

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРЕЗА САРМАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В МИХАЙЛОВСКОМ КАРЬЕРЕ

© Г.В. Сливинская, 2009

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

The paper reports on a magnetostratigraphic study of the middle and upper sarmatian sedimentary rocks in the section of the Mikhailovsky quarry from the south of Ukraine. The standard procedure of the samples demagnetization by an alternating magnetic field and temperature, as well as the Kirshvink analysis allowed to separate the NRM components and to determine the primary characteristic J_{n0} component. Based on the data, the regional magnetostratigraphic section of Mikhailovsky quarry was constructed. It marks the state of geomagnetic field in the Late Neogene time interval and contains reliable paleomagnetic benchmarks for stratifying and correlating similar masses within Eastern Paratethys.

Значительные тектонические события среднего миоцена определили подразделение Паратетиса на восточный и западный бассейны, различающиеся между собой характером палеогеографического развития [1]. Граница между этими бассейнами не была стабильна во времени. Изоляция Восточного и Западного Паратетиса становилась или очень резкой, или ослабевала, и Паратетис вновь выступал как единый бассейн. В отличие от Тетиса, имевшего на протяжении всего неогена свободную связь с океаном, Паратетис время от времени ее утрачивал [1–3]. Все это привело к формированию своеобразной эндемичной фауны моллюсков, на эволюции которой и построены региональные стратиграфические шкалы. Такой эндемизм фауны, наиболее четко начавший проявляться в сарматском бассейне Паратетиса, был одной из основных причин невозможности принятия однозначной и объективной корреляции стратиграфических схем позднего кайнозоя в перечисленных областях.

Множественность вариантов сопоставления геологических событий в пределах Паратетиса и в смежной с ним области Средиземноморья (Тетиса) обусловила привлечение к решению проблемы корреляции палеомагнитного метода в комплексе с другими методами исследований.

Для такого комплексного изучения прежде всего интересны разрезы, которые наряду с тем, что сложены породами, пригодными для палеомагнитных исследований, имеют определенную фаунистическую характеристику. Они должны быть точками прямой корреляции, т. е. если это морские отложения, то должны включать остатки континентальных фаун и флор, либо наоборот. Это позволит более надежно коррелировать их с таковыми на сопредельных территориях.

С целью получения дополнительных данных о сарматском фрагменте шкалы неогена Украины,

а именно детальной привязки местонахождений наземных и пресноводных моллюсков, мелких млекопитающих, уточнения состава регионаруса, а также палеомагнитной характеристики отложений этого возраста, проведено комплексное изучение разреза осадочных толщ среднего и верхнего сармата Михайловского карьера.

В данной статье представлены результаты только палеомагнитных исследований, а в статье [4] приведено полное описание разреза, моллюсков, остракод, наннопланктона и спорово-пыльцевых комплексов. Более раннему изучению этого разреза посвящены работы П.Ф. Гожики, В.А. Присяжнюка и других исследователей [5–8].

Разрез Михайловского карьера расположен на левом склоне долины р. Южный Буг в 1 км севернее с. Михайловка (Николаевская область, Новоодесский район) (рис. 1) [4]. Здесь развиты разнофациальные отложения сарматского яруса, охарактеризованные остатками морских, пресноводных и наземных моллюсков, мелких млекопитающих михайловского и бериславского комплексов. Поэтому разрез полностью удовлетворяет требованиям как точка прямой корреляции.

Согласно [4], на среднесарматских ракушечниках слоя 1 (рис. 2) залегает толща различных глин и алевроитов с прослоями известняков и песков, в которой выделяется семь пачек-ритмов: каждая из них начинается морскими или лагунно-морскими отложениями, а заканчивается в большинстве случаев комковатыми глинами со следами почвообразования. Слои 2–9 составляют нижний первый ритм, содержащий остатки мелких млекопитающих зоны MN10 (Михайловка-1), наземных и пресноводных моллюсков (михайловский комплекс). Второй ритм сложен слоями 10–14, отложения которых практически не содержат моллюсков. Третий ритм объединяет слои 15–21 и завершает средний сармат. Анализ изучения

