

МАГНИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО САРМАТА-НИЖНЕГО МЭОТИСА РАЗРЕЗА МЫС ПАНАГИЯ (ТАМАНСКИЙ П-ОВ)

© 2019 О.В. Пилипенко¹, В.М. Трубихин², Ю.В. Ростовцева³,
А.И. Рыбкина^{1,4}, Е.В. Филина^{3,4}

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 123242, Москва, Россия; e-mail: pilipenko@ifz.ru

²Геологический институт РАН, 119017, Москва, Россия

³Геологический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, 119234, Москва, Россия

⁴Геофизический центр РАН, 119296, Москва, Россия

Проведено петромагнитное и магнитостратиграфическое исследование отложений верхнего сармата — нижнего мэотиса разреза мыс Панагия Таманского п-ова с целью получения недостающих данных по магнитостратиграфии переходных слоев между сарматом и мэотисом в Восточном Паратетисе. Разрез мыс Панагия расположен на черноморском побережье Таманского п-ова и сложен в основном глинистыми отложениями, характеризующимися слабой намагниченностью, носителем которой является моноклинный пирротин. Общая мощность изученных отложений составляет ~29 м. Проведено исследование магнитной анизотропии для обоснования надежности полученных результатов. Сопоставление с магнитохронологической шкалой ATNTS 2012 показывает, что изученные переходные слои между сарматом и мэотисом, вероятно, отвечают хронам C4n, C3Vg и C3Vn. Полученные результаты согласуются с данными биостратиграфических и радиометрических исследований.

Ключевые слова: петромагнетизм, магнитостратиграфия, естественная остаточная намагниченность, магнитохронологическая шкала.

ВВЕДЕНИЕ

Верхнемиоценовые отложения, вскрываемые на Таманском полуострове, являются уникальным объектом для проведения магнитостратиграфических исследований неогеновых толщ южных регионов Европейской части России. Разрезы Тамани хорошо обнажены и сложены в основном относительно глубоководными глинистыми отложениями, отличающимися от мелководных толщ большей полнотой геологической летописи. Намагниченность мэотических отложений Таманского полуострова была впервые изучена в работе (Певзнер, Чиковани, 1978). Этими авторами было показано, что низы мэотиса намагничены обратно, а верхи — прямо. В последние годы были проведены биостратиграфические и литологические исследования этих толщ, которые показали острую необходимость в более детальном изучении рассматриваемых отложений методами магнитостратиграфии

(Popov et al., 2016; Radionova et al., 2012). Петромагнитные и палеомагнитные исследования мэотических и верхнесарматских отложений разреза мыса Попов Камень (рис. 1), расположенного на черноморском побережье в юго-западной части Таманского п-ова, описаны в наших предыдущих публикациях (Пилипенко, Трубихин, 2014; Трубихин, Пилипенко, 2011). По полученным данным в этом разрезе установлено, что породы верхней части верхнего сармата намагничены преимущественно отрицательно с интервалом положительной полярности в середине изучаемой толщи. В магнитохронологической шкале верхнюю часть верхнего сармата разреза Попов Камень можно сопоставить с хронами C4r, C4An и C4Ar. В кровле верхнего сармата в разрезе Попов Камень выделяется интервал глин с неопределенной полярностью, выше которого прослеживаются мшанковые биогермные известняки основания мэотиса, которые являются неподходящими отложениями для отбора

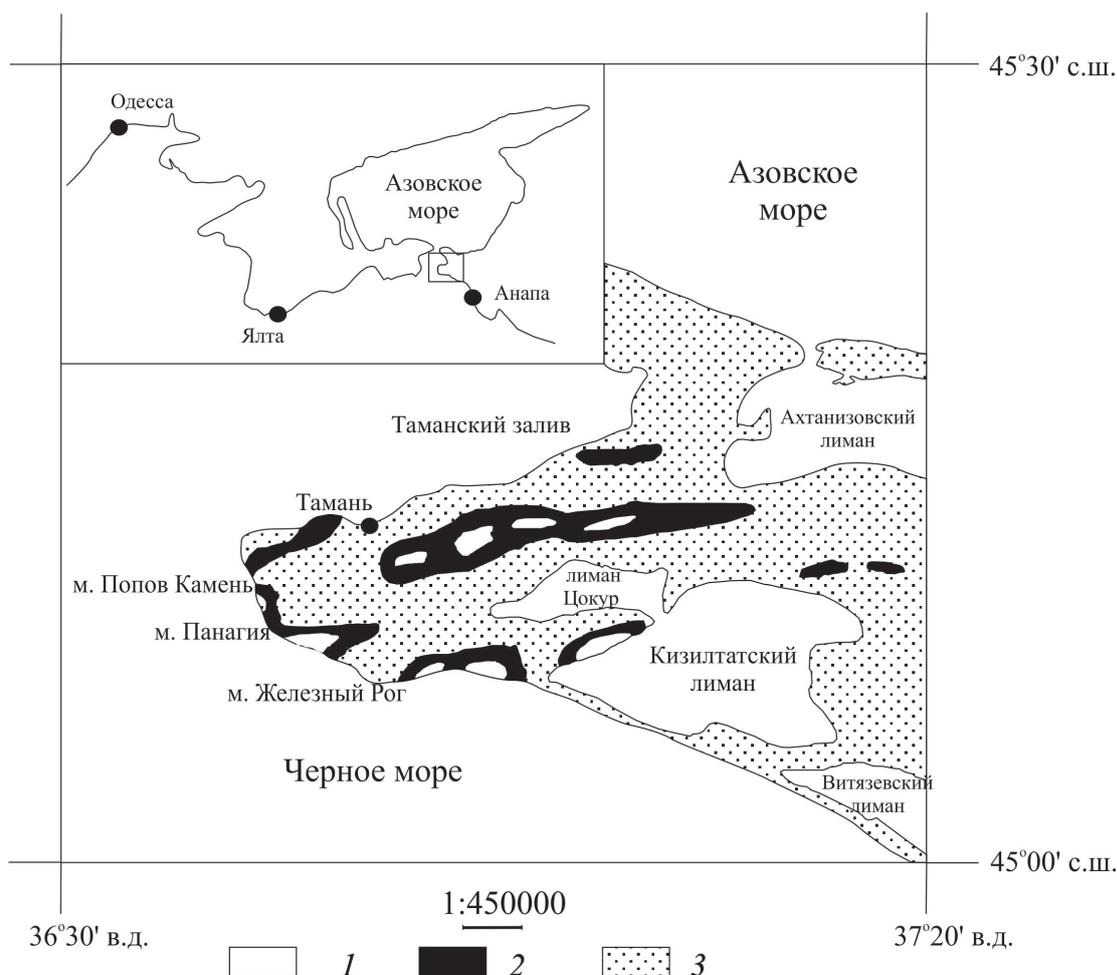


Рис. 1. Схематическая геологическая карта исследуемого района. На врезке квадратом обозначено расположение исследуемого района на географической карте: 1 — домэотические, 2 — мэотические, 3 — постмэотические отложения.

