



ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.763.3: 549.263.2

ПЕТРОМАГНИТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ УРОВНЕЙ, ОБОГАЩЕННЫХ КОСМОГЕННЫМ ВЕЩЕСТВОМ, В МААСТРИХТЕ ПОВОЛЖЬЯ И ПРИКАСПИЯ

А. А. Гужикова¹, В. А. Цельмович², В. С. Аткин¹

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

E-mail: blackhole3@yandex.ru E-mail: ceba91@list.ru

² Геофизическая обсерватория «Борок», филиал Института физики Земли, пос. Борок, Ярославская обл.

E-mail: tselm@mail.ru

В верхах маастрихта Вольской впадины выявлен уровень аномально высоких значений естественной остаточной намагниченности и параметра Кенигсбергера. Последующие микрозондовые исследования проб обнаружили на этом уровне повышенные концентрации микрочастиц железа, никеля, интерметаллидов и магнетитовых сферул космического генезиса. Аналогичная петромагнитная аномалия выявлена в верхах маастрихта на юге Прикаспийской впадины (плато Актолагай, Казахстан).

Ключевые слова: верхний мел, маастрихт, петромагнетизм, магнитная восприимчивость, космическое вещество, Поволжье, Прикаспий.

Petromagnetic Indicators of Layers with High Concentration of Cosmogenic Substance in Maastrichtian of Volga Region and Cis-Caspian Region

A. A. Guzhikova¹, V. A. Tselmovich², V. S. Atkin¹

The level with anomalous high values of natural remanent magnetization and *Koenigsberger* ratios was identify in the Upper Maastrichtian of Vol'sk depression (Saratov Volga Region). The microprobe studies of samples from this layer registered elevated concentrations of microparticles of iron, nickel, intermetallics and magnetite spherules of cosmic genesis. Similar petromagnetic anomaly was detect in the uppermost of Maastrichtian in the South Cis-Caspian (Aktolagay Plateau, Kazakhstan).

Key words: upper cretaceous, maastrichtian, petromagnetism, magnetic susceptibility, cosmogenic substance, Volga region, Cis-Caspian region.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-1-19-24

В последние годы при комплексном стратиграфическом изучении опорных разрезов терминального мела юго-востока Русской плиты [1, 2] в верхах маастрихта разреза в Большевик (г. Вольск Саратовской области), структурно приуроченного к Вольской впадине в южной части Ульяновско-Саратовского прогиба (координаты разреза 52°03'16" с. ш., 47°25'31" в. д.), и плато Актолагай (юго-запад Актюбинской области, Казахстан) на юге Прикаспийской впадины (47°3'59.8" с. ш., 55°7'27.2" в. д.) (рис. 1) выявлены уровни с аномально высокими значениями естественной остаточной намагниченности (J_n) и параметра Кенигсбергера (фактора $Q = J_n / (0.4 K)$, где K – магнитная восприимчивость). Измерения K проводились на каппабридже MFK1-FB, J_n – на спин-магнитометре JR-6.

Обнаружение аналогичных петромагнитных аномалий в близких по возрасту отложениях разных регионов требует анализа и выяснения их генезиса. Микрозондовый анализ проб с высокой намагниченностью из вольского разреза показал в них повышенные концентрации микрочастиц железа, никеля, интерметаллидов и магнетитовых сферул космического генезиса [3]. Для проверки гипотезы о связи магнитных свойств пород с обогащением космогенным веществом актолагайские



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов

образцы с аномального петромагнитного уровня и соседних интервалов также были переданы на микрондзовые и геохимические исследования, результаты которых представлены в настоящей работе.

Поволжье (разрез Большевик)

В меловом карьере Большевик (г. Вольск) на уровнях образцов 3001/65 и 3001/67 (пачки 23–25) зафиксированы величины J_n , достигающие $530 \cdot 10^{-6}$ А/м, что на порядок превышает фоновые значения параметра во вмещающих отложениях (от 8 до $30 \cdot 10^{-6}$ А/м, в среднем $16 \cdot 10^{-6}$ А/м) (рис. 2). Значения K при этом практически не изменяются (см. рис. 2), и фактор Q возрастает до 0.72–1.99, в то время как на других уровнях разреза он меньше 0.25.

Позднемаастрихтский возраст пород обоснован палеонтологическими данными по результатам изучения белемнитов и аммонитов, морских ежей, бентосных фораминифер (БФ) и наннопланктона [1, 4, 5]. Петромагнитные аномалии приурочены к верхам зоны LC22 и магнитному хрому C30n, т. е. к верхнему маастрихту, но не к терминальной его части (см. рис. 2).

