

Магнитостратиграфия осадочных отложений позднего неогена Керченского полуострова

© Г. В. Сливинская, А. Н. Третьяк, 2010

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 10 августа 2009 г.

Представлено членом редколлегии О. М. Русаковым

Виконано палеомагнітне дослідження осадових утворень пізнього неогену Керченського півострова. За отриманими даними побудовано детальні магнітостратиграфічні розрізи, які відображають стан геомагнітного поля у пізньому неогені і містять надійні палеомагнітні репери для стратифікації і кореляції аналогічних відкладів у межах Східного Паратетису.

Paleomagnetic study of the Late Neogene sedimentary rocks from the Kerchian Peninsula has been made. Detailed magneto-stratigraphic sections have been plotted according to the data obtained. These sections mark the state of geomagnetic field in the Late Neogene time interval and contain reliable paleomagnetic benchmarks for stratifying and correlating similar masses within the Eastern Paratethys.

На Черноморском побережье Керченского полуострова в береговых обрывах у пос.Заветное были изучены два разреза — Кыз-Аул и Яныш-Такыл (рис. 1), включающие отложения мэотического, понтического и киммерийского региоярусов. Близкое их расположение, наличие маркирующих горизонтов, уверенно определяемые комплексы фауны позволили надежно увязать их между собой и построить детальный сводный палеомагнитный разрез вышеуказанного временного интервала. Полученная запись изменений геомагнитного поля послужила основой магнитостратиграфической схемы верхнего неогена Крымско-Таманского региона [Третьяк, Сливинская, 2002].

В вышеуказанном регионе Керченский полуостров считается стратотипической областью для изучаемого временного интервала. Здесь находятся стратотип мэотического региояруса, которым является разрез берегового обрыва в районе г. Аршинцево [Стратиграфия ..., 1986; Невеская и др., 1984, 2003], и неостратотип понтического региояруса — разрез Камыш-Бурунской мульды, вскрытый на западном берегу Керченского пролива на южной окраине г. Керчь.

На Керченском полуострове мэотические и понтические отложения приурочены к синклиналиям. Первые сложены преимущественно детритовыми известняками с прослоями мергелей, глин и песков. Их мощность дости-

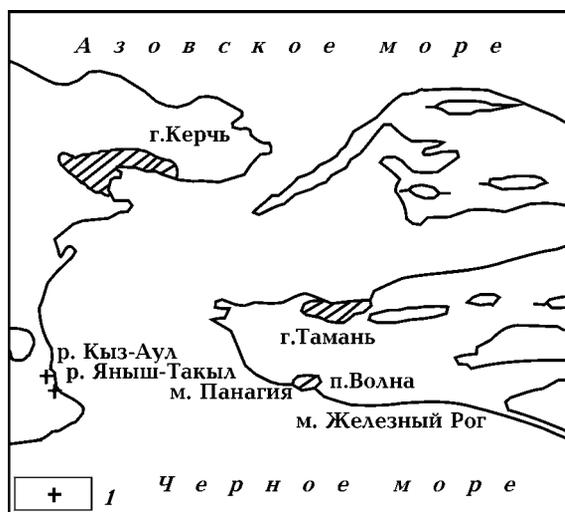


Рис. 1. Географическая карта-схема района проведения работ: 1 — месторасположение точек отбора образцов на палеомагнитные исследования.

гает 50—80 м. Понтические отложения в большинстве разрезов Керченского полуострова представлены фацией фален, лишь в юго-западной части более развиты валенциеннезиевые глины. Обычно их мощность не превышает первых десятков метров. Отложения верхнего понта известны в этом регионе лишь на ограниченных участках. Контакт отложений понта и киммерия везде весьма четкий.

Киммерийский региоярус на Керченском полуострове представлен тремя горизонтами. Нижний азовский горизонт сложен толщей песков с бедной фауной остракод, сосредоточенных в рудных слоях, которые, по мнению Е. Ф. Шнюкова, представлены неокисленны-

ми сидерито-лептохлоритовыми рудами [Зубаков, 1990]. Камышбурунский содержит пласты оолитовых руд, подстилаемые песками и ленточными глинами. Пантикапейский сложен темно-серыми плотными пластичными глинами с рыхлыми пятнами.

Слабая магнитная информативность осадочных комплексов, слагающих перечисленные региоярусы в этом районе, определила густоту шага отбора образцов на палеомагнитные исследования до 10—25 см между уровнями, а также вырезанием сплошной ориентированной призмы из отдельных пачек слоев. При этом каждый стратиграфический уровень (уровень отбора) был представлен 4—6 ориенти-