Fig. 1. Schematic geological map of the region under investigation. The square in the inset denotes the position of the studied region on the geographic map: 1 — pre-Maeotian; 2 — Maeotian; and 3 — post-Maeotian deposits.

проб на палеомагнитные исследования. Таким образом, отложения, соответствующие низам нижнего мэотиса и кровли верхнего сармата, оказались не охвачены магнитостратиграфическими исследованиями. По полученным данным предполагалось наличие стратиграфического несогласия между отложениями верхнего сармата и нижнего мэотиса с длительностью перерыва ~0.6–0.8 млн лет. По характеру намагниченности вышележащие породы нижнего и верхнего мэотиса соответствуют хронам С3Вг, С3Вн, С3Аг, С3Ан (Трубихин, Пилипенко, 2011).

Настоящая работа посвящена петромагнитному и палеомагнитному исследованиям отложений кровли сармата и основания мэотиса разреза мыс Панагия, расположенного восточнее разреза мыс Попов Камень на Таманском полуострове с целью получения недостающих данных по магнитостратиграфии переходных слоев между сарматом и мэотисом в Восточном Паратетисе.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ

Разрез мыс Панагия расположен на черноморском побережье Таманского п-ова (рис. 1) ($\varphi = 45^{\circ}09'$ с.ш., $\lambda = 36^{\circ}37'$ в.д.) и сложен в основном глинистыми отложениями сарматского и мэотического возраста (Гончарова и др., 2009; Попов et al., 2016). В основании мэотических толщ залегают глыбы мшанковых биогермных известняков, которые являются хорошим литологическим маркером. Выше в нижнемэотических глинистых отложениях встречаются также отдельные горизонты мшанковых биогермов, мощность которых является менее значительной. В изучаемой части разреза снизу вверх обнажаются породы (рис. 2а):

Слой 1. Глины алевролитистые — темно-серые, плотные, тонкослоистые. Мощность ~1 м.

Слой 2. Глины сильно ожелезненные, выделяющиеся в виде горизонта, прослеживающегося по напластованию. Мощность ~0.1 м.

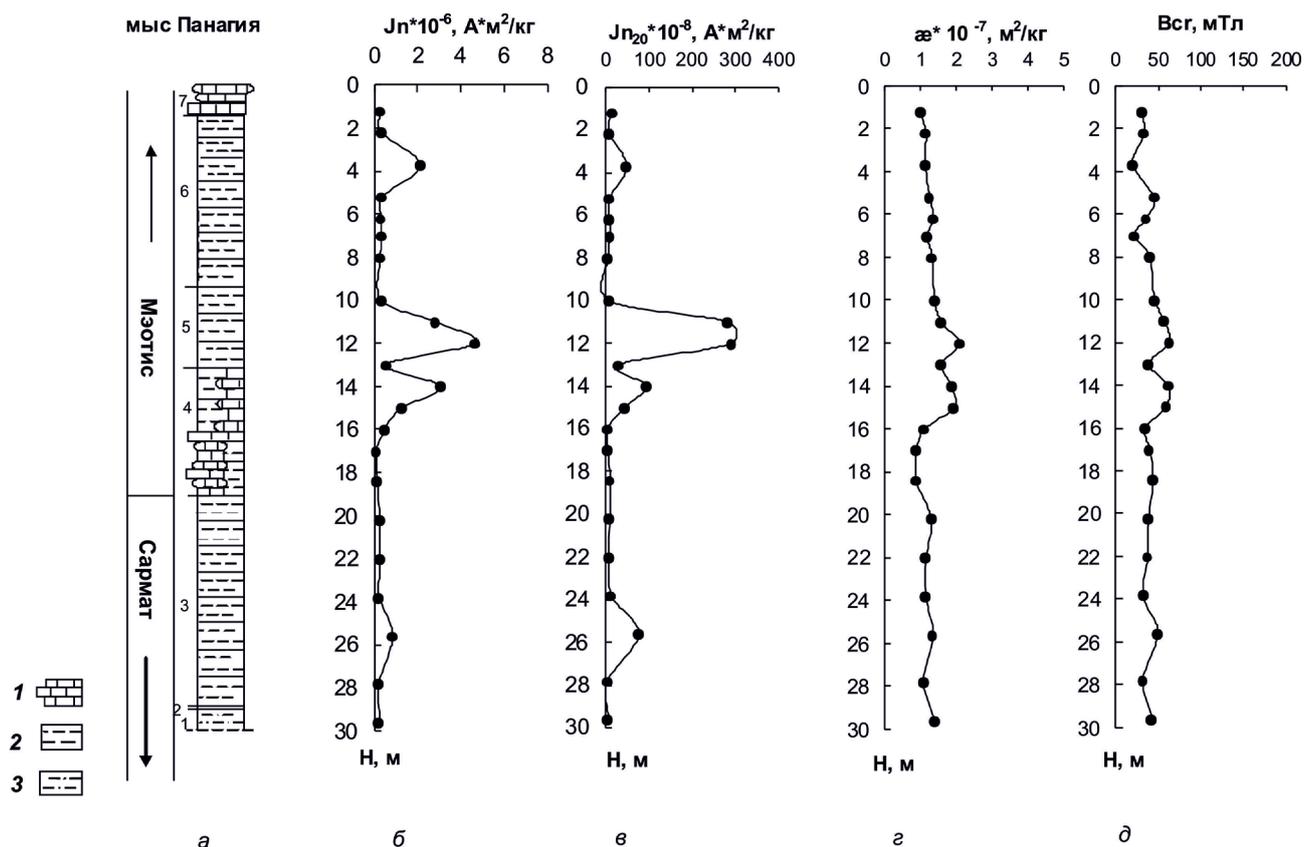


Рис. 2. Литологическая колонка верхнесарматских и нижнемэотических отложений разреза Мыс Панагия Таманского п-ова (а). Цифры на литологической колонке обозначают слои. Кривые изменения средних магнитных характеристик от мощности разреза Н: естественная остаточная намагниченность J_n (б), естественная остаточная намагниченность $J_{n_{20}}$ после чистки переменным магнитным полем 20 мТл (в), магнитная восприимчивость χ (г), остаточная коэрцитивная сила B_{cr} — (д): 1 — мшанковые известняки (биогермы); 2 — глины; 3 — глины алевролитские