Пять образцов, включая 3001/67 с аномально высокой J_n , изучены на микроанализаторе «TESCAN-VEGA II» в геофизической обсерватории «Борок». Из каждого образца изготовлено несколько проб объемом 1 см³. Результаты исследований показали, что во всех пробах присутствуют частицы чистого железа, никеля, интерметаллидов (FeNi, FeCr, FeCrW) и магнетитовые микросферы размерностью от 3 до 10 мкм (рис. 3),

которые являются индикаторами метеоритного вещества [6, 7]. В горизонте на уровне образца 3001/67 метеоритных микрочастиц оказалось в 3–6 раз больше, чем в пробах с других уровней (30–50, против 8–12) [3].

Совпадение петромагнитной аномалии с повышенной концентрацией космогенного вещества нельзя считать случайностью, высокие значения J_n , скорее всего, объясняются способностью космогенных частиц наилучшим образом ориентироваться по магнитному полю из-за высокой остаточной намагниченности и малого размера метеоритной пыли. Концентрация космогенного вещества слишком мала, чтобы заметно сказаться на величине K , но достаточна для того, чтобы кардинально увеличить магнитный момент осадка и соответственно параметр Кенигсбергера [3].

Прикаспий (разрез Актолагай)

В верхах маастрихта плато Актолагай, представленных серовато-белым писчим мелом (пачка XV), на уровне образца 3019/134 зафиксированы аномально высокие значения $J_n = 1140 \cdot 10^{-6}$ А/м и фактора $Q = 2.83$, на один-два порядка превышающие значения этих параметров в перекрывающих и подстилающих породах ($J_n = 10–200 \cdot 10^{-6}$ А/м, $Q = 0.01–0.36$) (см. рис. 2).

Возраст пачки XV обоснован по фауне белемнитов (зона *Neobelemnella kazimiroviensis*), бентосных фораминифер (зона LC23) и палеомагнитными данными (хроны 30n и 29r) [2]. Таким образом, по сравнению с Поволжьем петромагнитная аномалия приурочена к более молодым отложениям, практически к кровле маастрихта (см. рис. 2).

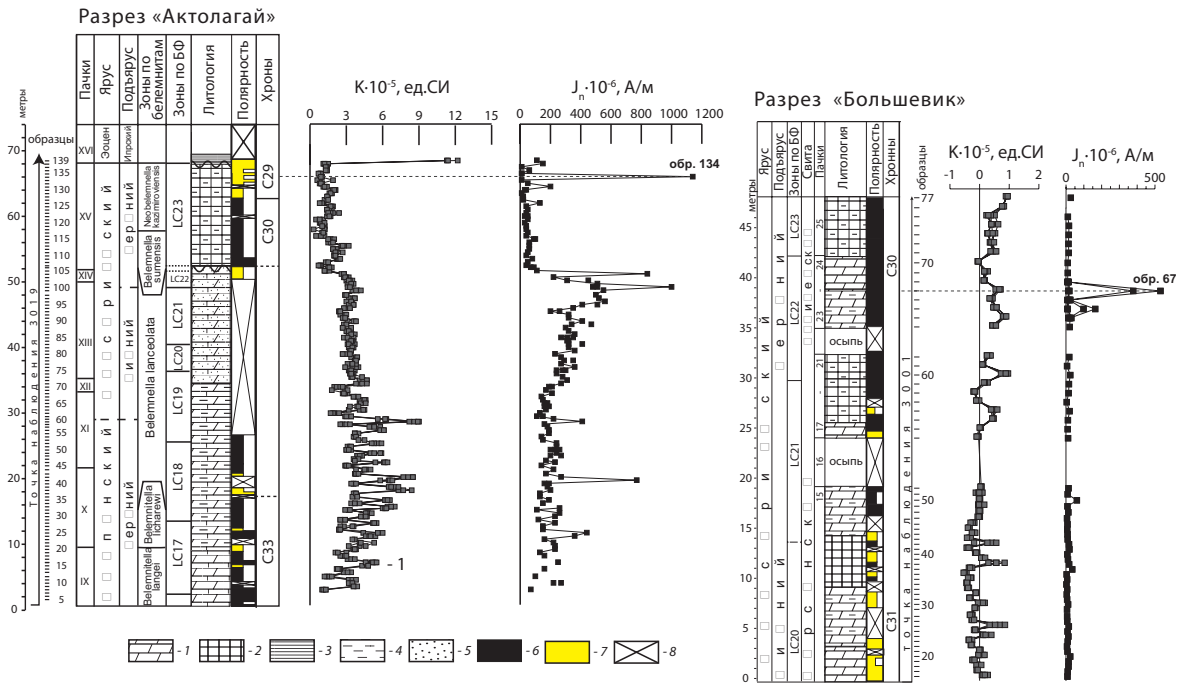


Рис. 2. Литологические, биостратиграфические, палеомагнитные и петромагнитные характеристики разрезов терминального мела Большевик (г. Вольск) и плато Актолагай (Казахстан): 1 – мергель; 2 – писчий мел; 3 – глина; 4 – алевритистый материал; 5 – песчаный материал; 6 – прямая полярность; 7 – обратная полярность; 8 – отсутствие данных о полярности

