УДК 550.2:551.781.31:550.838.4:550.42
doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2023-63-4-42-48

РЕЗУЛЬТАТЫ ЦИКЛОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЕТРОМАГНИТНЫХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО СТРАТОТИПУ СВИТЫ БЕЛОГРОДНИ (ДАТСКИЙ ЯРУС САРАТОВСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ)

Арсений Михайлович Суринский[1]✉, Андрей Юрьевич Гужиков[2], Дмитрий Александрович Шелепов[3], Руслан Рустемович Габдуллин[4]

[1] Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия; arsur91@yandex.ru✉, https://orcid.org/0000-0003-4892-3392
[2] Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия; aguzhikov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-0579-3981
[3] Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия; shelepov-dmitriy@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-3238-8532
[4] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; gabdullin@fgp.msu.ru, https://orcid.org/0000-0001-8296-7191

Аннотация. Получены данные о магнитных свойствах и составе химических элементов по стратотипу свиты белогродни (датский ярус) и проведен их циклостратиграфический анализ. По результатам Фурье-преобразований вертикальных последовательностей петромагнитных и геохимических параметров в разрезе выявлены циклы, соответствующие периодам большого и малого эксцентриситетов земной орбиты, рассчитаны время, за которое образовались изученные отложения (~2,1 млн лет), и средняя скорость формирования глауконититов (~1 см/тыс. лет).

Ключевые слова: палеоцен, датский ярус, свита белогродни, глауконититы, петромагнетизм, геохимия, циклостратиграфия, Нижнее Поволжье

Для цитирования*: Суринский А.М., Гужиков А.Ю., Шелепов Д.А., Габдуллин Р.Р.* Результаты циклостратиграфического анализа петромагнитных и геохимических данных по стратотипу свиты белогродни (датский ярус Саратовского Правобережья) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2023. № 4. С. 42–48.

CYCLOSTRATIGRAPHIC ANALYSIS RESULTS OF THE ROCK MAGNETIC AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BELOGRODNI FORMATION STRATOTYPE (DANIAN STAGE IN VOLGA RIGHT BANK AREA NEAR SARATOV)

Arseniy M. Surinsky[1]✉, Andrey Yu. Guzhikov[2], Dmitry A. Shelepov[3], Ruslan R. Gabdullin[4]

[1] Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov, Russia; arsur91@yandex.ru✉, https://orcid.org/0000-0003-4892-3392
[2] Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov, Russia; aguzhikov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-0579-3981
[3] Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov, Russia; shelepov-dmitriy@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-3238-8532
[4] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; gabdullin@fgp.msu.ru

Abstract. The data of magnetic properties and composition of chemical elements were obtained in the stratotype of Belogrodni formation (Danian stage) and it there was made their cyclostratigrapic analysis. By the results of Fourier transform of vertical subsequences of petromagnetic and geochemical parameters in the section there were identified the cycles, corresponding to the periods of long and short eccentricity of Earth orbit. The sedimentation time of studied section was estimated as (~2.1 myr), and the rate of glauconites sedimentation was estimated as (~1 cm/kyr).

***Keywords*:** Paleocene, Danian stage, Belogrodni formation, glauconites, petromagnetism, geochemistry, cyclostratigraphy, Lower Volga region

For citation: Surinsky A. M., Guzhikov A. Yu., Shelepov D. A., Gabdullin R. R. Results of cyclostratigraphic analysis of petromagnetic and geochemical data on the stratotype of the Belogrodni Formation (Danian Stage of the Saratov Right Bank). *Moscow University Geol. Bull.* 2023; 4: 42–48. (In Russ.).