Fig. 2. Lithological column of the Upper Sarmatian and Lower Maeotian deposits of the Panagia Cape section (a). The numbers on the lithological column denote layers. The curves of variations in the mass magnetic characteristics as functions of the section's thickness H; natural remanent magnetization J_n (b); natural remanent magnetization $J_{n_{20}}$ after the alternating magnetic field demagnetization at 20 mT (v); magnetic susceptibility χ (g), remanent coercive force B_{cr} — (d): 1 — bryozoan limestones (bioherms); 2 — clays; 3 — aleurolitic clays.

Слой 3. Глины темно-серые, тонкослоистые. Мощность ~10 м.

Слой 4. Глыбы мшанковых известняков, залегающие в глинах. Мощность ~6 м.

Слой 5. Глины темно-серые, тонкослоистые, в верхней части с выцветами ярозита. Мощность ~4 м.

Слой 6. Глины темно-серые, тонкослоистые, в нижней части с выцветами ярозита. Мощность ~8 м.

Слой 7. Глыбы мшанковых известняков, залегающие в глинах. Мощность ~1.3 м.

Общая мощность изученных отложений составляет ~29 м. По остаткам малакофауны отложения слоев 1–3 относятся к верхнему сармату, отложения слоев 4–7 к нижнему мэотису (Radionova et al., 2012). В данном разрезе мэотические моллюски найдены как в самом теле мшанковых биогермов (слой 4), так и в глинах, залегающих в их подошве, поэтому эти

карбонатные образования в полном объеме рассматриваются в составе толщ мэотиса (Гончарова и др., 2009).

В рассматриваемой части разреза мыс Панагия средние элементы залегания пластов верхнего сармата — нижнего мэотиса составляют: азимут падения $A_z = 319^\circ$, угол падения $\angle = 12^\circ$.

В некоторых разрезах верхнесарматских отложений, вскрывающихся на Керченском и Таманском п-вах, встречаются сохранившиеся от перемыва прослой вулканических пеплов (Чумаков и др., 1992). Возраст прослоя вулканического пепла, расположенного в верхней части верхнего сармата в разрезе мыса Железный Рог Таманского п-ва, ранее был определен методами изотопной геохронологии. Датирование этой пирокластики К-Аг методом позволило получить значения $\sim 8.87 \pm 0.27$ млн лет (Головина и др., 2002), Ar/Ar анализом — $\sim 8.69 \pm 0.18$ млн лет (Vasiliev et al., 2011).

В работе (Чумаков и др., 1992) приводится радиометрическая трековая датировка прослоя вулканического пепла, выделяющегося в разрезе мыса Попов Камень Таманского п-ва. Этот прослой пирокластики залегает в отложениях верхнего сармата, ниже на ~40 м от подошвы мшанковых известняков, выделяемых в основании мэотиса. С учетом поправки на новую константу спонтанного деления урана (Фор, 1989), возраст этого прослоя вулканического пепла составляет $\sim 8.5 \pm 0.7$ млн лет.

В глинистых отложениях верхней части верхнего сармата разреза мыс Панагия присутствуют створки диатомовых водорослей *Navicula zichii* совместно с океаническими диатомеями *Thalassiosira burekiana* (LO 7.9 млн лет), *Th. grunowii* (LO 7.9 млн лет), *Th. antique* (FO 7.7 млн лет) (Radionova et al., 2012). Наличие створок океанических диатомей *Thalassiosira grunowii*, имевших распространение с 8.9 по 7.9 млн лет, отмечается в изучаемых отложениях верхнего сармата на интервале 10–32 м ниже основания мэотиса (Porov et al., 2016).

По микропалеонтологическим данным возраст границы между сарматом и мэотисом несколько моложе, чем по результатам датирования вулканических пеплов (Radionova et al., 2012).

ОТБОР КОЛЛЕКЦИИ ДЛЯ ПЕТРОМАГНИТНЫХ И ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для петромагнитных, палеомагнитных и магнитостратиграфических исследований были отобраны штуфы (№ 0–21) из коренных пород изучаемых нижнемэотических и верхнесарматских отложений с интервалом ~1–2 м. Ориентированные по магнитному меридиану штуфы были взяты в основном по напластованию отложений из свежерасчищенных вертикальных стенок разреза. Далее из каждого штуфа были выпилены горизонтальные пластины толщиной 2 см, из которых в свою очередь были изготовлены ориентированные кубические образцы с ребром 2 см по 3 образца. Число штуфов изученной части разреза мыс Панагия равнялось 22, число образцов — 66.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД

Были измерены и исследованы стандартные магнитные параметры: естественная остаточная намагниченность J_n , массовая магнитная восприимчивость χ (рис. 2б, 2д) и анизотропия магнитной восприимчивости (AMS). Весь эксперимент проводился в лаборатории «Главного геомагнитного поля и петромагнетизма»

Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Измерения J_n выполнены на магнитометре JR-6 (AGICO, Чехия), χ и AMS — на каппаметре Multi-Function Kappabridge (AGICO, Чехия). Перед началом эксперимента все образцы были взвешены на весах CAS (model CAUY 120, Южная Корея). Масса образцов варьировала от 8 до 13 г, что связано с несовершенством формы образцов.

J_n до чистки измерена в трех положениях вращения образца и нормирована на плотность образцов. В работе были нормированы на плотность все используемые скалярные параметры, и в дальнейшем мы будем опускать термин «массовый». Средняя по трем образцам с уровня величина J_n представлена на рис. 2б. В изученной части разреза величина J_n неоднородна и изменяется в диапазоне от $0.3 \cdot 10^{-6}$ до $4.7 \cdot 10^{-6}$ А*м²/кг.