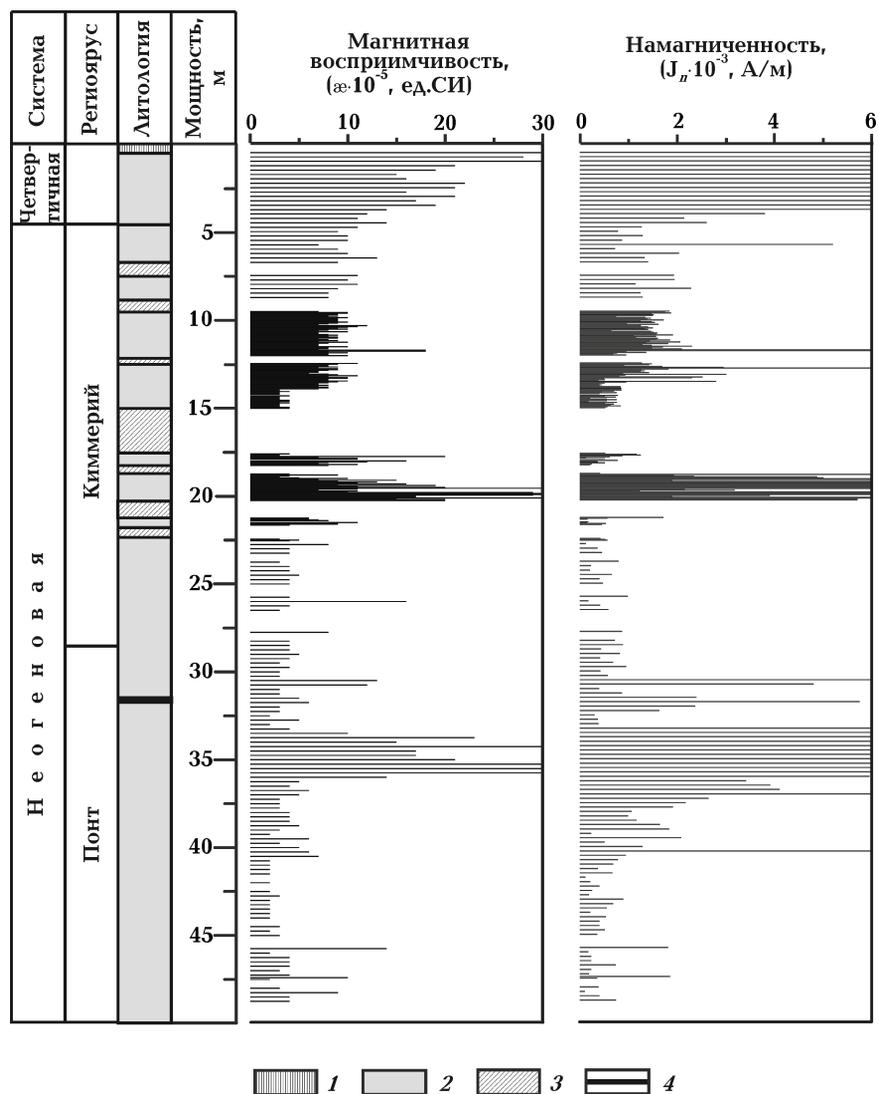


Рис. 2. Литологическая колонка, магнитная восприимчивость и естественная остаточная намагниченность отложений разреза Кыз-Аул. Литоология: 1 — суглинок; 2 — глина; 3 — железная руда; 4 — известняк.

рованными образцами. Объем полученного материала и возможность применения нескольких методов выделения J_n по каждому уровню позволили достаточно надежно отфильтровать "полезный сигнал" и полученную магнитную зональность считать объективной.

Определение скалярных и угловых параметров естественной остаточной намагниченности (J_n) образцов выполнялось с помощью астатического магнитометра LAM-4, спин-магнитометра JR-4 (производство "Geofyzika", Брно, Чешская Республика), а измерения значений магнитной восприимчивости (χ) — на LKY-1.

В разрезе Кыз-Аул общая мощность исследованной толщи составляет 48,8 м (рис. 2). Отбор образцов на палеомагнитные исследования выполнен с 303 стратиграфических уровней. В возрастном отношении верхние 4,5 м представлены лессово-почвенными образованиями четвертичного возраста. Ниже залегают 24 м отложений киммерия, который представлен в разрезе практически в полном объеме. Нижние 20 м разреза имеют позднепонтический возраст. Небольшая мощность (порядка 4 м) понта (самые его низы) опробована в соседнем обнажении Яныш-Такыл (рис. 3).