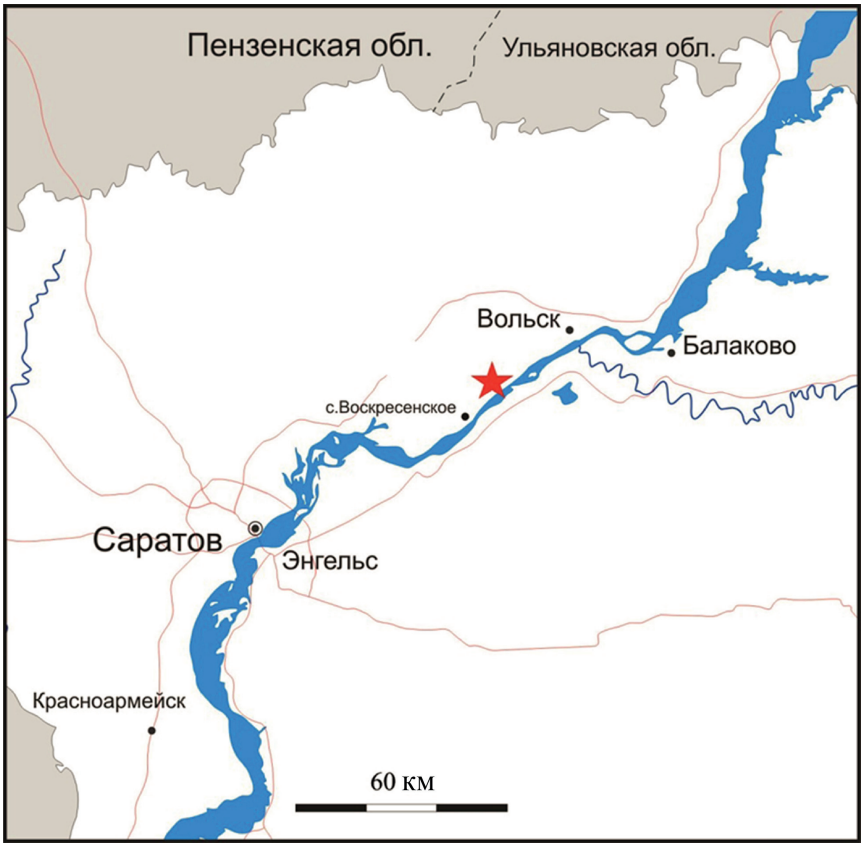

Рис. 1. Местонахождение стратотипа свиты белогродни (обозначено звездочкой)

Введение. Стратотип свиты белогродни находится на правом берегу р. Волги, примерно в 300 м ниже по течению от бывшего с. Белогродня Воскресенского района между райцентрами г. Вольск и с. Воскресенское (рис. 1). Здесь в высоких обрывах вскрывается наиболее полный разрез свиты белогродни, достигающий мощности ~20 м. Свита представлена силицитами глауконитсодержащими, песчанистыми, слабоглинистыми, слабоизвестковистыми, залегающими на мелоподобных мергелях радищевской свиты (маастрихт) и перекрывающимися опоками с глауконитом нижнесызранской подсвиты (датский ярус) [Унифицированная…., 2015].

Впервые отложения, слагающие свиту белогродни, были описаны А.П. Павловым [1896] как «глауконiты Гродни». Так же они были рассмотрены в работе Е.Ф. Ахлестиной и А.В. Иванова [2005]. В унифицированной стратиграфической схеме палеогена Поволжско-Прикаспийского субрегиона [2015] свита Белогродни, предположительно, сопоставляется с верхней частью датского яруса.

В рамках комплексного изучения палеоцена Саратовского Поволжья нами в 2022 г. из стратотипа свиты белогродни по системе «образец в образец» проведен отбор проб для магнитостратиграфических, микропалеонтологических, геохимических и литолого-минералогических исследований. К настоящему времени получены сведения о петромагнетизме и элементном составе отложений и проведен их циклостратиграфический анализ, результаты которого представлены в данной статье.

Строение разреза. Мощность изученных нами отложений в обнажении 3232 (N 51°56′13,5″ E 47°08′46,0″), расположенном в нижней части высокого (до 100 м) берегового обрыва, составляет ~26 м, из которых 18,6 м приходятся на свиту белогродни. В общей сложности нами взяты 50 образцов (приблизительно через каждые 0,5 м мощности), по которым впоследствии были получены петромагнитные и геохимические определения. Из свиты белогродни взяты образцы с 35 уровней, из радищевской свиты — образец с одного уровня, из нижнесызранской подсвиты — образцы с 14 уровней. Постепенность перехода глауконитовых силицитов от верхов свиты белогродни к низам нижнесызранской подсвиты свидетельствует о полноте стратиграфической летописи в этом интервале разреза. Подошва свиты белогродни, напротив, резко контрастирует с подстилающими мергелями и содержит переотложенный материал, что указывает на продолжительный перерыв в осадконакоплении. Поэтому образец из радищевской свиты был исключен из дальнейшего циклостратиграфического анализа. Обнажения в изученном разрезе снизу вверх показаны на рис. 2.