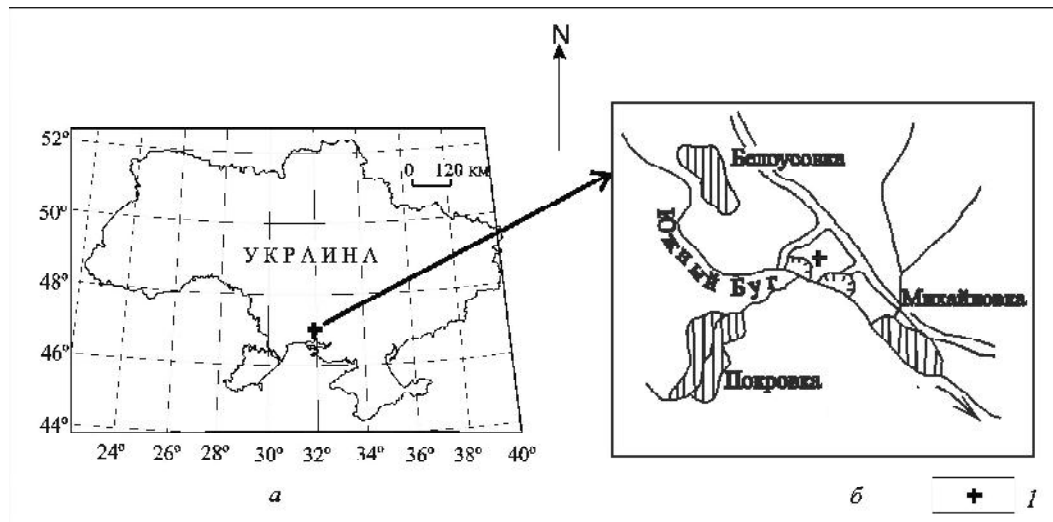


Рис. 1. Карта (а) и схема (б) района проведения работ: I – месторасположение точки отбора образцов на палеомагнитные исследования. Заимствовано из работы [4]