Величина χ варьирует по разрезу от $0.99 \cdot 10^{-7}$ до $2.08 \cdot 10^{-7}$ м³/кг, что дает грубую оценку изменения концентрации частиц-носителей естественной остаточной намагниченности вдоль разреза примерно в 2 раза (Pan et al., 2001). Остаточная коэрцитивная сила B_{cg} изменяется от 20 до 60.3 мТл.

Для изучения состава магнитных минералов — носителей естественной остаточной намагниченности были взяты семь порошкообразных проб массой ~1 г: №№ 2 (Н = 3.7 м, нижний мэотис), 11 (Н = 12 м, нижний мэотис), 10 (Н = 13 м, переходная пачка между мэотисом и сарматом), 9 (Н = 14 м, переходная пачка между мэотисом и сарматом), 19 (Н = 25.6 м, верхний сармат), на которых был выполнен терромагнитный анализ на каппаметре Multi-Function Kappabridge (AGICO, Чехия) по температурной зависимости магнитной восприимчивости $\chi(T)$ (рис. 3). Проведенный терромагнитный анализ по характерному резкому пику на кривых $\chi(T)$ — так называемому λ -пику (Нагата, 1965) показал, что основным носителем намагниченности является моноклинный пирротин. В осадках пирротин может находиться в детритной форме (Quaternary ..., 1999). Изначально пирротин химического происхождения содержится в осадке во взвешенном состоянии, и может быть рассмотрен как первичный. В результате литификации — превращения осадка в горную породу, происходит отжим поровых вод и частичное упорядочивание структурного расположения магнитных минералов и образование собственно палеомагнитной записи.

После нагрева пирротин переходит в магнетит и маггемит, о чем свидетельствуют точки Кюри в районе 575–620°С на кривых нагрева и охлаждения и рост магнитной восприимчивости на кривой охлаждения.

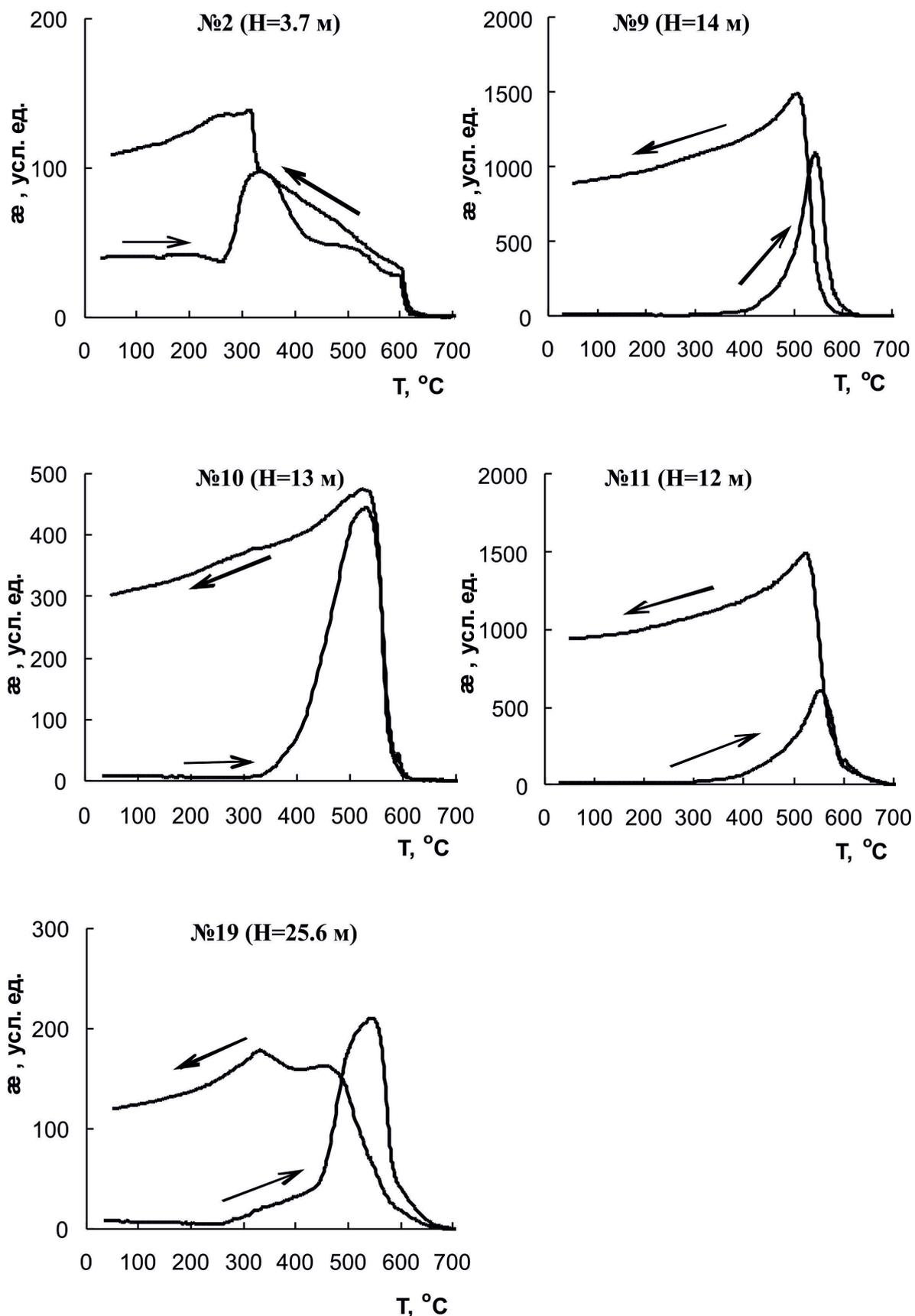


Рис. 3. Термомагнитные кривые зависимости магнитной восприимчивости α от температуры T в течение цикла нагрев — охлаждение. Стрелки обозначают ход кривой.

