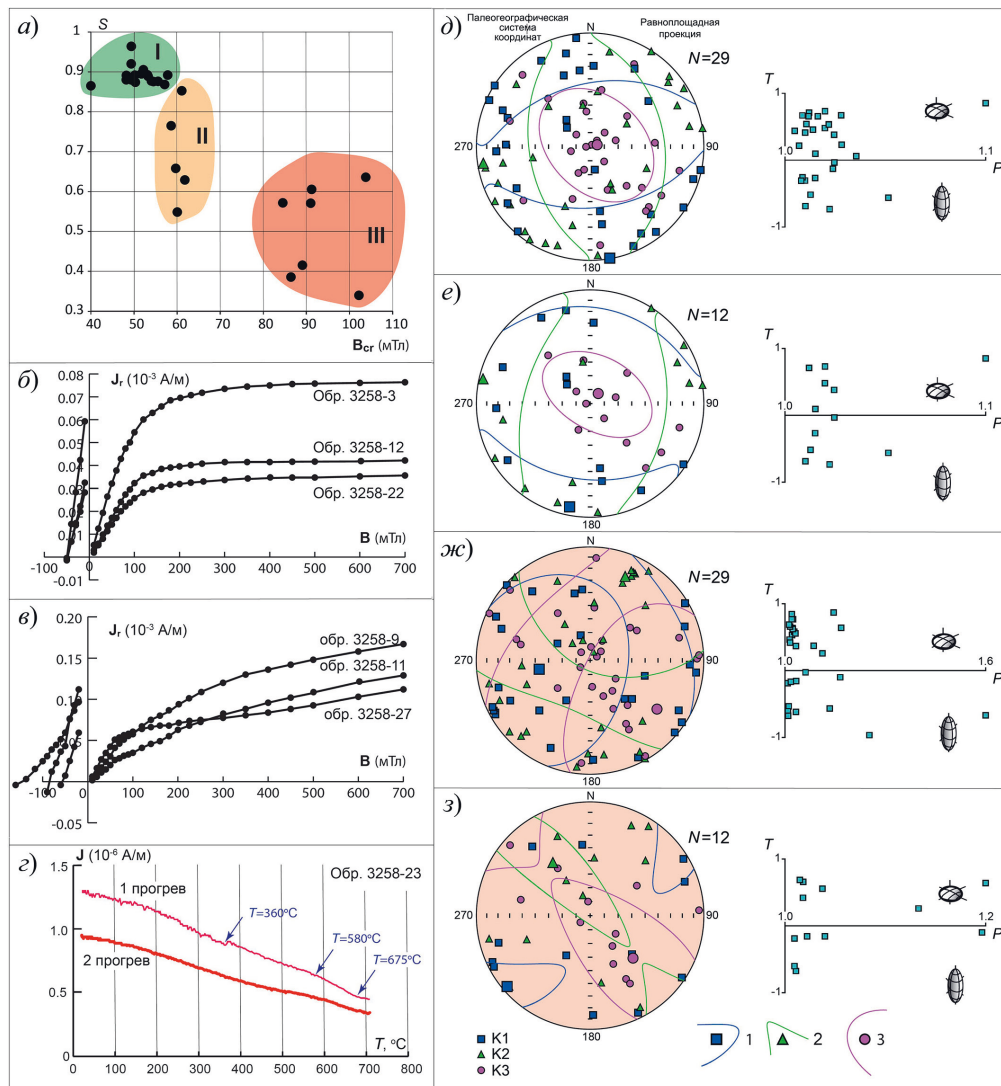


Рис. 3. Результаты магнито-минералогических исследований: а) разделение всех образцов на три группы (римские цифры) по диаграмме $B_{cr} - S$; б) и в) типичные кривые магнитного насыщения и разрушения для образцов из группы I и групп II, III соответственно; г) типичная кривая ТМА; д-з) стереопроекции осей эллипсоидов магнитной восприимчивости (в проекции на нижнюю полусферу) в палеогеографической системе координат и диаграммы Желинека до (д и е) и после прогрева пород (ж и з) по всем изученным образцам (д и ж) и магнито жестким образцам из групп II, III (е и з). N – число образцов

Кривые ТМА невыразительны (рис. 3, г), очевидно, из-за малых концентраций ферромагнетиков. Но, по крайней мере, рост намагниченности после $400^{\circ}C$ на них не наблюдается, что согласуется с термокаппаметрическими данными об отсутствии пирита в образцах. Мало заметные перегибы вблизи $578^{\circ}C$ не исключают наличия тонкодисперсного магнетита. Гематит, фиксируемый по перегибу в районе $675^{\circ}C$, вероятно, является продуктом окисления в процессе нагрева магнетита или/и маггемита, образующегося при диссоциации лепидокрокита после $250^{\circ}C$ [8].