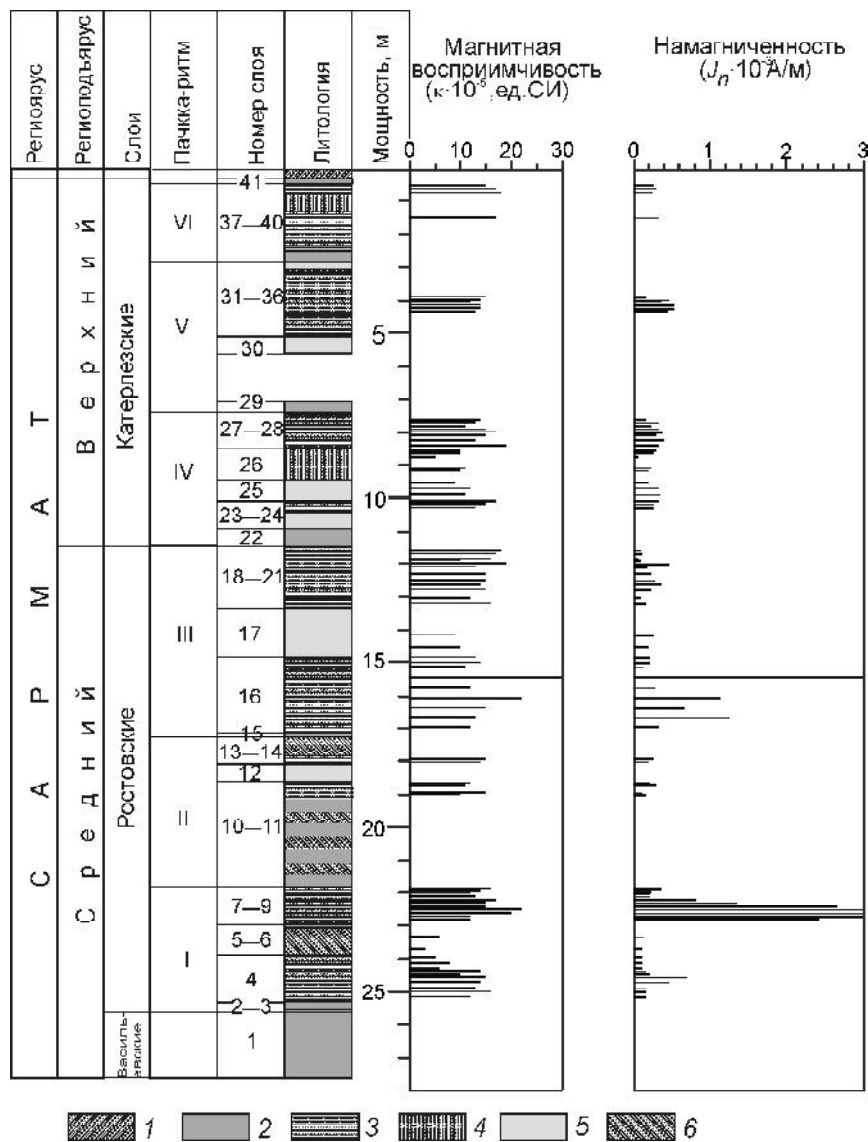


Рис. 2. Литологическая колонка, магнитная восприимчивость и естественная остаточная намагниченность отложений разреза Михайловского карьера. Литология: 1 – суглинок; 2 – известняк; 3 – глина; 4 – алеврит; 5 – песок; 6 – мергель

наннопланктона позволяет отнести известняки слоя 15 к зоне NN8. Нижний контакт слоя 21 достаточно резкий, что может свидетельствовать о более продолжительном перерыве между третьей и четвертой пачками. Отложения верхней группы ритмов (IV–VII) имеют позднесарматский возраст и могут быть охарактеризованы следующим образом. Четвертая пачка-ритм сложена в основном морскими отложениями и объединяет слои 22–28. В основании слоя 25 содержатся остатки мелких млекопитающих зоны MN11 (Михайловка-2 [7]), а также комплекс наземных моллюсков (логанештский комплекс). В этом слое установлено первое появление пресноводных моллюсков паннонского типа и азиатских наземных. Породы четвертой и пятой (слои 29–36) пачек-ритмов могут быть объединены в один ритм, отвечающий максимуму трансгрессии херсонского бассейна позднего сармата [4]. Породы шестой (слои 37–40) и седьмой пачек (слой 41) менее информативны в палеонтологическом смысле.

В разрезе Михайловского карьера (рис. 2) изучено 14 м среднесарматских образований и порядка 8 м отложений верхнего сармата. Отбор ориентированных штуфов выполнен в среднем через 10–25 см по всей мощности разреза. Из каждого независимо ориентированного штуфа было изготовлено по 2–5 зависимо ориентированных образцов кубической формы с размером ребра 2,0 см. При этом в коллекции оказались представленными 88 стратиграфических уровней (примерно 300 ориентированных образцов). Отобранная коллекция охватывает в основном интервал разреза с 4-го по 29-й слой, где развиты многочисленные прослои глинистых пород (рис. 2). Несмотря на некоторую фрагментарность опробования, обусловленную наличием в строении разреза прослоев песка и известняка, такое количество материала обеспечило требуемую статистическую надежность магнитостратиграфических результатов.

Лабораторные исследования отобранной коллекции проводились в Палеомагнитной лаборатории Института геофизики ПАН (г. Варшава, Польша). Они включали в себя изучение естественной остаточной намагниченности J_n (ЕОН) и эксперименты по определению магнитных минералов-носителей ЕОН.

Измерения ЕОН выполнены на криогенном SQUID магнитометре 2G Enterprises (производство США), средней магнитной восприимчивости образцов – на мосту KLY-2 (производство “Geofyzika”, Брно, Чешская Республика). Температурная чистка образцов проводилась в электропечи с немагнитным пространством Magnetic Measurements (производство Великобритания). Размагничивание переменным магнитным полем выполнялось с помощью инструмента 2G, встроенного в SQUID магнитометр. SQUID маг-

нитометр и оба устройства для размагничивания образцов расположены в пространстве, полностью экранированном от влияния современного земного магнитного поля, что достигалось благодаря системе колец Гельмгольца (Magnetic Measurements, Великобритания).