Радищевская свита (маастрихтский ярус). *Пачка 1 (обр. 3223-1).* Мелоподобный мергель, белый, плотный, биотурбированный, ходы лимонитизированы, так же встречаются редкие гнезда лимонита до 1–1,5 см. *Видимая мощность — 0,5 м.*

Свита белогродни (датский — зеландский ярусы). *Пачка 2 (обр. 3223-2 — 3223-23).* Чередование опок кварцево-глауконитовых от темно-серых до черных и глин кремнистых, алеврито-песчанистых

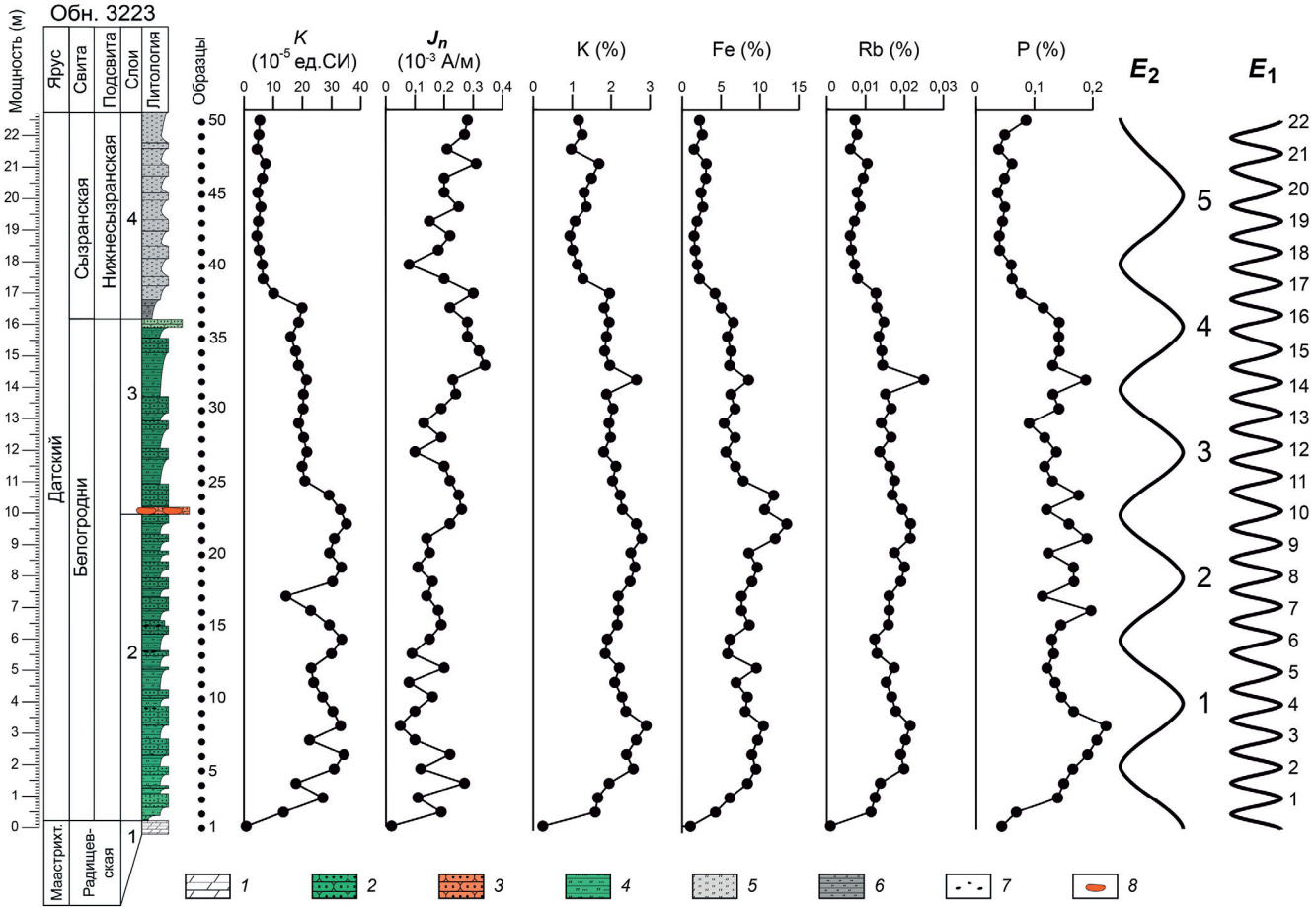

Рис. 2. Петромагнитные и геохимические характеристики датского яруса в стратотипе свиты белогродни (обнажение 3223): *1* — мергели, *2* — песчаник кварцево-глауконитовый, *3* — песчаник сидеритизированный, *4* — чередование опок кварцево-глауконитовых и глин кремнистых, *5* — опоки, *7* — фосфориты, *8* — сидеритовые конкреции