Fig. 3. Thermomagnetic curves of dependences of the magnetic susceptibility α on temperature T during the heating — cooling cycle. The arrows denote the course of the curve.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АНИЗОТРОПИИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ

Для определения истинности направлений J_n была изучена AMS. Для оценки AMS были проведены измерения объемной магнитной восприимчивости K образцов на каппаметре Multi- Function Кappabridge (AGICO, Чехия). Тензор восприимчивости может быть представлен как эллипсоид, имеющий три главные оси: K_1 — максимальная, K_2 — промежуточная и K_3 — минимальная компоненты магнитной восприимчивости ($K_3 < K_2 < K_1$). Пространственное распределение проекций осей эллипсоида AMS представлено на рис. 4а. Из рисунка видно, что часть проекций осей K_1 и K_2 тензора магнитной восприимчивости лежат в плоскости напластования, а минимальная ось K_3 перпендикулярна к плоскости напластования. Другая часть образцов демонстрировала изотропное распределение проекций главных осей. Средние величины параметров $L_{cp} = 1.002$ и $F_{cp} = 1.02$, степени анизотропии

$P'_{cp} = 1.024$ (рис. 4в–д). Таким образом, образцы пород обладают небольшой плоскостной анизотропией, что характерно для нормальных осадочных пород.

МЕТОДИКА ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения намагниченности, записанной в породах осадочного происхождения, необходимо выделить из J_n ту часть, которая обусловлена полем в период накопления и литификации осадка, то есть освободить J_n от вторичных компонент намагниченности. С этой целью в настоящей работе использована чистка переменным полем — по три образца с уровня штуфа. Чистка переменным магнитным полем осуществлялась на установке переменного поля (Applied Physics Systems, США) в трех положениях образца внутри катушки с переменным током, магнитное поле которой могло изменяться в пределах от 0 до 100 мТл при экранированном внешнем магнитном поле. Измерение остаточной намагниченности после каждого шага размагничивания выпол-

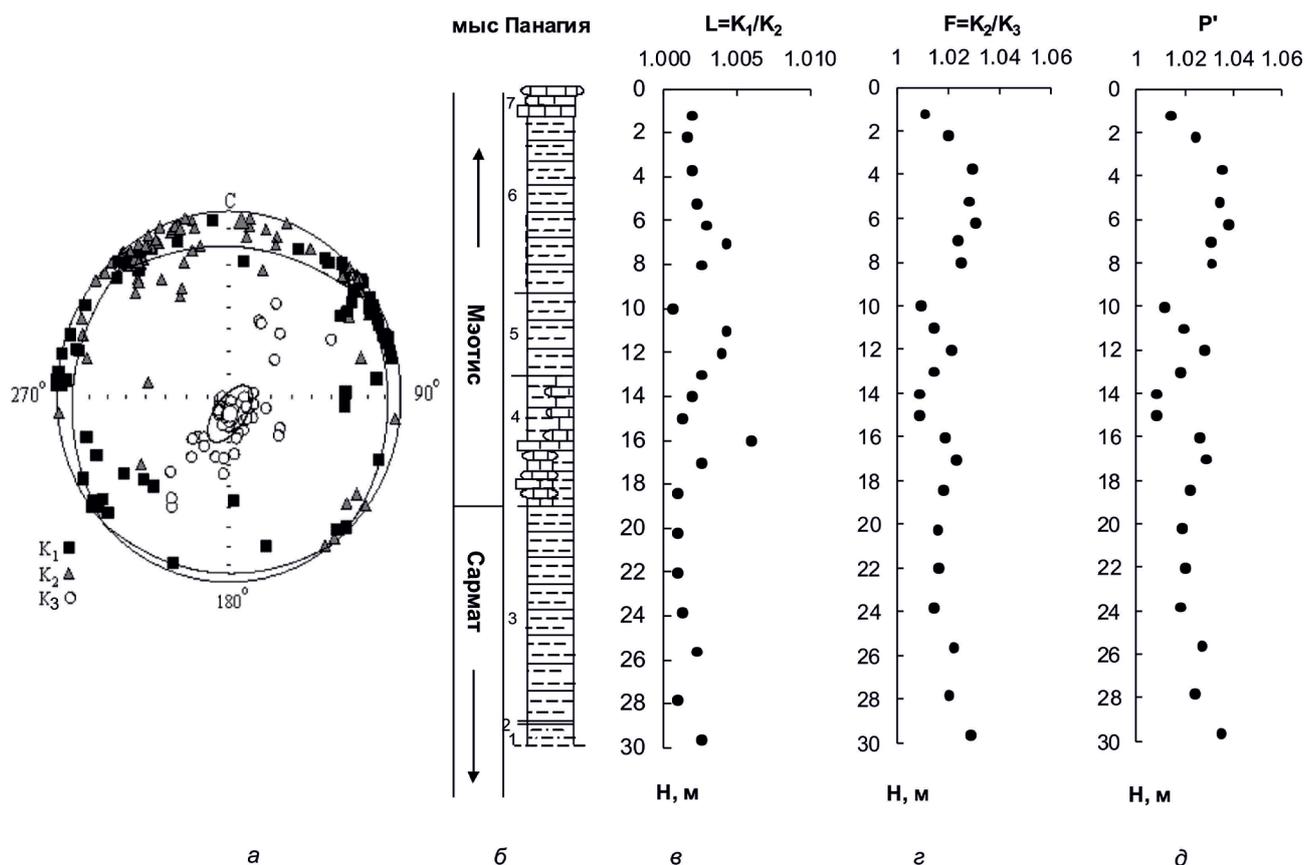


Рис. 4. Стереографическая проекция компонент эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости (а). K_1 , K_2 , K_3 — максимальная, промежуточная и минимальная компоненты, соответственно. Литологическая колонка (б). Зависимость параметров анизотропии $L = K_1/K_2$ (в), $F = K_2/K_3$ (д) и степени анизотропии P' (д) от мощности разреза H .

Fig. 4. Stereographic projections of the components of the magnetic susceptibility anisotropy ellipsoid (a). K_1 , K_2 , K_3 are the maximum, intermediate, and minimum components, respectively. The lithological column (b). Dependence of anisotropy parameters $L = K_1/K_2$ (c), $F = K_2/K_3$ (d) and degree of anisotropy P' (d) on the section's thickness H .

нялось на магнитометре JR-6 (AGICO, Чехия) в трех положениях вращения образца.