Изучение АМВ-образцов показало, что форма магнитных частиц близка к изометричной (параметр анизотропии P в основном менее 1.2) при преобладании частиц уплощенной формы (рис. 3, *в*). Скорее всего, доминирование уплощенных форм связано с глинистыми и слюдястыми минералами, на плоскостях которых агрегируется тонкодисперсный магнетит [9].

На первый взгляд, в разрезе наблюдается хаотичное распределение осей магнитных эллипсоидов на стереограммах (рис. 3, *д*), которое принципиально не изменяется после исключения из выборки магнитомягких образцов (рис. 3, *е*). После прогрева образцов до 500 °С магнитная текстура становится закономерной и типичной для пород, испытавших тектоническую деформацию: среднее положение коротких осей (К3) отклоняется от вертикального по азимуту падения пластов к ЮВ (рис. 3, *ж*). После исключения из выборки магнитомягких образцов эта закономерность проявляется более выразительно: проекции К3 при сохранении того же наклона осей явственно расположены вдоль линии, соответствующей азимуту падения пластов (СЗ–ЮВ), а длинные оси (К1) хорошо упорядочены по перпендикулярному к ней направлению (ЮЗ–СВ) (рис. 3, *з*). Заметное улучшение магнитной текстуры после прогрева наблюдалось ранее при исследованиях разновозрастных отложений разреза Лысая гора [3]. Возможно, этот эффект связан с выгоранием парамагнитных минералов, ассоциирующих с глинистыми частицами.

Поскольку «тектоническая» текстура наиболее отчетливо проявлена в магнито жесткой выборке, следует заключить, что форма магнитных частиц в этих образцах не менялась после наклона слоев, а в магнитомягких образцах, напротив, изменилась (например, из-за неравномерности окисления). Можно предположить, что значительная доля гидроокислов железа в магнито жестких группах возникла за счет легкоокисляемого пирита еще на стадии диагенеза.

3.2. Палеомагнетизм. Палеомагнитным исследованиям подверглись 58 ориентированных образцов (по два образца с каждого из 29 уровней, один из которых размагничивался переменным полем, другой – температурой). Компоненты намагниченности с максимальными углами отклонения ($MUO < 15-16^\circ$) удалось выделить в 42 образцах. Среди выделенных компонент J_n нет идущих строго в начало координат, но, когда точки на диаграммах Зийдервельда «двигались» к нему, «нулевая» точка включалась в расчет характеристической компоненты (**ChRM**). Результаты разных видов магнитных чисток согласуются между собой (рис. 4) или, по крайней мере, не противоречат друг другу. Так, ситуация не считалась противоречивой, если совпадающая с направлением перемагничивания современным полем компонента J_n , сохранялась после чистки переменным полем, но разрушалась (по крайней мере, частично) при терморазмагничивании (рис. 2, обр. 4, 14). Имеющие место расхождения между аномальными направлениями в образцах-дублях на уровнях 13 и 19, скорее всего, также обусловлены разной степенью разрушения вторичной J_n вследствие неравномерной концентрации гидроокислов железа, наблюдаемой визуально.