Для диагностики компонентного состава магнитных минералов-носителей ЕОН и температур их фазовых превращений проведены термомагнитные анализы остаточной намагниченности насыщения по методике, описанной в [9], на инструменте TUS (Палеомагнитная лаборатория ПАН, г. Варшава, Польша).

Исследование температурной зависимости остаточной намагниченности насыщения $J_{rs}(T)$ выполнено на образцах, предварительно намагниченных полем I T . Анализ этих данных позволил заключить, что основным ферромагнитным минералом, отвечающим за намагниченность изучаемых отложений как морского, так и континентального генезиса, является магнетит с различным размером зерен. Его низкое количество определило магнитные характеристики изучаемых пород. Кроме того, в отдельных образцах обнаружены гидроксиды железа и гематит, играющие в намагниченности изучаемых пород подчиненную роль.

В результате комплексного изучения магнитных параметров отобранной коллекции удалось установить следующее. Осадочные породы, слагающие разрез, слабомагнитны (рис. 2). Величина J_n изменяется в пределах $(0,05–3,61)10^{-3}$ А/м при средних значениях порядка $0,29 \cdot 10^{-3}$ А/м для слоев 9, 19–20, 24–40; $0,24 \cdot 10^{-3}$ А/м, для слоев 4, 11–13; $0,19 \cdot 10^{-3}$ и $0,13 \cdot 10^{-3}$ А/м – для слоев 16–17, 10 и 18 соответственно. Повышенные значения намагниченности – $(0,81–3,61)10^{-3}$ и $(0,66–3,56)10^{-3}$ А/м – характерны для пород слоя 7 и нижней части слоя 16. Минимум намагниченности – $(0,05–0,10)10^{-3}$ А/м – отмечен в образцах из слоя 21.

Магнитная восприимчивость k изменяется по разрезу в пределах $(3–56)10^{-5}$ ед. СИ. Характер этого изменения подобен характеру изменения J_n . На фоне среднего значения $k = 13,9 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ выделяются две зоны с повышенными средними значениями $21 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ в слое 7 и $30 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ в слое 16. В отложениях слоя 5 установлена зона пониженной магнитности – среднее значение k порядка $4,50 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

Для решения главной задачи лабораторных исследований ЕОН, а именно выделения составляющей, которая представляет геомагнитное поле времени образования пород, использовалась стандартная методика, изложенная в работах [10–12]. Все образцы коллекции прошли температурную чистку путем поэтапных нагревов до температур 300–350 °С. После каждого нагрева проводился контроль значений магнитной восприимчивости

всех образцов. В случае фиксации температурных фазовых превращений минералов железа дальнейший нагрев коллекции прекращался. Образцы-дубликаты каждого уровня были размагничены переменным магнитным полем с индивидуальным подбором исходных амплитудных значений и шага нарастания начальных амплитуд в полях до 80–130 мТл. Анализ результатов магнитных чисток образцов выполнялся с помощью пакета специальных программ [13], основанного на принципах компонентного анализа Киришвинка [14].

Результаты магнитных чисток как температурой, так и переменным магнитным полем указывают на то, что кроме компоненты J_{n0} , обусловленной зернами первичного магнетита и имеющей направление геомагнитного поля времени образования изучаемых осадочных комплексов, в состав наблюдаемой J_n входят вторичные составляющие вязкого происхождения.

Выделенные компоненты можно охарактеризовать следующим образом. Мягкая вторичная компонента вектора ЕОН легко разрушается при низких температурах до 100–200 °С и слабых полях до 20–30 мТл. Характерная особенность изучаемых отложений – их высокая магнитная вязкость. Уже в течение первых 3–4 шагов процесса размагничивания наблюдается понижение величины ЕОН на 50–80 %.

Первичная компонента выделяется при более высоких полях (от 30–40 мТл) и температурах, начиная от 200–250 °С и выше, и составляет от 25 до 10 % ЕОН.

Применение параллельно двух методов магнитных чисток эффективно для получения более объективных результатов по каждому уровню отбора. Обычно для дальнейших построений принималось направление выделенной первичной компоненты вектора J_n , подтвержденное двумя различными способами воздействия на намагниченность. Но для некоторых уровней отбора более приемлемым оказывался только один из них, результат которого и принимали за основу.