с глауконитом, темно-серых, биотурбированных. Четкие границы между песчаниками и глинами отсутствуют. На свежем сколе породы очень похожи, но различаются по крепости, поэтому их чередование проявляется только в выветрелом состоянии на поверхности склона: песчаники выступают в микрорельефе карнизами разной степени отчетливости между менее крепкими глинами. Толщины ритмов «песчаник-глина» (более и менее крепкие литологические разности соответственно) варьируют от 0,5 до 1,2 м (в среднем ~0,75 м). Количество глауконита закономерно возрастает снизу вверх по разрезу (рис. 2) составляя в верхней половине пачки не менее 50% от объема породы. В песчаниках встречаются фосфориты, количество и размер которых также возрастают вверх по разрезу: в нижней части пачки они очень редки и имеют размеры до нескольких миллиметров, в верхней части встречаются чаще, а их размеры достигают 1 см. Подошва пачки представлена слабосцементированным песчаником, мощностью ~0,2 м. Граница с нижележащей пачкой ровная и очень четкая. *Мощность* — 11,9 м.

Пачка 3 (обр. 3223-2 — 3223-36). Чередование опок кварцево-глауконитовых от темно-серых до черных и глин кремнистых, алеврито-песчанистых с глауконитом, в целом аналогичное пачке 2, но содержание глауконита в породах снижается и составляет менее 50%. Толщины ритмов «песчаник-глина» больше, чем в пачке 2, и варьируют от 1,1 до 1,5 м (в среднем ~1,3 м). Подошва пачки 3 маркируется великолепным репером — ярко-коричневым (до рыжего) мелкозернистым песчаником сидеритизированным, мощностью 20–35 см, внутри которого много сидеритовых конкреций вытянутой формы, длиной до 30–40 см, толщиной — до 15–20 см, очень плотных, тяжелых. Эти конкреции встречаются на бичевнике, с большим трудом разбиваются молотком. Поверхности конкреции покрыты коркой лимонита, толщиной до 5–6 мм, и имеют наиболее насыщенный ярко-коричневый (до рыжего) цвет, внутри они темно-серые. Остальная часть сидеритизированного песчаника (без конкреций) имеет блеклую коричнево-рыжеватую окраску, не очень равномерную (от светло- до темно-коричневой). Подошва песчаника, являющаяся нижней границей пачки, хорошо заметна в разрезе по цвету и выразительному карнизу в рельефе склона (образуемому, в первую очередь, благодаря конкрециям), но при

этом неровная и не очень контрастна. Верхняя граница сидеритизированного песчаника более ровная.

Кровля пачки 3 представлена кварцево-глауконитовым силицитом, серым до темно-серого (с поверхности светло-серого), плотным, звонким при ударе молотком, мощностью 0,15–0,2 м. Силицит очень крепкий, благодаря чему образует один из наиболее выразительных карнизов в рельефе склона. Глауконита в нем заметно меньше, чем в нижележащих отложениях (не более 25%). Верхняя граница силицита не очень ровная. *Мощность* — 6,6 м.

Нижнесызранская подсвита (датский ярус). *Пачка 4 (обр. 3223-37 — 3223-50).* Опоки (силициты) алеврито-песчанистые, от светло-серых до темно-серых. В целом цвет пород светлее, чем в пачках 2 и 3, благодаря чему граница между свитой белогродни и нижесызранской подсвитой издали заметна в береговых обрывах. Опоки не одинаковы по крепости и поэтому в выветрелом состоянии на дневной поверхности склона образуют характерную «гребенку», как и в нижележащей части разреза.

Подошва пачки представлена слоем кремнистой глины, мощностью 0,7 м, более мягкой (легко обрабатывается ножом), по сравнению с кремнистыми глинами из пачек 2 и 3. *Видимая мощность* — 6,5 м.

Методика работ. При полевом опробовании разреза с помощью шанцевых инструментов на каждом уровне брались ориентированные штуфы, из которых выпиливались 2–3 кубика с ребрами по 2 см, предназначенные в дальнейшем для палеомагнитных исследований. К настоящему времени у изготовленных образцов определены магнитные свойства и состав химических элементов.