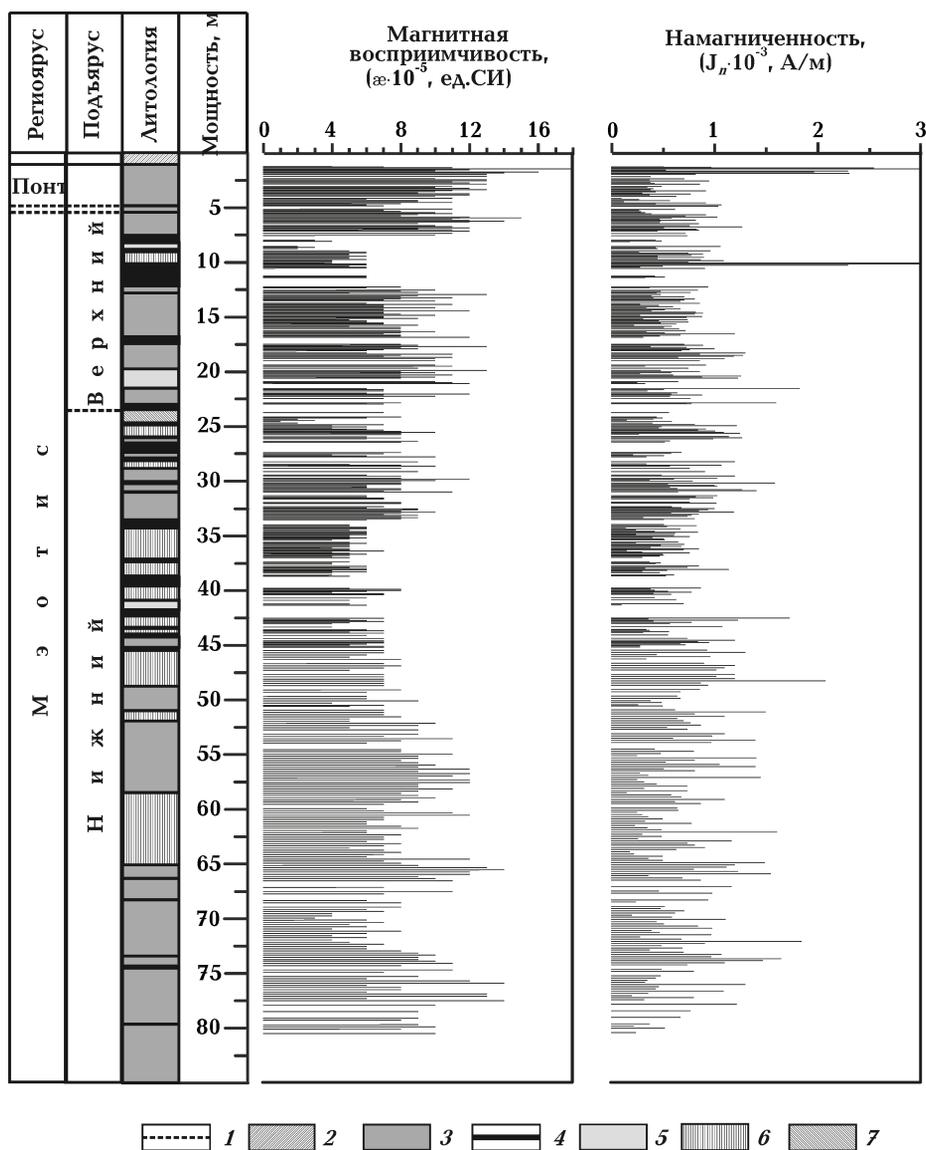


Рис. 3. Литологическая колонка, магнитная восприимчивость и естественная остаточная намагниченность отложений разреза Яныш-Такыл. Стратиграфическая колонка: 1 — граница, предположительно проведенная. Литология: 2 — суглинок; 3 — глина; 4 — известняк; 5 — песок; 6 — алевроит; 7 — мергель.

Породы киммерия представлены в разрезе глинами серого, темно-серого и зелено-серого цвета разной степени пластичности, песчанности, ожелезнения, содержащими серию рудных прослоев от 0,3 до 2,6 м мощности. Понт сложен глинами зеленовато-серыми, серыми, с округлыми включениями мергеля и мелкими железисто-марганцевыми бобовинами, иногда содержащими кристаллы гипса.

Следует сразу же отметить, что по палеомагнитным стандартам все породы, слагающие разрез Кыз-Аул, обладают очень низкими магнитными характеристиками (см. рис. 2).

Для четвертичных осадков (интервал глубин от 0 до 4,5 м) средние значения естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости соответственно равны $11,29 \cdot 10^{-3}$ А/м и $20 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

Для киммерийских образований средние значения магнитных параметров имеют следующий характер изменений. Верхняя их часть в интервале глубин 4,5—13,8 м и общей мощностью 9,3 м характеризуется значениями: $J_{n\text{cp}} = 1,62 \cdot 10^{-3}$ А/м и $\alpha_{\text{cp}} = 8,9 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Далее вниз по разрезу до границы с глинами верхнего понта отложения киммерия имеют более низкие средние величины $J_{n\text{cp}} = 0,55 \times 10^{-3}$ А/м и $\alpha_{\text{cp}} = 3,7 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, на фоне которых в интервале глубин 17,8—21,3 м наблюдается зона с максимальными для киммерия средними значениями J_n и α , которые соответственно равны $7,66 \cdot 10^{-3}$ А/м и $16,2 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

В интервале глубин от 33,5 до 36,0 м в отложениях верхнего понта выделяется зона повышенной магнитности — среднее значение магнитной восприимчивости порядка $31 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ при изменениях в пределах $(15—81) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, средняя величина ЕОН $22,6 \cdot 10^{-3}$ А/м при наличии максимальных значений $37,8 \cdot 10^{-3}$ А/м. Нижние 13 и верхние 4,5 м осадочной толщи понта характеризуются более низкими средними значениями $J_{n\text{cp}} = 1,1 \cdot 10^{-3}$ А/м и $\alpha_{\text{cp}} = 4,1 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

В разрезе Яныш-Такыл (см. рис. 3) было изучено 80,5 м отложений мэотиса и понта. При этом в коллекции оказались представленными 557 стратиграфических уровней.