Как уже было сказано, основным носителем намагниченности изученных пород является моноклинный пирротин и для образцов изученной коллекции характерны относительно низкие начальные значения J_n . Поэтому для выделения характеристической компоненты намагниченности на всех образцах были сняты кривые размагничивания от первоначальной J_n до 45–60 мТл шагом 2.5–5 мТл (рис 5в). На диаграммах Зийдервельда (рис. 5б) видно, что переменным магнитным полем ~20 мТл снимается вязкая компонента намагниченности. Помимо вязкой компоненты, на диаграммах Зийдервельда выделяется одна компонента, направление которой принималось за характеристическое.

После снятия вязкой компоненты J_n упала в среднем на 40% (рис. 2в). Оставшаяся после чистки $J_{n_{20}}$ была достаточно сильной, что предполагало возможным дальнейшие палеомагнитные исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Величины склонения D и наклонения I намагниченности, полученные после чистки

переменным полем, удовлетворительно согласуются на трех образцах, отобранных с одного уровня (средняя кучность распределения направлений трех векторов естественной остаточной намагниченности ~103), что позволяет усреднить и построить кривые I и D по разрезу (рис. 6б, 6в). Образцы характеризуются как отрицательными, так и положительными значениями наклонения I , что предполагает осторожное отношение к интерпретации знака полярности. Однако если обратиться к склонению D , можно попытаться дать полученным результатам содержательное объяснение. Изученная часть разреза характеризуется чередованием интервалов прямой (n) и обратной полярности (r). Палеомагнитная характеристика верхнего сармата в наиболее полных разрезах Паратетиса показывает, что в магнитохронологической шкале верхний сармат локализуется в пределах хрона C4 (Cande, Kent, 1992; Gradstein et al., 2012; Popov et al., 1996). Если не принимать во внимание единичные точки, отложения, залегающие в кровле верхнего сармата разреза мыс Панагия, намагничены обратно и прямо. Интервал прямой полярности можно сопоставить с хроном C4n. Отложения, слагающие низы нижнего мзотиса, намагничены прямо, затем следует переходная зона и снова прямо, что дает возможность пред-

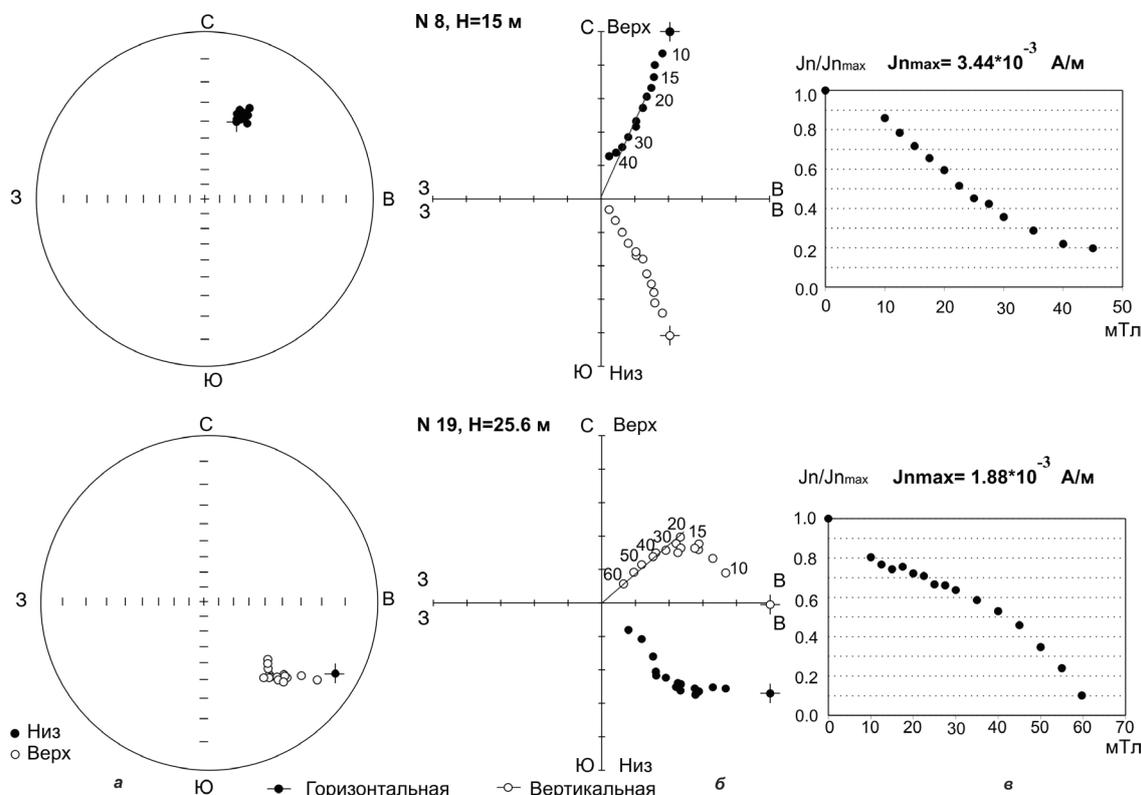


Рис. 5. Стереографические проекции вектора J_n в древней системе координат (а). Диаграммы Зийдервельда (б). Кривые размагничивания J_n образцов переменным полем (в).

Fig. 5. Stereographic projections of natural remanent magnetization of vector J_n in the ancient coordinate system (a). Zijderveld diagrams (b). Curves of the J_n alternating field demagnetization for samples (v).