Магнитные свойства. По всем образцам получены замеры объемной магнитной восприимчивости (K) и естественной остаточной намагниченности ($\mathbf{J_n}$). Значения петромагнитных параметров по образцам с одного уровня усреднялись. Измерения K и $\mathbf{J_n}$ проводились на каппабридже MFK1-FB и спин-магнитометре JR-6 (производство компании AGICO).

Величина K определяется концентрациями пара- и ферромагнетиков в породе. Модуль $\mathbf{J_n}$ зависит от концентрации только ферромагнитных минералов и от степени упорядоченности их магнитных моментов.

Глауконит является парамагнетиком, но в его составе присутствует тонкодисперсный магнетит, обладающий ферромагнитными свойствами. Поэтому глауконититы обладают остаточной намагниченностью [Гужиков и др., 2017; Lurcock, Wilson, 2013].

Химический состав. 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 (число фотонов, поступающих за единицу времени) пропорциональна концентрации (количеству атомов) соответствующего элемента. Это дает возможность определения количества атомов каждого элемента, входящего в состав образца.

Метод реализован в портативном рентгенофлуоресцентном анализаторе вторичного излучения X-Met 8000 (производство компании Oxford Instruments Analytical), позволяющем провести оперативную оценку состава горных пород по разрезу. Использование высокочувствительного детектора позволяет добиваться высокого разрешения и высокой чувствительности к низкоэнергетическому излучению, необходимому для определения легких петрогенных элементов (Mg, Si, P, S и др.). Диапазон определяемых химических элементов составляет ряд от Mg до U.

Для оперативного и относительно высокоточного определения элементного состава, в качестве наиболее оптимального времени замера принято 60 секунд. При калибровке прибора использовался стандартный эталон, поставляемый с прибором.

В изученных отложениях определены значимые концентрации 12 элементов: Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Rb, Sr, Zr. Содержания Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti и Mn пересчитывались на оксиды согласно пропорции массы химического элемента от массы оксида. Содержание Fe на оксиды не пересчитывалось вследствие того, что метод не осуществляет раздельного определения двух- и трехвалентного железа. Элементный состав определялся по одному образцу-кубику с каждого уровня. Определения по каждому образцу повторялись три раза и впоследствии усреднялись, с целью повышения точности результатов измерений.

Циклостратиграфический анализ. Главным постулатом, положенным в основу циклостратиграфических исследований, является наличие связи между процессами осадконакопления и вариациями орбитальных параметров Земли (циклами Миланковича) (Kodama, Hinnov, 2015; Strasser et al., 2006). Подобная связь обусловлена перераспределением инсоляции под действием астрономических факторов, неизбежно приводящим к климатическим изменениям, которые, в свою очередь, оказывают влияние на характер седиментации.

Вариации петромагнитных параметров по разрезу, также как и геохимические характеристики, отражают важные особенности условий осадконакопления (Гужиков, 2013; Kodama, Hinnov, 2015) и поэтому широко используются в циклостратиграфическом анализе для выявления седиментационной ритмичности. Выявленные циклы считаются обусловленными изменениями орбитальных параметров, если отношения их периодов совпадают с кратностями циклов Миланковича. Чаще всего

в осадочных последовательностях фиксируются циклы большого и малого эксцентриситетов земной орбиты ($\boldsymbol{E_2}$ и $\boldsymbol{E_1}$ соответственно), а также циклы наклона оси вращения Земли относительно эклиптики ($\boldsymbol{O}$). $\boldsymbol{E_2}$ / $\boldsymbol{E_1}$ ~ 4, а $\boldsymbol{E_1}$ / $\boldsymbol{O}$ ~ 2.5.

Фурье-преобразованию были подвергнуты как исходные вертикальные последовательности всех полученных петромагнитных и геохимических данных, так и сглаженные путем осреднения значений в скользящем окне (размером 1 м). Для оценки значимости сигнала на частотной спектрограмме использовались значения удвоенного и утроенного стандартного отклонения (2σ и 3σ соответственно) спектра случайного сигнала, сгенерированного на основе свойств конкретной выборки (ее среднего значения и стандартного отклонения). Период выявленных циклов (*T*) определялся в метрах как величина обратная частоте, количество циклов рассчитывалось путем деления суммарной мощности на *T*.