Четвертичные покровные отложения составляют 1,25 м. Ниже следует порядка 4 м понтических глин. Остальная часть обнажения представлена пластичными слоистыми глинами, глинистыми алевролитами, песками, песчаниками, известняками и ракушечниками верхнего (18,4 м) и нижнего (порядка 57 м) мэотиса.

Несмотря на пестроту литологического состава отложения мэотиса в обнажении Яныш-Такыл намагничены весьма однородно. Пределы изменения J_n при среднем выдержанном по разрезу значении $0,73 \cdot 10^{-3}$ А/м составляют $(0,10—4,62) \cdot 10^{-3}$ А/м. Магнитная восприимчивость практически постоянна для всей мощности обнажения и равна в среднем $8 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Таким образом, ни одна литологическая разновидность пород разреза не имеет выраженной индивидуальности в скалярных магнитных характеристиках.

Лабораторные исследования коллекции включали в себя изучение естественной остаточной намагниченности J_n (ЕОН) по стандартной методике [Молоствовский, Храмов, 1997; Третьяк, 1983; Палеомагнитология ..., 1982] и эксперименты по определению магнитных минералов — носителей остаточной намагниченности.

С этой целью для образцов каждой литологической разности были построены кривые нормального намагничивания, коэрцитивные спектры, определены параметры насыщения, выполнен анализ термодифференциальных кривых, проведены эксперименты по пересадке образцов.

Характер накопления осадочных комплексов сармата, мэотиса и понта в пределах Восточного Паратетиса способствовал обогащению осадков большим количеством органического вещества, что обусловило существование восстановительной обстановки на всей площади седиментации и формирование определенных ассоциаций минералов железа — потенциальных носителей намагниченности пород.

Киммерийская эпоха характеризовалась развитием хемогенного осадконакопления. Прослеживаются три этапа накопления хемогенных отложений. Они связаны с трансгрессиями киммерийского моря, вызванными изменениями физико-географических условий. Эти изменения способствовали формированию осадков с широким набором соединений железа (магнетит, гидрооксиды с разной степенью совершенства кристаллической решетки (от аморфного вещества до совершенных в структурном отношении гетита и гидрогетита), лептохлорит и др.).

Опыты по пересадке материала коллекции однозначно подтвердили химическую природу ЕОН изученных толщ, что соответствует существующим представлениям о физико-химических условиях седиментации в изученное время в данном регионе.

Кривые ТМА и ДТМА фиксируют незначительный эффект при $T = 180^\circ\text{C}$, соответствующий потере связанной воды обильной гидроокисью железа. Экзоэффект при $T = 350$ и 450°C в киммерийских образованиях фиксирует температурно-фазовое преобразование сульфида и карбоната железа с конечным продуктом — магнетитом. В понтических и мэотических глинах эффект диссоциации сульфида железа исчезает и остается максимум при 450°C . Эндозффекты на кривой ДТМА при 575 и выше 600°C свидетельствуют о наличии во всех пробах магнетита и гематита. Кроме того, повсеместно фиксируется наличие гидроокиси железа.

Эти данные находятся в хорошем согласии с коэрцитивными спектрами. По эффекту "присутствия" максимальный вклад в намагниченность пород вносит магнетит и гидроокись железа.

Таким образом, носителем намагниченности в изученных комплексах является тонкодисперсный магнетит, причем в малых количествах (что нашло свое подтверждение в значениях J_n и α образцов) химического генезиса. Остальные соединения железа обуславливают вязкую компоненту.

Для решения главной задачи лабораторных исследований естественной остаточной намагниченности, а именно выделения составляющей, репрезентирующей геомагнитное поле времени образования пород, все образцы коллекции прошли температурную чистку путем поэтапных нагревов до температур 300 — 350°C . После каждого нагрева выполнялся контроль значений магнитной восприимчивости всех образцов. В случае фиксации температурных фазовых превращений минералов железа дальнейший нагрев коллекции прекращался. Как уже отмечалось, присутствие в некоторых изучаемых разностях карбонатов и сульфидов железа явилось мешающим фактором температурных исследований и обусловило особую осторожность при проведении температурной чистки. Образцы-дубликаты с каждого уровня были намагничены переменным магнитным полем с индивидуальным подбором исходных амплитудных значений и шага нарастания начальных амплитуд в полях до 60 — 100 мТл. Анализ результатов магнитных чисток образцов проводился с помощью пакета специальных программ [Lewandowski et al., 1997], основанного на принципах компонентного анализа Киршвинка [Kirschvink, 1980].

Результаты магнитных чисток как температурой, так и переменным магнитным полем, указывают на присутствие, как правило, двух компонент вектора J_n — современной (вторичной) и первичной, имеющей направление геомагнитного поля времени образования изучаемых осадочных комплексов.

Выделенные компоненты можно охарактеризовать следующим образом. Мягкая, вторичная, компонента вектора остаточной намагниченности легко разрушается при низких температурах (до 100 — 200°C , иногда до 250°C) или при размагничивании в интервале переменных полей до 10 — 15 мТл. Причем вторичной компонентой в большинстве случаев является вязкая намагниченность. Установлено, что почти у всех образцов коллекции величина вязкой компоненты составляет 60 — 80% от наблюдаемой J_n .