Результаты выделения величины J_{n0} , представляющей геомагнитное поле времени накопления изученной последовательности слоев, и магнитная зональность среднего и верхнего сармата по разрезу Михайловского карьера приведены на рис. 3. Для удобства анализа данных принята следующая произвольная их индексация снизу вверх: RN1, R1, N1, R2 и т. д.

По характеру записи изменений геомагнитного поля в намагниченности реальных геологических образований разрез Михайловского карьера четко разделяется на четыре неравные части вследствие наличия трех (RN, N и R) состояний геомагнитного поля в среднем и позднем сармате.

Начинается палеомагнитный разрез с магнитозоны смешанной полярности RN1, имеющей

общую мощность 0,90 м и охватывающей отложения слоя 4, за исключением самой верхней его части. Выше по разрезу 0,50 м породы, включающие кровлю слоя 4 и нижнюю часть слоя 5, обратно намагничены и соответствуют магнитозоне R1. Прямо намагниченные отложения слоев 5–9, а также интервала верхи слоя 10 – низы слоя 16 условно объединены в единую магнитозону прямой полярности N1. Условность ее выделения вызвана трехметровым перерывом в отборе образцов из слоя 10 на палеомагнитные исследования, что делает картину записи изменений геомагнитного поля неполной.

Залегающие выше отложения слоев 16–27 имеют обратную намагниченность и выделены в магнитозону R2. Исходя из полученных результатов, граница между средним и верхним сарматом сменой полярности не отмечена и палеомагнитным репером не является. Хотя здесь надо помнить о перерыве в осадконакоплении на рубеже третьего и четвертого ритмов.

В верхней части разреза позднесарматских отложений (слои 33, 34) выделяется магнитозона смешанной полярности RN2, которая отделена от магнитозоны R2 четырехметровым перерывом в отборе образцов, что не дает возможности установить ее нижнюю границу.

Высокая точность измерений, детальность опробования разреза, надежное палеонтологическое обоснование и хорошая статистика позволяют утверждать, что полученный “рисунок” магнитной зональности по изученному разрезу отражает объективную реальность и может быть основой для дальнейших магнитостратиграфических построений.

Кроме того, биостратиграфические уровни прямой корреляции, установленные в изученном разрезе, получили дополнительную палеомагнитную характеристику, что повышает уровень достоверности проводимых корреляций геологических событий в Восточном Паратетисе и сопредельных с ним территорий. Так, отложения среднего сармата, которые содержат остатки мелких млекопитающих зоны MN10 (Михайловка-1), а также наземных и пресноводных моллюсков михайловского комплекса, намагничены прямо. Местонахождение остатков мелких млекопитающих зоны MN11 (Михайловка-2) и логанештского комплекса наземных моллюсков приурочено к магнитозоне обратной полярности, зафиксированной в начале позднего сармата. Известняки среднесарматского возраста, отнесенные по наннопланктону к зоне NN8, залегают в породах, имеющих прямую намагниченность.

Заключение. Детальная картина изменений магнитной полярности поля, записанная в намагниченности пород разреза Михайловского карьера (средний–верхний сармат Восточного Паратетиса) получена с помощью использования