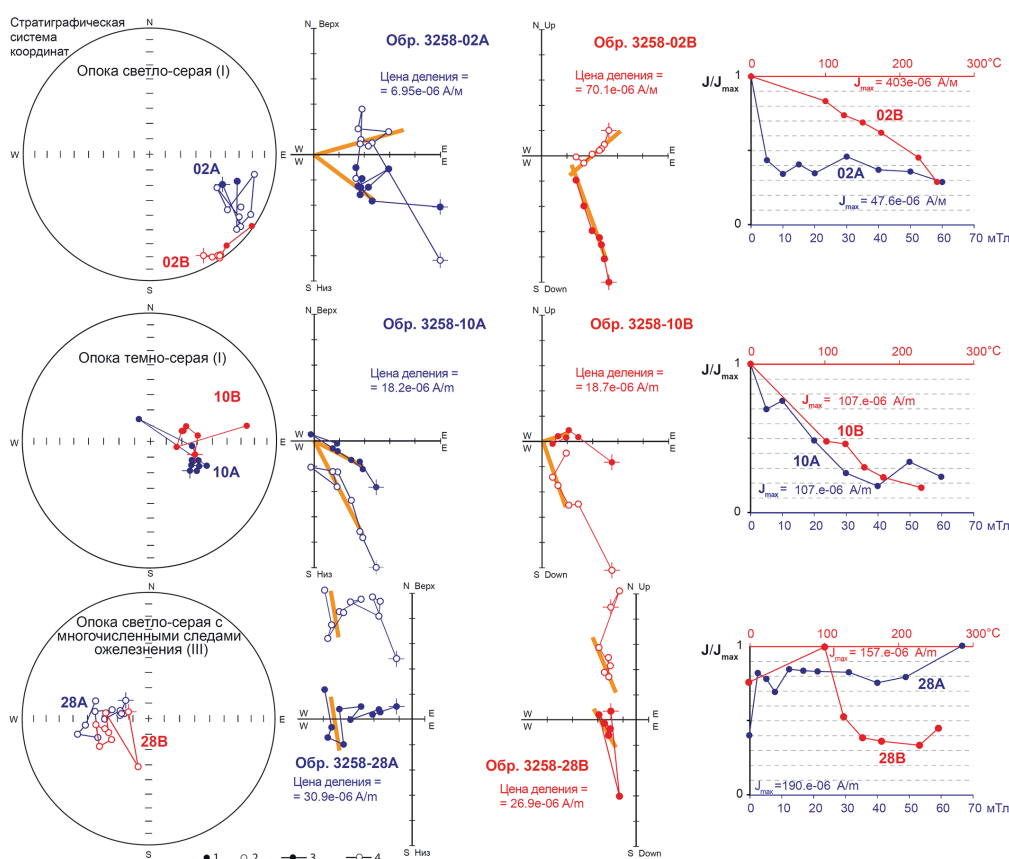


Рис. 4. Результаты компонентного анализа (в стратиграфической системе координат): стереопроекции с изображениями изменений векторов \mathbf{J}_n в процессе магнитных чисток; диаграммы Зийдервельда и графики размагничивания образцов. Проекция \mathbf{J}_n на нижнюю (1) и верхнюю (2) полусферы, горизонтальную (3) и вертикальную (4) плоскости. Красный и синий цвет – результаты размагничивания температурой и переменным магнитным полем соответственно. Римскими цифрами рядом с названием породы указан номер группы по параметрам магнитного насыщения.

Проекция компонент \mathbf{J}_n в исследуемом разрезе распределены по сфере хаотично: кучности равны примерно единице в обеих системах координат (рис. 5, а). Аналогичная картина наблюдалась в ранее изученных нижнесызранских породах разреза Лысая гора (рис. 5, б-1) [4]. В хаотичном распределении компонент \mathbf{J}_n на сфере заключается кардинальное отличие палеомагнитных характеристик разрезов, расположенных на территории Саратова, от их возрастных аналогов на юге Саратовского Правобережья, которым свойственны доминирующая прямая полярность и высокая кучность направлений (рис. 5, б-2) [4].

Большинство компонент \mathbf{J}_n в разрезе Песчаный Умет имеют аномальные направления, некоторые соответствуют обратной полярности поля. Несколько компонент статистически совпадают с направлением перемагничивания современным полем. Компонент, близких к направлению, соответствующему прямой полярности палеоценового поля, отличающихся от него хотя бы менее чем на 45° , в изученных образцах не обнаружено (рис. 5, а-1, а-2). Проекция больш-

шинства компонент \mathbf{J}_n располагаются вдоль кругов перемагничивания, образуемых векторами современного поля и палеоценового поля обратной полярности (рис. 5, *a-1*, *a-2*). Направление палеоценового поля для территории Саратова пересчитано из положения полюса 65 млн лет для стабильной Европы [10]. Наблюдаемая тенденция становится более очевидной, если исключить из рассмотрения компоненты с $MUO > 10^\circ$ (рис. 5, *a-3*, *a-4*).