Первичная компонента выделяется при более высоких полях (от 20 — 25 мТл) и температурах начиная от 200 — 250°C и выше и составляет от 20 до 10% ЕОН.

Применение параллельно двух методов магнитных чисток явилось эффективным 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 брался за основу.

Результаты выделения компоненты J_n^0 , репрезентирующей геомагнитное поле времени накопления изученной последовательности слоев, и магнитная зональность понта и киммерия по разрезу Кыз-Аул представлены на рис. 4, а мэотиса по разрезу Яныш-Такыл — на рис. 5. Детальный отбор образцов, вплоть до сплошного вырезания ориентированной призмы по отдельным уровням разреза, позволяет выделить магнитозоны очень малой ($0,5$ — $1,0$ м) мощности, но надежно обоснованные фактическим материалом.

Для удобства анализа данных принята следующая произвольная индексация сверху вниз по разрезу. В индекс магнитозоны входит геологический (стратиграфический) индекс соответствующего регионаруса (km для киммерия, pn для понта и m для мэотиса), символ намагниченности (N, R, NR, RN) и порядковый номер зоны в пределах регионаруса (1, 2 и т.д.). Принятый в настоящей работе (и ра-

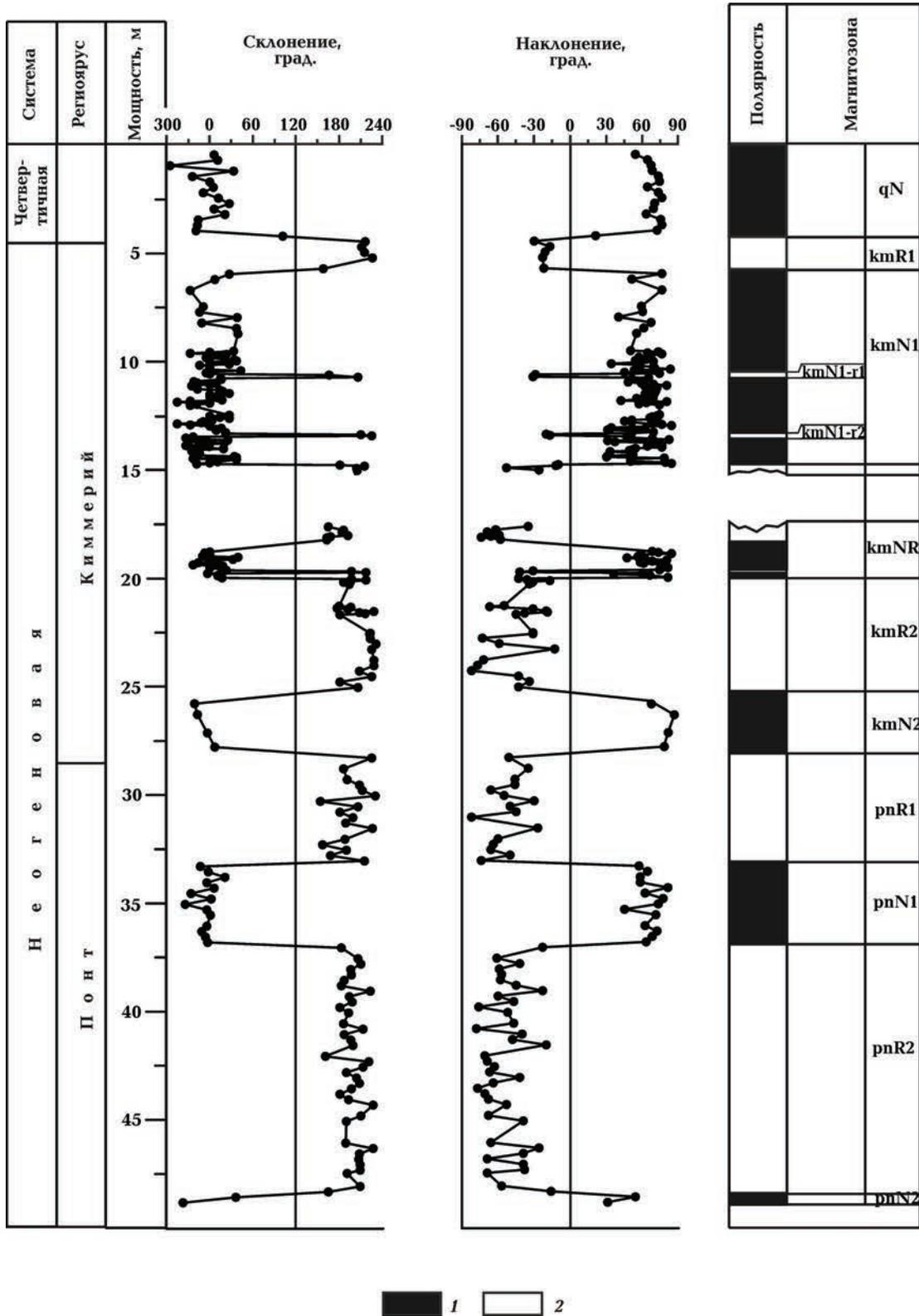


Рис. 4. Результаты магнитостратиграфических исследований отложений верхнего понта и киммерия разреза Кыз-Аул. Полярность: 1 — прямая (N), 2 — обратная (R). Склонение и наклонение — рассчитанные направления векторов первичной компоненты намагниченности.