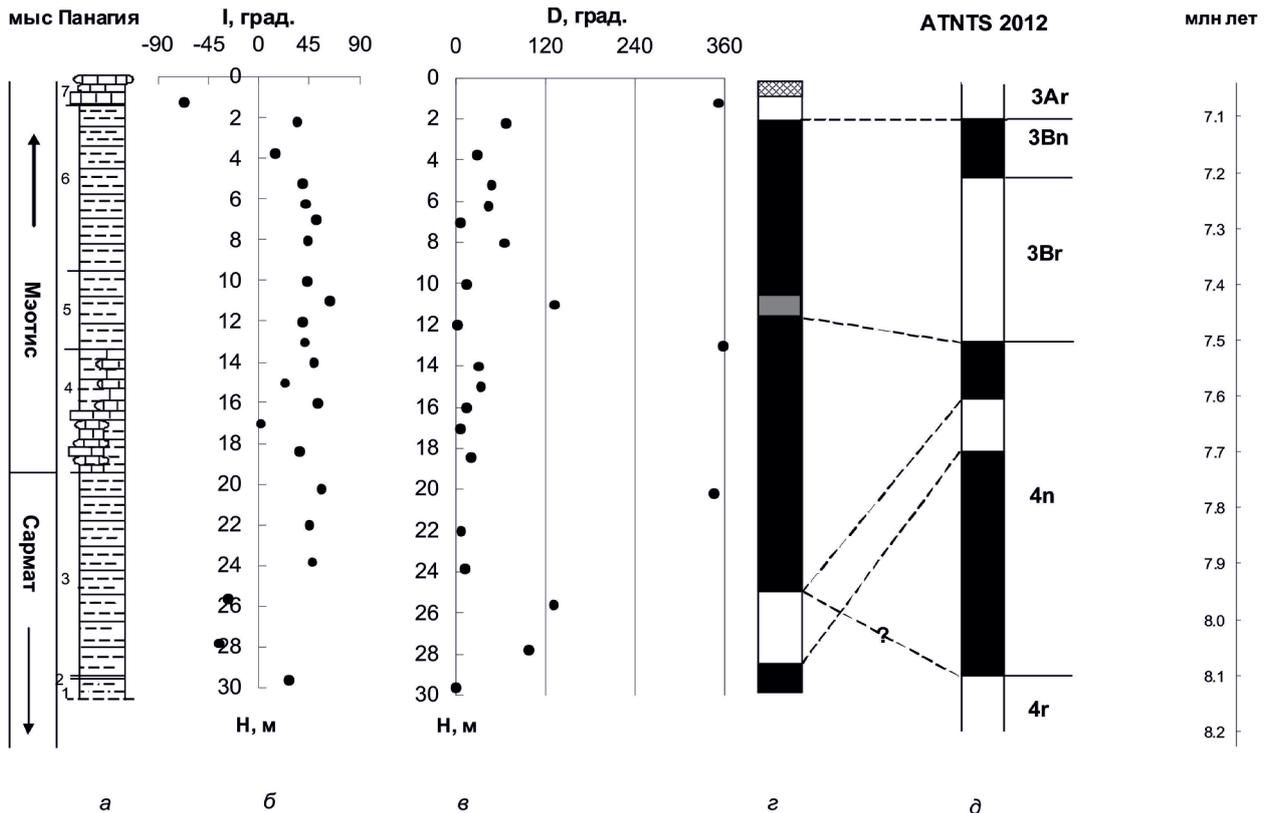


Рис. 6. Литологическая колонка (а). Средние значения наклонения I (б) и склонения D (в) от мощности разреза Н после чистки переменным полем и применения компонентного анализа. Магнитохронологическая колонка (г). Сопоставление изученной части верхнемиоценовых отложений разреза мыс Панагия с магнитохронологической шкалой ATNTS 2012 (Gradstein et al., 2012) (д). Черный цвет — прямая полярность магнитного поля, белый цвет — обратная полярность магнитного поля, серый цвет — переходная зона.

Fig. 6. Lithological column (a). The dependences on the section thickness H of the mean values of inclination I (б) and declination D (в) after the alternating field demagnetization and component analysis. Magnetochronological column (г). Comparison of the studied part of the upper Miocene sediments in the Panagia Cape section with the magnetochronological scale ATNTS 2012 (Gradstein et al., 2012) (д). Black colour denotes normal polarity of the magnetic field; white colour denotes reversed polarity of the magnetic field, grey colour denotes a transitional zone.

полагать, что данный интервал отвечает хронам C4n, C3Br и C3Bn.

Возраст границы смены хронов C3 и C4 оценивается по магнитохронологической шкале ~7.3–7.4 млн лет (Cande, Kent, 1992) и ~7.6 млн лет по магнитохронологической шкале ATNTS 2012 (Gradstein et al., 2012), (рис. 6д). По полученным данным предполагается, что отложения Слоя 4, включающие глыбы мшанковых биогермов и залегающих в основании мэотиса, являются не моложе ~7.3–7.6 млн лет. Этот вывод дополнительно подтверждается присутствием в подстилающих верхнесарматских отложениях створок океанических диатомей *Thalassiosira grunowii*, имевших распространение с 8.9 по 7.9 млн лет.

На границе сарматских и мэотических отложений в разрезе мыса Попов Камень Таманского п-ва предполагается наличие стратиграфического перерыва, обусловившего отсутствие толщ, отвечающих хрону C4n (Пилипенко, Трубихин, 2015). В результате проведенного исследования в разрезе мыса Панагия выявлены отложения,

которые могут быть сопоставлены с частью хрона C4n.

ВЫВОДЫ

Впервые в полном объеме, включая интервал с мшанковыми биогермами, магнитостратиграфическими методами изучены отложения кровли верхнего сармата и низов нижнего мэотиса разреза мыс Панагия Таманского п-ова. Проведен комплекс петромагнитных и палеомагнитных исследований состава ферромагнитной фракции и магнитной анизотропии для обоснования надежности полученных результатов. Палеомагнитное изучение показало, что породы в кровле верхнего сармата разреза мыс Панагия намагничены прямо и обратно. Породы низов нижнего мэотиса намагничены в основном прямо. Сопоставление с магнитохронологической шкалой ATNTS 2012 приводит к выводу о возможном соответствии изученной части разреза хронам C4n, C3Br и C3Bn.