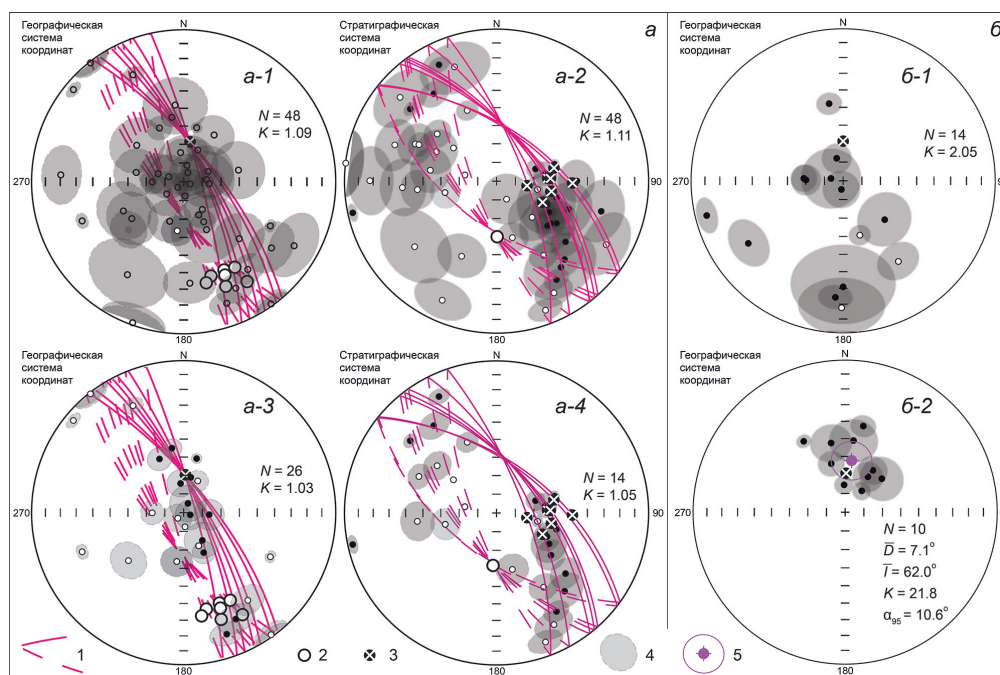


Рис. 5. Стереопроекции компонент \mathbf{J}_n : *a*) по разрезу Песчаный Умет (все компоненты (*a-1*, *a-2*) и те, у которых $MUO < 10^\circ$ (*a-3*, *a-4*), в географической (*a-1*, *a-3*) и стратиграфической (*a-2*, *a-4*) системах координат); *б*) по разрезам Лысая гора (*б-1*) и Сырт (*б-2*) в географической системе координат [3]. 1 – круги перемагничивания; 2, 3 – проекции векторов современного поля и палеоценового поля обратной полярности соответственно; 4 – MUO для компонент \mathbf{J}_n ; 5 – среднее палеомагнитное направление (\bar{D} – склонение, \bar{I} – наклонение) и круг доверия (α_{95}) для него, N – число образцов, K – межпластовая кучность. Остальные условные обозначения см. на рис. 4.

В работе [3] авторы обоснованно предположили, что намагниченность сызранской свиты является стабилизированной векторной суммой двух компонент: первичной, связанной с магнетитом, и вторичной, обусловленной гидроксидами железа – продуктами окисления магнетитовых и/или пиритовых зерен. Если компоненты антипараллельны, то даже незначительное разрушение одной из них приведет к существенному изменению векторной суммы. Следствием этого будут большие внутрипластовые и межпластовые разбросы результирующих компонент, а также расположение их проекций вдоль кругов перемагничивания. Поэтому в работе [3] интервал с подобными палеомагнитными свойствами в разрезе Лысая гора предварительно был интерпретирован как магнитозона преимущественно обратной полярности. Данные по разрезу Песчаный Умет подтверждают правомерность этого вывода. Интервал с аномальными направлениями компонент \mathbf{J}_n латерально устойчив и прослеживается на расстоянии ~ 25 км в

разрезах, находящихся в разных геологических условиях. Песчаный Умет расположен на крыле антиклинали, где пласты падают под углами 30–48°, на Лысой горе залегание слоев субгоризонтальное.