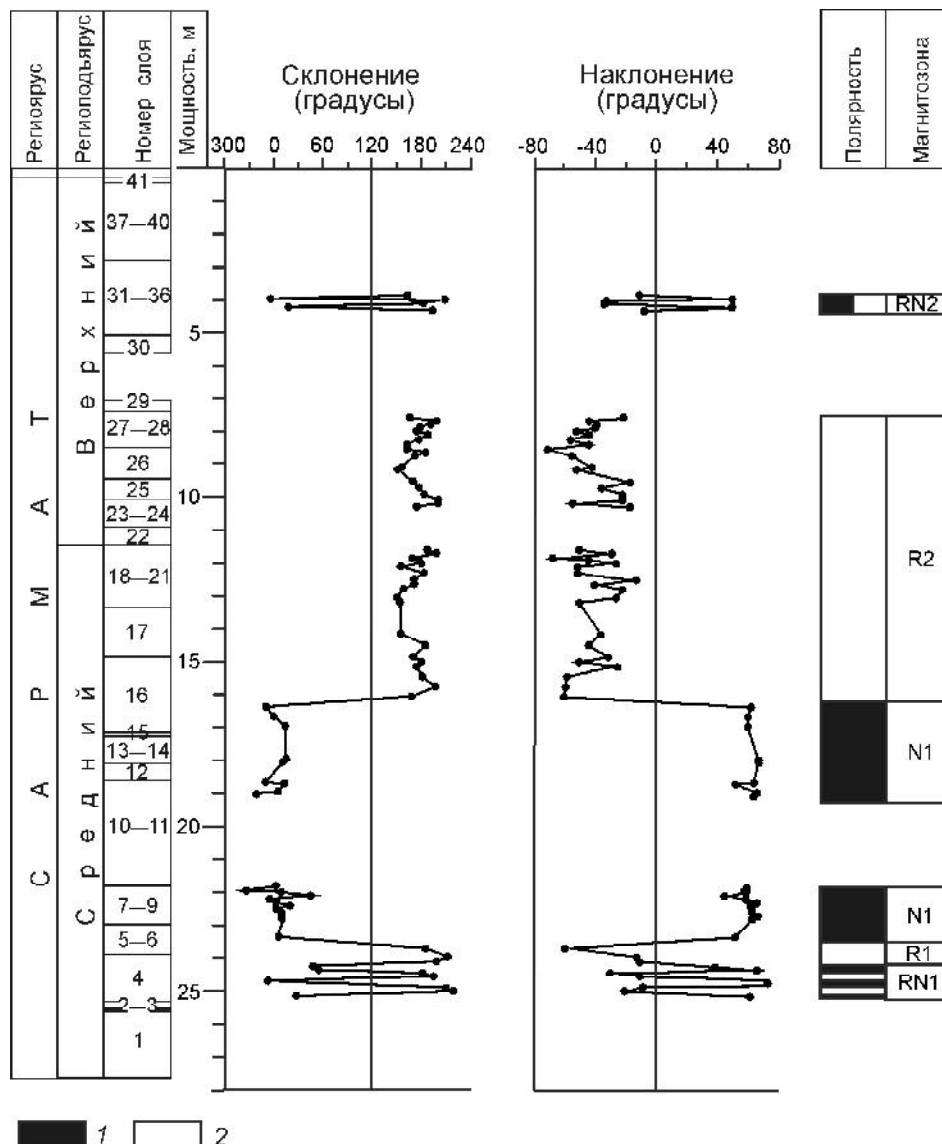


Рис. 3. Результаты магнитостратиграфических исследований отложений среднего и верхнего сармата разреза Михайловского карьера. Полярность: 1 – прямая (N), 2 – обратная (R). Склонение и наклонение – рассчитанные направления векторов первичной компоненты намагниченности

комплекса магнитостратиграфических и биостратиграфических данных.

Магнитная полярность трижды изменялась во второй половине среднего сармата, а для начала позднего сармата характерна преимущественно обратная полярность (с коротким интервалом неустойчивого состояния геомагнитного поля).

Магнитозоны разреза, достаточно надежно фиксирующиеся намагниченностью соответствующих слоев, могут быть использованы в качестве реперов в межрегиональной корреляции.

Палеомагнитный разрез построен по первичным компонентам, рассчитанным методом Киршвинк-анализа после размагничивания пород с носителем J_n – магнетитом.

Автор статьи благодарит Институт геофизики ПАН (Варшава, Польша) за предоставленную научную стипендию, которая дала возможность выполнить исследования на высокоточной измерительной аппаратуре.