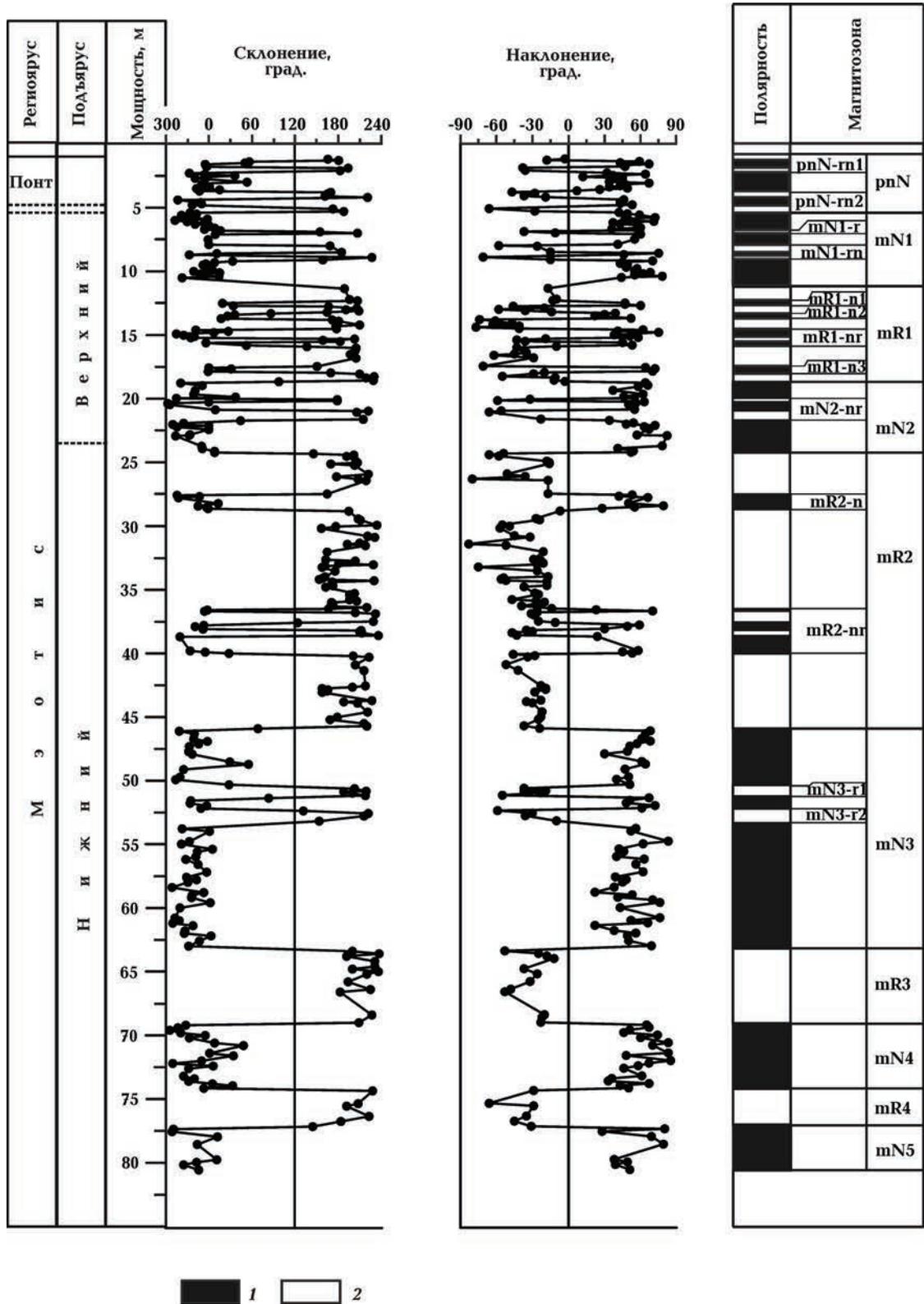


Рис. 5. Результаты магнитостратиграфических исследований отложений мзотитиса и понта разреза Яныш-Такыл. Полярность: 1 — прямая (N), 2 — обратная (R). Склонение и наклонение — рассчитанные направления векторов первичной компоненты намагниченности.

нее) порядок индексации (сверху вниз) магнитозон отличается от классики описания и индексации разрезов (снизу вверх), принятой в стратиграфии и в некоторых палеомагнитных работах. Однако чаще всего наращивание разрезов производится от более молодых образований к более древним и в этом случае становится очевидным удобство нашей системы.