Отличия в палеомагнитном облике нижнесызранской подсвиты на юге Саратовской области и территории г. Саратова легко истолковать с точки зрения разновозрастности отложений, предположив, что низы и верхи подсвиты формировались в эпохи прямого и обратного режимов полярности соответственно. Поэтому, несмотря на низкое качество палеомагнитных данных, мы считаем, что разрезы Песчаный Умет и Лысая гора охвачены магнитозонами обратной (или преимущественно обратной) полярности. Благодаря сравнительно простой палеомагнитной структуре палеоцена, идентификация этой зоны с хроном C27 или/и C26 (вторая половина датского века – зеландский век), в которых доминирует обратная полярность, не вызывает затруднений. Преобладание режима прямой полярности характерно только для первой половины датского века (хроны C29 – C28) (рис. 6).

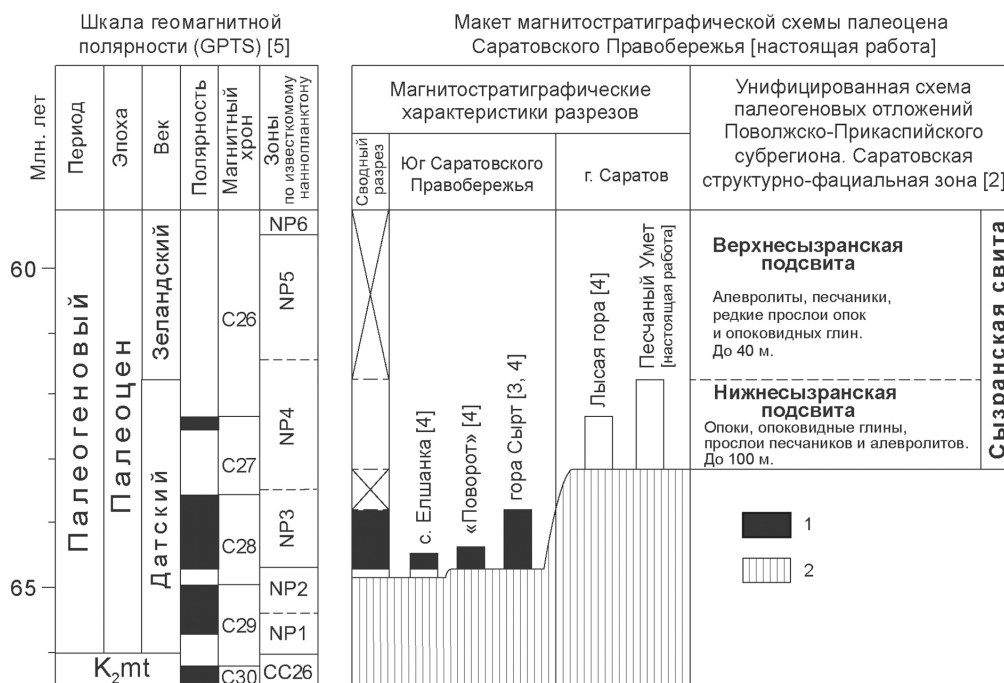


Рис. 6. Предварительная версия магнитостратиграфической схемы палеоцена Саратовского Правобережья и ее сопоставление с GPTS. 1 – прямая полярность, 2 – отсутствие отложений. Остальные условные обозначения см. на рис. 2.

Заключение

Данные по разрезу Песчаный Умет стали ключевыми для обоснования палеомагнитного строения нижнесызранской подсвиты. Подсвита характеризуется как минимум двумя магнитозонами: нижней (N_P) – прямой (или преимущественно прямой) и верхней (R_P) – обратной (или преимущественно обратной) полярности. N_P прослежена в трех разрезах на юге Саратовского Правобережья, а R_P – в двух разрезах на территории г. Саратова. Обобщение материалов позволило предложить первую версию магнитостратиграфической схемы палео-

цена Поволжья (рис. б) и провести на ее основе детальную корреляцию разрезов сызранской свиты, из которой следует, что низы свиты на территории Саратова моложе, чем на юге области, примерно на 1.5 млн лет. Сопоставление с GPTS указывает на возраст сызранской свиты на территории г. Саратова не древнее середины датского века. Продолжение палеомагнитного изучения палеоцена Поволжья откроет новые возможности региональных и межрегиональных корреляций, затрудненных в связи с недостаточностью палеонтологических данных.