Результаты работ. Спектрограммы наиболее хорошего качества были получены при Фурье-преобразовании исходных рядов Fe, K и Rb и сглаженной последовательности $\mathbf{J_n}$ (рис. 3).

В области низких частот на каждой из четырех спектрограмм выделяются по два значимых пика, периоды которых соотносятся как 4:1. Почти во всех случаях амплитуды пиков $\boldsymbol{E_2}$ и $\boldsymbol{E_1}$ намного превышают уровень 3σ. Исключение представляет спектрограмма по Fe, на которой амплитуда пика $\boldsymbol{E_1}$ меньше 3σ, но больше 2σ.

Пики, соответствующие циклу наклона земной оси к плоскости эклиптики, намечаются на спектрограмме по $\mathbf{J_n}$. Максимум сигнала превышает 2σ, но сильно сдвинут влево относительно пика $\boldsymbol{O}$ идеального спектра (отношение частот, равное 2,1, отличается от ожидаемого *E1* / *O* ~ 2,5). Поэтому, достоверное выделение в разрезе циклов $\boldsymbol{O}$ на основе имеющихся данных невозможно.

Пара низкочастотных пиков с кратностью 4:1 и амплитудой, превышающей уровень 3σ, выделяется также при анализе исходных содержаний фосфора (рис. 3, *д*), но эти пики менее выразительны, чем на спектрограммах по $\mathbf{J_n}$, Fe, K и Rb (рис. 3, *а–г*).

Снижение концентраций глауконита вверх по разрезу сопровождается уменьшением значений *K* и $\mathbf{J_n}$, что дает основания считать глауконит и связанный с ним тонкодисперсный магнетит главными носителями магнитных свойств изученных отложений.

Fe и K относятся к числу элементов, доминирующих в составе глауконита.

Rb типичный щелочной металл характерной особенностью, которого является высокая миграционная способность. По кристаллохимическим свойствам его сходство с калием настолько велико, что он не образует собственных минералов и полностью рассеивается в кристаллических решетках минералов калия. Единственным осадочным минералом, структура которого благоприятна для вхождения Rb, является глауконит. Глауконит обладает повышенной сорбционной емкостью по отношению к катионам щелочных металлов. По структуре он является гидрослюдой, а в его состав входит калий, в связи с чем появляется возможность для проявления изоморфизма между K и Rb [Гавриленко, Сахоненок, 1986].

Фосфор также образует естественную ассоциацию с глауконитом [Юдович и др., 2018].

Таким образом, набор параметров, по которым получены хорошие с точки зрения циклостратиграфического анализа данные, определенно указывает на то, что выявленные по ним циклы отражают ритмичность глауконитообразования по разрезу. Отсутствие положительных результатов при циклостратиграфическом анализе магнитной восприимчивости объясняется тем, что величина $\mathbf{J_n}$ обусловлена, главным образом, тонкодисперсным магнетитом, ассоциирующим с глауконитом, а в величину *K* заметный вклад вносят также другие обломочные парамагнитные минералы. То обстоятельство, что остаточная намагниченность, как параметр обусловленный только ферромагнетиками, является более эффективным инструментом для выявления цикличности, чем магнитная восприимчивость, зависящая от ферро- и парамагнетиков, отмечался и ранее, например при циклостратиграфическом анализе берриаса Крыма [Грищенко и др., 2016].

Несмотря на невысокое качество каждой спектрограммы в отдельности, совокупность полученных результатов является доказательством отражения в магнитных и геохимических характеристиках разреза седиментационной ритмичности, контролируемой изменениями эксцентриситета земной орбиты. Средняя продолжительность цикла большого эксцентриситета составляет 400 тыс. лет, малого эксцентриситета — 100 тыс. лет, но эти цифры варьируются в течение геологического времени. Согласно модели Дж. Ласкара с соавторами [Laskar et al., 2010] в палеоцене длительность циклов $\boldsymbol{E_1}$ и $\boldsymbol{E_2}$ была 381,6 тыс. лет и 95,4 тыс. лет соответственно.