Магнитная зональность киммерийского и понтического региоярусов, полученная в отложениях обнажения Кыз-Аул, представляется достаточно простой (см. рис. 4). Палеомагнитный разрез изученной последовательности осадочных образований (сверху вниз) начинается магнитозоной qN, соответствующей какой-то части эпохи Брунес. Ее мощность составляет 4 м. Ниже следует 1,5 м отложений с обратной намагниченностью, которые выделены в магнитозону kmR1. Если встать на позицию [Имнадзе и др., 1982], которая представляется весьма аргументированной, то по литологическим признакам и знаку намагниченности магнитозону kmR1 логично датировать куяльником, тем более, что доказательства киммерийского возраста этого фрагмента разреза находятся на уровне предположений. По всей вероятности, первый рудный прослой в верхах фаунистически охарактеризованного киммерия является "верхним железным пластом", который вместе с пачкой серых глин завершает киммерийский региоярус в Крыму [Семененко, 1987].

Следующая ниже магнитозона kmN1 включает два магнитогоризонта мощностью 10—15 см с обратной намагниченностью пород. Достоверность их выделения не вызывает сомнений. Такая рисовка магнитозоны kmN1 практически адекватна эпохе Гаусс, а два горизонта обратной намагниченности репрезентируют кратковременные эпизоды обратной полярности геомагнитного поля Каэна и Маммот. Наш вывод согласуется с утверждением В. А. Зубакова, что главный пласт руды в Крымско-Таманских разрезах лежит в низах эпохи Гаусс.

Нижележащая толща киммерия представлена знакопеременным фрагментом палеомагнитного разреза, состоящим из магнитозон kmNR, kmR2 и kmN2. Поскольку пласт оолитовой руды (2,6 м) оказался неопробованным, то этот фрагмент начинается интервалом обратной намагниченности (порядка 1 м мощности), представляющим собой некую часть магнитозоны kmNR. Продолжает магнитную

зональность прямонамагнитная пачка глинистых образований, выделенных в низах магнитозоны kmNR. Далее следует магнитозона обратной намагниченности kmR2. Самые низы киммерийского региояруса (2,3 м) намагничены прямо и включены в разрез как зона kmN2.

В разрезе Кыз-Аул киммерий лежит согласно на понте, поэтому их граница достаточно надежно представлена палеомагнитными данными и проходит в 0,5 м ниже подошвы вышеуказанной магнитозоны прямой намагниченности kmN2.

Позднепонтические образования в рассматриваемой геологической последовательности намагничены преимущественно обратно и представлены чередованием магнитозон обратной и прямой намагниченности pnR1, pnN1, pnR2 и pnN2 (см. рис. 4).

В верхней части разреза Яныш-Такыл (см. рис. 5) понтические отложения, относящиеся к самым низам нижнего понта, имеют преимущественно прямую намагниченность и представлены магнитозоной pnN. В последней выделены два магнитогоризонта смешанной полярности — pnN-m1 и pnN-m2. Что касается границы мэотиса и понта, то она проходит в пределах самого нижнего магнитогоризонта обратной полярности магнитозоны pnN-m2 и сменой полярности не отмечена.

Полученная картина магнитной зональности в разрезах Кыз-Аул и Яныш-Такыл для понтического региояруса полностью согласуется с данными исследований разреза мыса Железный Рог на Таманском полуострове [Сливинская, 2009].

В продолжении палеомагнитного разреза Яныш-Такыл (см. рис. 5) представлена магнитная зональность изученных образований мэотиса. Начинается мэотический фрагмент магнитозоной прямой полярности mN1. В средней части магнитозоны фиксируются мало мощный магнитогоризонт обратной намагниченности mN1-r и знакопеременная субмагнитозона mN1-m. Далее следует фрагмент разреза (порядка 7,5 м) с преобладанием обратной намагниченности пород, выделенная как магнитозона mR1. В ней на разных уровнях установлены три субмагнитозоны с прямой намагниченностью и одна знакопеременная. Самая нижняя часть верхнего и верхи нижнего мэотиса представлены монополярной магнитозоной mN2, мощность которой составляет порядка 6 м. В средней части указанной зоны зафиксирован знакопеременный магнитогоризонт.

Таким образом, анализируя полученную картину магнитной зональности для верхнего мэотиса, можно сделать вывод, что поздне-мэотическое время характеризуется существованием периода весьма беспокойного состояния геомагнитного поля. Этот вывод подтверждается результатами палеомагнитных исследований разреза мыса Железный Рог на Таманском полуострове [Сливинская, 2009].

Залегающие ниже 22 м глин нижнего мэотиса выделены в разрезе в виде единой магнитозоны обратной намагниченности mR2, которая включает две субмагнитозоны — mR2-п и mR2-пг. Следующая за ней магнитозона прямой намагниченности mN3 включает две небольшие субзоны с обратной ориентировкой вектора J_n . Мощность этой магнитозоны составляет 17 м. Нижележащие 6 м глин намагничены обратно и выделены в виде монополярной магнитозоны mR3. Завершающий фрагмент палеомагнитного разреза нижнего мэотиса включает три магнитозоны — mN4, mR4 и mN5, общая мощность которых составляет 11 м.