Благодарности. Авторы благодарны Е.М. Первушину (СГУ) за ознакомление с разрезом, Р.С. Дакирову (СГУ) за помощь в полевых и лабораторных работах.

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

Литература

1. Мусатов В.А., Музылев Н.Г., Ступин С.И. Палеоценовые отложения Поволжья и Северного Прикаспия: новые данные, событийный подход // Вопросы стратиграфии фанерозоя Поволжья и Прикаспия: сборник научных трудов / под ред. А.В. Иванова, В.А. Мусатова. Саратов: Изд-во Саратов. гос. ун-та, 2004. С. 226–258.
2. Ахметьев М.А., Шик С.М., Алексеев А.С. Унифицированная стратиграфическая схема палеогеновых отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона. Объяснительная записка. М.: ВНИГНИ, 2014. 96 с.
3. Шелепов Д.А., Гужиков А.Ю. Результаты рекогносцировочных магнитостратиграфических исследований палеоцена в южной части Саратовского Правобережья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 117–131. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-117-131>.
4. Шелепов Д.А., Гужиков А.Ю., Рябов И.П., Первушов Е.М. Магнитостратиграфия пограничного интервала мела – палеогена юга Саратовского Правобережья // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: материалы XI Всероссийского совещания (Томск, 19–24 сентября 2022 г.). Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 285–288.
5. Geologic Time Scale 2020 / Ed. by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.B. Schmitz, G.M. Ogg. Oxford: Elsevier, 2020. 1390 p.
6. Шебалдин В.П. Тектоника Саратовской области. Саратов: ОАО «Саратовнефтегеофизика», 2008. 44 с.
7. Молостовский Э.А., Храмов А.Н. Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Саратов: Изд-во Саратов. гос. ун-та, 1997. 180 с.
8. Gendler T.S., Shcherbakov V.P., Dekkers M.J., Gapeev A.K., Gribov S.K., McClelland E. The lepidocrocite–maghemite–haematite reaction chain—I. Acquisition of chemical remanent magnetization by maghemite, its magnetic properties and thermal stability // Geophys. J. Int. 2005. V. 160, No 3. P. 815–832. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02550.x>.
9. Grishchenko V.A., Guzhikov A.Yu. Paleomagnetic directions distortion caused by viscous-plastic deformations estimated from anisotropy of magnetic susceptibility (case study of Berriasian clays from East Crimea) // Recent Advances in Rock Magnetism, Environmental Magnetism and Paleomagnetism / Ed. by D. Nurgaliev, V. Shcherbakov, A. Kosterov, S. Spassov. Ser.: Springer Geophysics. Cham: Springer, 2019. P. 25–35. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90437-5_3.

10. Besse J., Courtillot V. Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr // *J. Geophys. Res.: Solid Earth*. 2002. V. 107, No 11. P. EPM 6-1–EPM 6-31. <https://doi.org/10.1029/2000JB000050>.

Поступила в редакцию 04.09.2023

Принята к публикации 02.10.2023

Шелепов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры петрологии и прикладной геологии

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

ул. Астраханская, д. 83, г. Саратов, 410012, Россия

E-mail: shelepov-dmitriy@mail.ru

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой общей геологии и полезных ископаемых

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

ул. Астраханская, д. 83, г. Саратов, 410012, Россия

E-mail: aguzhikov@yandex.ru

ISSN 2542-064X (Print)

ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI

(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2023, vol. 165, no. 4, pp. 524–536

ORIGINAL ARTICLE

doi: 10.26907/2542-064X.2023.4.524-536

**Results of the Magnetostratigraphic Studies of the Syzran Formation (Paleocene)
in the Peschanyi Umyot Section (Saratov, Russia)**