Полученные результаты согласуются с данными биостратиграфических и радиометрических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-05-01085 и государственного задания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

Список литературы [References]

- Головина Л.А., Головин Д.И., Шарданова Т.А.* Новые данные по известковой наннофлоре, калий-аргоновому датированию и литологии мэотиса-понта Таманского полуострова // Методические аспекты палинологии. X Всерос. палинологическая конференция. Москва. 2002. С. 60–62 [*Golovina L.A., Golovin D.I., Shardanova T.A.* New data on lime nanoflora, potassium-argon dating and lithology of the Maeotis-Pont of the Taman peninsula // Methodological aspects of palynology. X All-Russian Palynological Conference. Moscow. 2002. P. 60–62 (in Russian)].
- Гончарова И.А., Ростовцева Ю.В., Ильина Л.Б.* К вопросу об объеме нижнего мэотиса и возрасте митридатских слоев // Актуальные проблемы неогеновых и четверт. стратиграфии и их обсуждение на 33 Международном геологическом конгрессе. М.: ГЕОС, 2009. С. 47–53 [*Goncharova I.A., Rostovtseva Yu.V., Il'ina L.B.* On the question of the volume of the lower Maeotian and the age of the Mithridates layers // Actual problems of the Neogene and the Quaternary stratigraphy and their discussion on 33 Int. geol. congress. M.: GEOS, 2009. P. 47–53 (in Russian)].
- Нагата Т.* Магнетизм горных пород. М.: Мир, 1965. 348 с. [*Nagata T.* Rock magnetism. Tokyo: Maruzen Company Ltd. 1961. 350 p.].
- Певзнер М.А., Чиковани В.А.* Палеомагнитные исследования верхнемиоценовых и нижнеплиоценовых морских отложений Таманского полуострова // Известия АН СССР. Сер. геологическая 1978. № 8. С. 61–66 [*Pevzner M.A., Chikovani V.A.* Paleomagnetic Investigations of Upper Miocene and Lower Pliocene Marine Deposits of the Taman Peninsula // Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Ser. Geology. 1978. № 8. P. 61–66 (in Russian)].
- Пилипенко О.В., Трубихин В.М.* Петромагнитные и магнитостратиграфические исследования отложений верхнего сармата опорного разреза Попов Камень (Таманский п-ов) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2014. № 2. Вып. 24. С. 85–94 [*Pilipenko O.V., Trubikhin V.M.* Rock magnetic and magnetostratigraphic investigation of Upper Sarmatian deposits of reference section Popov Kamen (Taman peninsula) // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2014. № 2 (24). P. 85–94 (in Russian)].
- Трубихин В.М., Пилипенко О.В.* Петромагнетизм и палеомагнетизм мэотических отложений опорного разреза Попов Камень (Таманский п-ов) // Физика Земли. 2011. № 3. С. 83–95 [*Trubikhin V.M., Pilipenko O.V.* Rock magnetism and paleomagnetism of maeotian deposits of the Popov Kamen reference section (Taman peninsula) // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. 2011. V. 47. № 3. P. 233–245. <https://doi.org/10.1134/S1069351311020066>].
- Фор Г.* Основы изотопной геологии // М.: Мир, 1989. 590 с. [*For G.* Basics of isotopic geology // M.: Mir, 1989. 590 p. (in Russian)].
- Чумаков И.С., Бызова С.Л., Ганзей С.С.* Геохронология и корреляция позднего кайнозоя паратетиса. М.: Наука. 1992. 96 с. [*Chumakov I.S., Byzova S.L., Ganzei S.S.* Geochronology and correlation of the Late Cenozoic Paratethys. M.: Science. 1992. 96 p. (in Russian)].
- Cande S.C., Kent D.V.* A new geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic // JGR. 1992. V. 97. № B10. P. 13917–13951.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M., Ogg G.* The Geologic Time scale 2012. Elsevier. 2012. 1176 p.
- Pan Y., Zhu R., Shaw J., Liu Q., Guo Bin.* Can relative paleointensity be determined from the normalized magnetization of the wind-blown loess of China // Journal of Geoph. Reserch. 2001. V. 106. № B9. P. 19221–19232.
- Popov S.V., Goncharova I.A., Kozyrenko T.F. et al.* Neogene stratigraphy and palaeontology of the Kerch and Taman Peninsulas // Excursion guidebook. Field symposium 4–14th June, 1996. Moscow: PIN. 1996. 31 p.
- Popov S.V., Rostovtseva Yu.V., Filippova N.Yu. et al.* Paleontology and stratigraphy of the Middle-Upper Miocene of the Taman Peninsula: Part 1. Description of key sections and benthic fossil groups // Paleontological Journal. 2016. V.50. № 10. P. 1039–1206. <https://doi.org/10.1134/S0031030116100014>.
- Radionova E.P., Golovina L.A., Filippova N. Yu. et al.* Middle-Upper Miocene stratigraphy of the Taman Peninsula, Eastern Paratethys // Central European Journal of Geosciences. 2012. V. 4. № 1. P. 188–204.
- Vasiliev I., Iosifidi A.G., Khramov A.N. et al.* Magnetostratigraphy and radio-isotope dating of Upper Miocene-Lower Pliocene sedimentary successions of the Black Sea Basin (Taman Peninsula, Russia) // Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology. 2011. V. 310. № 3 P. 163–175. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.06.022>.
- Quaternary climates, environments and magnetism. Edited by Maher B.A., Thompson R. Cambridge University Press. 1999. 390 p.

ПИЛИПЕНКО и др.

**MAGNITOSTRATIGRAPHIC STUDIES
OF THE UPPER SARMATIAN-LOWER MAEOTIAN DEPOSITS
IN THE PANAGIA CAPE SECTION (THE TAMAN PENINSULA)**

© 2019 O.V. Pilipenko¹, V.M. Trubikhin², Yu.V. Rostovtseva³, A.I. Rybkina^{1,4}, E.V. Filina^{3,4}

¹*Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, 123242, Moscow, Russia;*

²*Geological Institute RAS, 119017, Moscow, Russia;*

³*Geological Department of Lomonosov Moscow State University, 119234, Moscow, Russia;*

⁴*Geophysical Center RAS, 119296, Moscow, Russia;*

In order to obtain the missing data on the magnetostratigraphy of transitional layers between Sarmatian and the Maeotian parts in the Eastern Paratethys, the authors studied the Upper Sarmatian — the Lower Maeotian deposits in the Panagia Cape section (the Taman Peninsula, Russia) using petromagnetic and magnetostratigraphic methods. The Panagia Cape section is located on the Black Sea coast of Taman Peninsula. The total thickness of the studied sediments is about 29 m. The section is composed mainly of clays characterized by weak magnetization. Natural remanent magnetization is caused mainly by monoclinic pyrrhotite. Magnetic anisotropy was studied in order to substantiate reliability of the results. Comparison with the ATNTS 2012 magnetostratigraphic scale shows that the studied transitional layers between Sarmatian and Maeotian parts probably correspond to the 4n, 3Bn and 3Br Chrones. The obtained results agree with biostratigraphic and radiometric data.

Keywords: petromagnetism, magnetostratigraphy, natural remanent magnetisation, magnetostratigraphy scale.