Периоды $\boldsymbol{T_2}$ и $\boldsymbol{T_1}$, соответствующие частотам 0,25 $м^{-1}$ и 1 $м^{-1}$, составляют 4 м и 1 м соответственно. Таким образом, глауконититам, слагающим свиту белогродни и низы нижнесызранской подсвиты, мощностью 22 м, соответствуют 5,5 циклов T_2 (или 22 циклов T_1). Отождествив T_2 и T_1 с периодами циклов большого ($\boldsymbol{E_2}$) и малого ($\boldsymbol{E_1}$) эксцентриситетов соответственно, можно оценить время формирования исследуемого интервала отложений как 5,5*381,6 тыс. лет (или 22*95,4 тыс. лет) = 2098,8 тыс. лет, а скорость глауконитовой седиментации определить через отношение мощности разреза (22 м) к вычисленному времени фомирования отложений: 2 200 см / 2098,8 тыс. лет = 1,05 см/ тыс. лет.

Выводы. Ритмичность глауконитообразования в низах палеоцена Саратовского Правобережья (свита белогродни и низы нижнесызранской под-

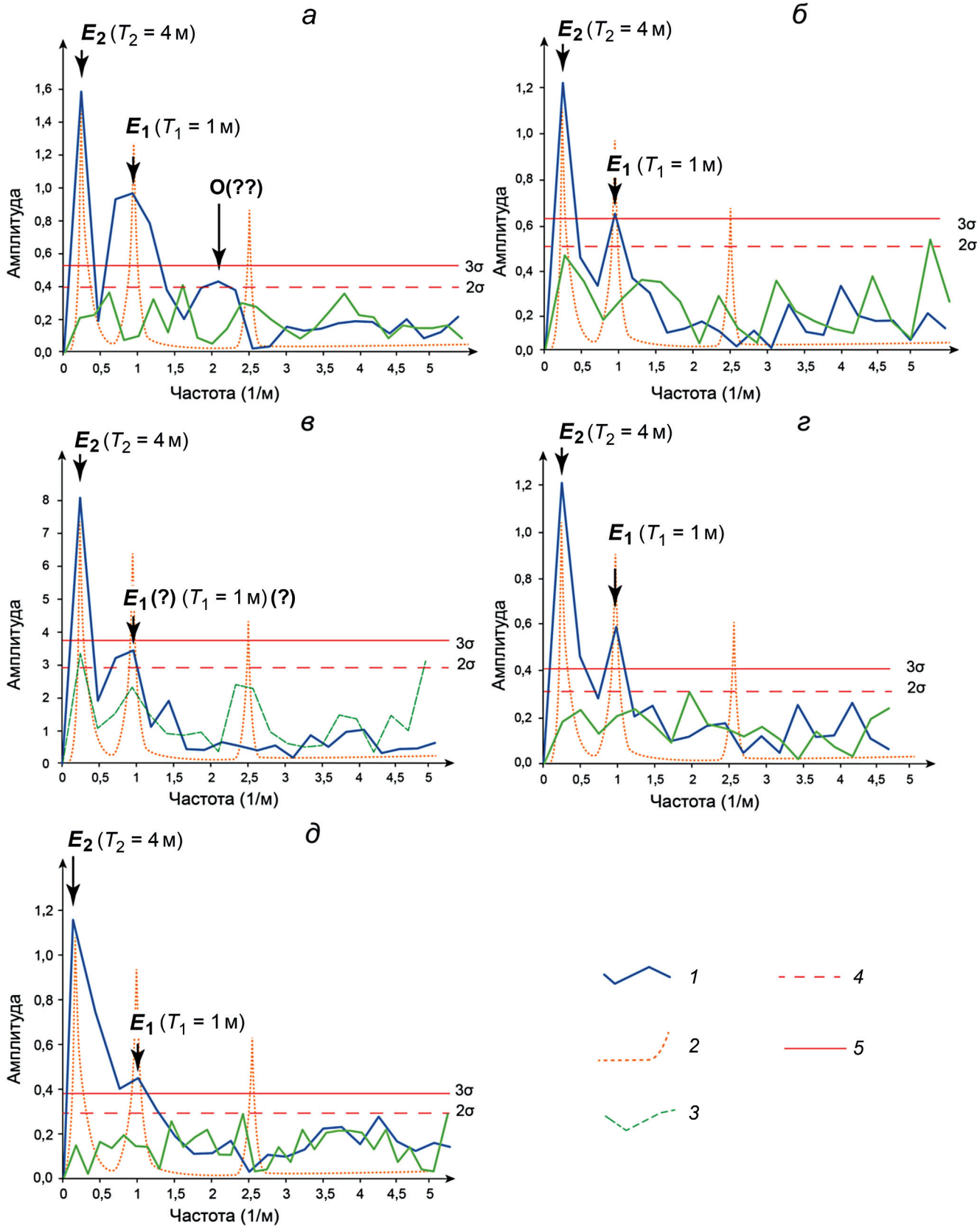

Рис. 3. Спектральные характеристики датского яруса в стратотипе свиты белогродни (обнажение 3223), полученные при анализе вертикальных рядов J_n (*а*), K (*б*), Fe (*в*), Rb (*г*) и P (*д*). *1* — спектр вариации исследуемого параметра, *2* — спектр функции, являющейся суммой идеальных циклов E_1, E_2 и O; *3* — спектр случайного сигнала, сгенерированного на основе статистических характеристик выборки исследуемого параметра, *4* и *5* — уровни удвоенного и утроенного стандартного отклонения сгенерированного случайного сигнала (2σ и 3σ соответственно)

свиты) отражена в вариациях по разрезу величин естественной остаточной намагниченности, магнитной восприимчивости и содержаний железа, калия, рубидия и фосфора.

По результатам Фурье-анализа петромагнитных и геохимических параметров в изученных отложениях выявлены циклы, отождествляемые с циклами большого и малого эксцентриситетов земной орбиты.

Исходя из известной длительности циклов Миланковича, следует заключить, что 22-метровая толща глауконититов в стратотипе свиты белогродни сформировалась за ~2,1 млн лет при средней скорости седиментации ~1,05 см/тыс. лет.

Благодарности. Авторы благодарны В.А. Мусатову (НВ НИИГГ, Саратов), А.Г. Маникину, Р.С. Дакирову (СГУ, Саратов) и С.С. Гаврилову (МиМГО, Москва) за помощь в проведении полевых исследований.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00159, https://rscf.ru/project/23-27-00159/.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ахлестина Е.Ф., Иванов А.В.* О стратиграфическом положении и литологии «слоев Белогродни» // Недра Поволжья и Прикаспия. 2005, вып. 42. С. 16–23.