D.A. Shelepov, A.Yu. Guzhikov***

Saratov State University, Saratov, 410012 Russia

*E-mail: *shelepov-dmitriy@mail.ru, **aguzhikov@yandex.ru*

Received August 29, 2023; Accepted October 2, 2023

Abstract

In this article, the results of the rock-magnetic measurements (magnetic susceptibility and its anisotropy before and after the heating of rocks, magnetic saturation) and paleomagnetic studies of the Lower Syzran Subformation (Paleocene) in the Peschanyi Umyot section (Saratov, Russia) are discussed. The section is composed of weakly magnetic silicites and has the paleomagnetic parameters that are suitable for magnetostratigraphic purposes. The presence of a magnetic zone with predominantly reverse polarity, which is an analogue of either chron C27 or C26 or their combination, was found in the section. The results obtained, along with previously collected data from coeval sections in the south of the Saratov right bank and the city of Saratov, made it possible to draft a magnetostratigraphic chart for the Paleocene of the Volga region, provide a detailed correlation of the Syzran Formation, estimate the duration of the pre-Paleogene erosion, and more accurately date the age of deposits.

Keywords: magnetostratigraphy, rock magnetism, Paleocene, Danian, Syzran Formation, Lower Volga region

Acknowledgements. We thank E.M. Pervushov (Saratov State University) for sharing with us the data on the section and R.S. Dakirov (Saratov State University) for his assistance in the field and laboratory work.

The study was supported by the Russian Science Foundation (project no. 23-27-00159, <https://rscf.ru/project/23-27-00159/>).

Figure Captions

- Fig. 1. Overview and geological maps (a) and a general view of the Peschanyi Umyot section (b). The asterisks show the locations of the sections in the Syzran Formation examined in the paleomagnetic study of the city of Saratov: 1 – Peschanyi Umyot [this work], 2 – Lysaya Gora [3]. J – Jurassic, K – Cretaceous, P₁sz₁ и P₁sz₂ – Lower Syzran Subformation and Upper Syzran Subformation, respectively, P₁sr – Saratov Formation.
- Fig. 2. Magnetostratigraphic section of the Lower Syzran Subformation in the Peschanyi Umet section. Black and white markers on the plots of paleomagnetic declination (D) and inclination (I) show that the magnetization components are isolated as a result of the demagnetization by an alternating magnetic field and temperature, respectively. Larger markers correspond to ChRM. 1 – carbonate clays; 2 – siliceous clays; 3 – clay flasks; 4 – flasks; 5, 6 – reverse and anomalous polarity, respectively; 7 – J_n components, coincide with the direction of magnetization reversal by a modern field; 8 – polarity unknown (J_n components are not highlighted).
- Fig. 3. Results of the magneto-mineralogical studies: a) division of all samples into three groups (Roman numerals) according to the B_{cr} – S diagram; b and c) curves of magnetic saturation and destruction for the samples from group I and groups II, III (according section a), respectively; d) TMA curve; e–h) the stereo projections of the axes of the magnetic susceptibility ellipsoids (in the projection onto the lower hemisphere) in the paleogeographic coordinate system and the Jelinek diagram before (e and f) and after the heating of rocks (g and h) for all studied samples (e and g) and the magnetically hard samples from groups II, III (f and h). N – number of samples.
- Fig. 4. Results of the component analysis (in the stratigraphic coordinate system): stereo projections with the images of changes in the J_n vectors during demagnetization; Zijderveld diagrams and sample demagnetization plots. Projections of J_n onto the lower (1) and upper (2) hemispheres, horizontal (3) and vertical (4) planes. Red and blue colors are the results of demagnetization by temperature and alternating magnetic field, respectively. Roman numerals next to the rock name indicate the group number according to the parameters of magnetic saturation.
- Fig. 5. Stereo projections of the J_n components: a) along the Peschanyi Umyot section (all components (a-1, a-2) and those with MAD < 10° (a-3, a-4) in the geographic (a-1, a-3) and stratigraphic (a-2, a-4) coordinate systems); b) along the Lysaya Gora (b-1) and Syrt (b-2) sections in the geographic coordinate systems [3]. 1 – magnetization reversal circles; 2, 3 – projections of the vectors of a modern field and the Paleocene field of reverse polarity, respectively; 4 – MAD for the J_n components; 5 – average paleomagnetic direction (D – declination, I – inclination) and confidence circle (α₉₅) for it, N – number of samples, K – paleomagnetic precision parameter. For other symbols, see Fig. 4.
- Fig. 6. Preliminary magnetostratigraphic chart of the Paleocene of the Saratov right bank and its comparison with the GPTS. 1 – normal polarity, 2 – no deposits. For other symbols, see Fig. 2.