При таком расчленении исследуемого разреза нижний мэотис по характеру магнитной зональности делится на две части: верхнюю, представленную преимущественно обратно намагниченными отложениями, и нижнюю, характеризующуюся преимущественно прямой намагниченностью. Такой вывод полностью подтверждается результатами палеомагнитных исследований осадочных отложений нижне-

го мэотиса как морского, так и континентального генезиса, представленных в работах [Третьяк и др., 1990; Кроль и др., 2002; Сливинская, 2009], и не согласуется с утверждением, что они намагничены преимущественно обратно [Молостовский, Храмов, 1997; Семеновко, Певзнер, 1979; Neogene, 1996; Гребенюк, 2004].

Заключение. Детальное изучение последовательности слоев в разрезах Кыз-Аул и Яныш-Такыл позволило получить более полное представление о состоянии геомагнитного поля в киммерии, понте и мэотисе и показать, что магнитная зональность этих образований весьма дифференцирована. Многие из магнитозон разреза достаточно надежно фиксируются намагниченностью соответствующих слоев и могут быть использованы в качестве реперов в региональной корреляции.

В увязке и корреляции уровней существенную помощь непосредственно на разрезах оказали И. С. Чумаков, В. Н. Буряк, А. Л. Чепальга, В. А. Присяжнюк, В. Н. Семеновко, а также сотрудники ПГО "Крымгеология", в отборе образцов пород разреза и проведении лабораторных работ активное участие принимали Л. И. Виgiliанская, Т. В. Скарбовичук и В. И. Якухно, за что авторы приносят им глубокую благодарность.

Г. В. Сливинская лично благодарит Фонд Сороса за содействие в выполнении представленных исследований.

Список литературы

- Гребенюк Л. В. Магнитостратиграфия неогеновых отложений юга европейской России и Закавказья: Автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. — Саратов, 2004. — 22 с.
- Зубаков В. А. Глобальные климатические события неогена. — Ленинград: Гидрометиздат, 1990. — 223 с.
- Имнадзе З. А., Китовани Т. Г., Джаши О. В. Стратиграфия и палеомагнетизм опорных разрезов киммерия и понта Западной Грузии // Палеомагнитная стратиграфия мезо-кайнозойских отложений. — Киев: Наук. думка, 1982. — С. 37—41.
- Кроль Е., Сливинская Г. В., Третьяк А. Н., Присяжнюк В. А. Магнитостратиграфия позднемиоценовых морских и континентальных отложений юга Украины на примере разреза Березового (территория Восточного Паратетиса) // Геофиз. журн. — 2002. — 24, № 2. — С. 41—51.
- Молостовский Э. А., Храмов А. Н. Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1997. — 179 с.
- Невесская Л. А., Гончарова И. А., Ильина Л. Б., Парамонова Н. П., Хонджариан С. О. О стратиграфической шкале неогена Восточного Паратетиса // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2003. — 11, № 2. — С. 3—26.
- Невесская Л. А., Гончарова И. А., Ильина Л. Б., Парамонова Н. П. Региональная стратиграфическая шкала Восточного Паратетиса // Сов. геология. — 1984. — № 9. — С. 37—49.

- Палеомагнитология* / Под ред. А. Н. Храмова. — Ленинград: Недра, 1982. — 312 с.
- Семенов В. Н. Стратиграфическая корреляция верхнего миоцена и плиоцена Восточного Паратетиса. — Киев: Наук. думка, 1987. — 232 с.
- Семенов В. Н., Певзнер М. А. Корреляция верхнего миоцена и плиоцена Понто-Каспия по батистратиграфическим и палеомагнитным данным // Изв. АН СССР, сер. геол. — 1979. — № 1. — С. 5—15.
- Сливинская Г. В. Магнитостратиграфия отложений верхнего неогена Таманского полуострова // Геофиз. журн. — 2009. — **31**, № 5. — С. 175—181.
- Сливинская Г. В. Результаты палеомагнитных исследований верхнемиоценовых отложений мыса Панагия (Таманский полуостров) // Геофиз. журн. — 2009. — **31**, № 6. — С. 124—131.
- Стратиграфия СССР. Неогеновая система / Отв. ред. М. В. Муратов, Л. А. Невеская. — Москва: Недра, 1986. — 420 с.
- Третьяк А. Н. Естественная остаточная намагниченность и проблема палеомагнитной стратификации осадочных толщ. — Киев: Наук. думка, 1983. — 254 с.
- Третьяк А. Н., Вигилянская Л. И., Голиков В. Н. Палеомагнетизм мэотиса Восточного Паратетиса // Геофиз. журн. — 1990. — **12**, № 6. — С. 47—54.
- Третьяк А. Н., Сливинская Г. В. Палеомагнетизм мио-плиоценовых формаций территории Украины и некоторых провинций Восточного Паратетиса и их региональная магнитостратиграфическая схема // Геофиз. журн. — 2002. — **24**, № 6. — С. 116—129.
- 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.
- Lewandowski M., Werner T., Nowozyński K. PDA — a package of FORTRAN programs for palaeomagnetic data analysis. — Warszawa: Inst. Geophys., Pol. Acad. Sci. Manuscript, 1997. — P. 1—17.
- Neogene Stratigraphy and Paleontology of the Taman and Kerch Peninsulas; Excursion guidebook // Fieldsymp. (4—14th June, 1996). — Moscow, 1996. — P. 5.