2. *Гавриленко В.В., Сахоненок В.В.* Основы геохимии редких литофильных металлов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. 172 с.

3. *Грищенко В.А., Аркадьев В.В., Гужиков А.Ю.* и др. Био-, магнито- и циклостратиграфия разреза верхнего берриаса у с. Алексеевка (Белогорский район, Республика Крым). Статья 1. Аммониты. Магнитостратиграфия. Циклостратиграфия // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 3. С. 162–172.

4. *Гужиков А.Ю.* Геологическая информативность магнетизма керна и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин // Приборы и системы разведочной геофизики. 2013. № 4(46). С. 51–61.

5. *Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю., Беньямовский В.Н.* и др. Новые био- и магнитостратиграфические данные по кампанским–маастрихтским отложениям классического разреза Нижняя Банновка (юг Саратовского Правобережья) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2017. Т. 25, № 1. С. 24–61.

6. *Павлов А.П.* О третичных отложениях Симбирской и Саратовской губерний // Бюлл. МОИП. 1896. № 4. С. 87–92.

7. Унифицированная стратиграфическая схема палеогеновых отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона / Редкол.: М.А. Ахметьев, С.М. Шик, А.С. Алексеев; сост.: Г.Н. Александрова, М.А. Ахметьев, В.Н. Беньямовский и др. М.: ФГУП «ВНИГНИ», 2015. 96 с.

8. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Рыбина Н.В.* Фосфориты и глауконит: причина парагенезиса // Вестник института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 11. С. 43–47.

9. *Kodama A., Hinnov L.* Rock magnetic cyclostratigraphy. UK: West Sussex, Wiley & Sons. 2015. 166 p.

10. *Laskar J., Fienga A., Gastineau M., Manche H.L.* La2010: A new orbital solution for the long term motion of the Earth // Astronomy and Astrophysics. 2011. Vol. 532. A89. P. 1–15.

11. *Lurcock P.C., Wilson G.S.* The palaeomagnetism of glauconitic sediments // Global Planet. Change. 2013. Vol. 110. P. 278–288.

12. *Strasser A., Higlen F., Henkel P.* Cyclostratigraphy — concepts, definitions and applications // Newsletters on Stratigraphy. 2006. Vol. 42, № 2. P. 75–114.

Статья поступила в редакцию 12.04.2023,
одобрена после рецензирования 05.06.2023,
принята к публикации 16.08.2023