References

1. Musatov V.A., Muzylev N.G., Stupin S.I. Paleocene deposits of the Volga and Northern Caspian regions: New data, event-based approach. In: Ivanov A.V., Musatov V.A. (Eds). *Voprosy stratigrafii Povolzh'ya i Prikaspiya* [Stratigraphic Problems of the Volga and Caspian Regions]. Saratov, Sarat. Gos. Univ., 2004. pp. 226–258. (In Russian)
2. Akhmet'ev M.A., Shik S.M., Alekseev A.S. *Unifitsirovannaya stratigraficheskaya skhema paleogenovykh otlozhenii Povolzhsko-Prikaspiiskogo subregiona. Poyasnitel'naya zapiska* [Unified Stratigraphic Chart of the Paleogene Deposits of the Volga-Caspian Subregion. Explanatory Note]. Moscow, VNIGNI, 2014. 96 p. (In Russian)
3. Shelepov D.A., Guzhikov A.Yu. Results of the reconnaissance magnetostratigraphic studies of Paleocene in the southern part of the Saratov right bank. *Izv. Sarat. Univ. Nov. Ser. Ser.: Nauki Zemle*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 117–131. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-117-131>. (In Russian)

4. Shelepov D.A., Guzhikov A.Yu., Ryabov I.P., Pervushov E.M. Magnetostratigraphy of the Cretaceous–Paleogene boundary interval in the south of the Saratov right bank. *Melovaya sistema Rossii i blizhnego zarubezh'ya: problemy stratigrafii i paleogeografii: materialy XI Vserossiiskogo soveshchaniya (Tomsk, 19–24 sentyabrya 2022 g.)* [Cretaceous System of Russia and CIS Countries: Problems of Stratigraphy and Paleogeography: Proc. XI All-Russian Conf. (Tomsk, September 19–24, 2022)]. Tomsk, Tomsk. Gos. Univ., 2022. pp. 285–288. (In Russian)
5. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M. (Eds.) *Geologic Time Scale 2020*. Oxford, Elsevier, 2020. 1390 p.
6. Shebal'din V.P. *Tektonika Saratovskoi oblasti* [Tectonics of the Saratov Region]. Saratov, OAO “Saratovneftegeofizika”, 2008. 44 p. (In Russian)
7. Molostovskii E.A., Khramov A.N. *Magnitostratigrafiya i ee znachenie v geologii* [Magnetostratigraphy and Its Significance for Geology]. Saratov, Izd. Sarat. Gos. Univ., 1997. 180 p. (In Russian)
8. Gendler T.S., Shcherbakov V.P., Dekkers M.J., Gapeev A.K., Gribov S.K., McClelland E. The lepidocrocite–maghemite–haematite reaction chain—I. Acquisition of chemical remanent magnetization by maghemite, its magnetic properties and thermal stability. *Geophys. J. Int.*, 2005, vol. 160, no. 3, pp. 815–832. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02550.x>.
9. Grishchenko V.A., Guzhikov A.Yu. Paleomagnetic directions distortion caused by viscous-plastic deformations estimated from anisotropy of magnetic susceptibility (case study of Berriasian clays from East Crimea). In: Nurgaliev D., Shcherbakov V., Kosterov A., Spassov S. (Eds). *Recent Advances in Rock Magnetism, Environmental Magnetism and Paleomagnetism*. Ser.: Springer Geophysics. Cham, Springer, 2019, pp. 25–35. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90437-5_3.
10. Besse J., Courtillot V. Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr. *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 2002. vol. 107, no. B11, pp. EPM 6-1–EPM 6-31. <https://doi.org/10.1029/2000JB000050>.

⟨ **Для цитирования:** Шелепов Д.А., Гужиков А.Ю. Результаты магнитостратиграфических исследований сызранской свиты (палеоцен) разреза Песчаный Умет (г. Саратов) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2023. Т. 165, кн. 4. С. 524–536. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2023.4.524-536>. ⟩

⟨ **For citation:** Shelepov D.A., Guzhikov A.Yu. Results of the magnetostratigraphic studies of the Syzran Formation (Paleocene) in the Peschanyi Umyot section (Saratov, Russia). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2023, vol. 165, no. 4, pp. 524–536. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2023.4.524-536>. (In Russian) ⟩