- Семененко В.Н. Стратиграфическая корреляция верхнего миоцена и плиоцена Восточного Паратетиса. – Киев: Наук. думка, 1987. – 232 с.
- Невеская Л.А., Гончарова И.А., Ильина Л.Б., Парамонова Н.П. Региональная стратиграфическая шкала Восточного Паратетиса // Сов. геология. – 1984. – № 9. – С. 37–49.
- Невеская Л.А., Гончарова И.А., Ильина Л.Б. и др. О стратиграфической шкале неогена Восточного Паратетиса // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2003. – 11, № 2. – С. 3–26.
- Присяжнюк В.А., Коваленко В.А., Люльева С.А., Сябряй С.В. Разрез сарматских отложений в Михайловском карьере – уникальная точка прямой корреляции морских и континентальных отложений // Геол. журнал. – 2006. – № 1. – С. 64–75.
- Гожик П.Ф., Присяжнюк В.А. Пресноводные и наземные моллюски миоцена Правобережной Украины. – Киев: Наук. думка, 1978. – 172 с.
- Топачевский В.А., Несин В.А., Топачевский И.В. Очерк истории микротерииофаун (Insectivora, Lagomorpha, Rodentia) Украины в отрезке времени средний сар-

- мат-акчагыл // Вестн. зоологии. — 1997. — 31 (5/6). — С. 3–14.
7. *Топачевский В.А., Несин В.А., Топачевский И.В.* Биозональная микробиологическая схема (стратиграфическое распределение мелких млекопитающих — Insectivora, Lagomorpha, Rodentia) неогена северной части Восточного Паратетиса // Там же. — 1998. — 32 (1/2). — С. 76–87.
 8. *Присяжнюк В.А., Коваленко В.А.* О пользе комплексного изучения опорных разрезов неогена Украины (на примере разреза Михайловского карьера) // Эволюція органічного світу як підґрунтя для вирішення проблем стратиграфії. — К., 2002. — С. 89–91.
 9. *Kądziałko-Hofmokl M., Kruczyk J.* Complete and partial self-reversal of natural remanent magnetization of basaltic rocks from Lower Silesia, Poland // Pageoph. — 1976. — № 110. — P. 2031–2040.
 10. *Молоствовский Э.А., Храмов А.Н.* Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1997. — 179 с.
 11. *Третьяк А.Н.* Естественная остаточная намагниченность и проблема палеомагнитной стратификации осадочных толщ. — Киев: Наук. думка, 1983. — 254 с.
 12. *Палеомагнитология* / Под ред. А.Н. Храмова. — Ленинград: Недра, 1982. — 312 с.
 13. *Lewandowski M., Werner T., Nowozynski K.* PDA — a package of FORTRAN programs for palaeomagnetic data analysis. — Warszawa: Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci. Manuscript, 1997. — P. 1–17.
 14. *Kirschvink J.L.* The least-squares line and plane and the analyses of palaeomagnetic data // Geophys. J. Roy. Astronom. Soc. — 1980. — 62. — P. 699–718.

Поступила в редакцию 27.05.2009 г.

Г.В. Сливинская

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРЕЗА САРМАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В МИХАЙЛОВСКОМ КАРЬЕРЕ

Выполнено магнитостратиграфическое исследование осадочных пород среднего и верхнего сармата разреза Михайловского карьера (юг Украины). Стандартная процедура размагничивания образцов переменным магнитным полем и температурой, выполнение Киршвинк-анализа позволили разделить компоненты естественной остаточной намагниченности и выделить первичную характеристическую компоненту $J_{ю}$. На основании полученных данных построен региональный магнитостратиграфический разрез, который фиксирует состояние геомагнитного поля в позднем неогене и содержит надежные палеомагнитные реперы для стратификации и корреляции подобных толщ в пределах Восточного Паратетиса.

Г.В. Сливинська

РЕЗУЛЬТАТИ ПАЛЕОМАГНІТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗРІЗУ САРМАТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ У МИХАЙЛІВСЬКОМУ КАР'ЄРІ

Виконано магнітостратиграфічне дослідження осадових порід середнього та верхнього сармату в розрізі Михайлівського кар'єру (південь України). Стандартна процедура розмагнічування зразків змінним магнітним полем і температурою, проведення Кіршвінк-аналізу дали змогу розділити компоненти природної залишкової намагніченості та виділити первинну характеристичну компоненту $J_{ю}$. За отриманими даними побудовано регіональний магнітостратиграфічний розріз, який відображає стан геомагнітного поля у пізньому неогені та містить надійні палеомагнітні реперы для стратифікації і кореляції подібних товщ у межах Східного Паратетису.