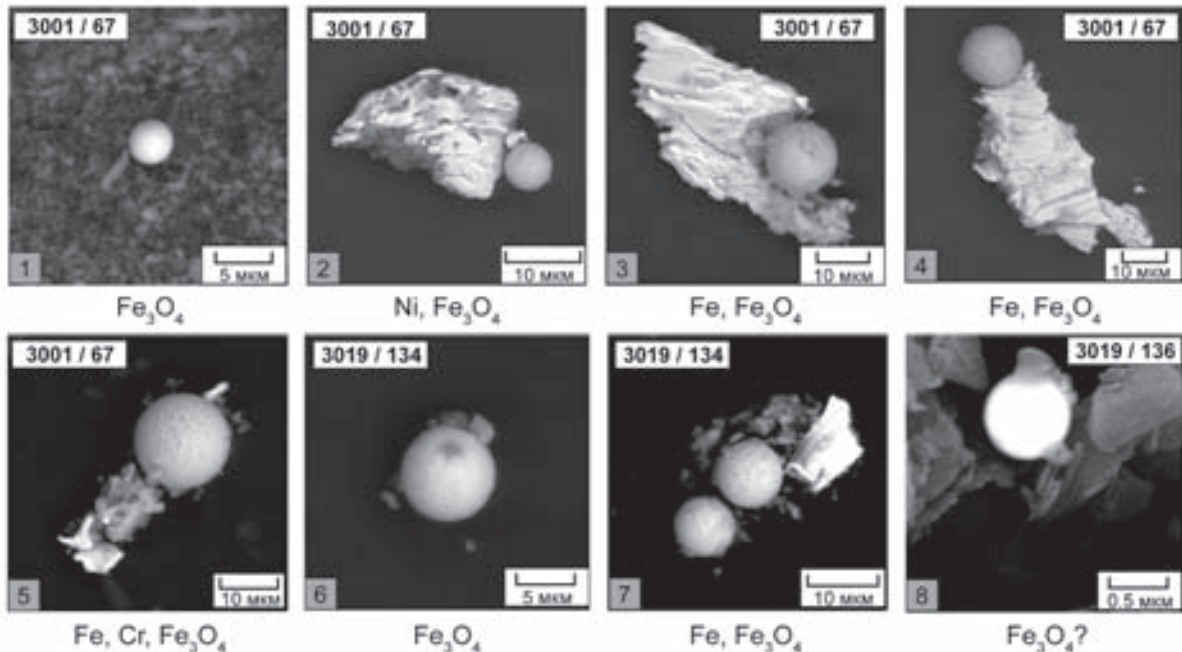


Рис. 3. Результаты микрозондового анализа. Космогенное вещество в верхнем маастрихте Поволжья и юга Прикаспия: разрез Большевик, г. Вольск (1–5), плато Актолагай (6–8). Микрозондовый анализ выполнен в геофизической обсерватории «Борок» (1–7) и в СГУ (8)

Для проверки гипотезы о связи высоких значений J_n и Q с обогащением осадка космогенным веществом аномальный образец 3019/134 был подвергнут микрозондовому анализу в геофизической обсерватории «Борок», а три образца (3019/134 и слабомагнитные 3019/135, 3019/136) изучены с помощью микроанализа-

тора «TESCAN-MIRA II» в Саратовском национальном исследовательском государственном университете (СНИГУ). Кроме того, проведен геохимический анализ 9 образцов из пачки XV (с 3019/130 по 3019/138) в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка).



В результате микрозондовых исследований в СНИГУ во всех образцах определены сферические металлические частицы, размер которых варьирует от 0.1 до 1.4 мкм, в среднем около 0.5 мкм (см. рис. 3). В отдельных образцах встречаются частицы, имеющие форму, отличную от сферической, например, в 3019/135 – гантелевидную, а в 3019/134 – неправильную. В сильномагнитном образце 3019/134 оказалось максимальное количество подобных микрочастиц.

В пробе из образца 3019/134, переданной в геофизическую обсерваторию «Борок», найдены самородные металлы Zn, Al, W, Fe, Sn, интерметаллиды FeNi (одно зерно 2x2 мкм) и CuZn (много), а также ассоциации «космических» магнетитовых шариков (до 10 мкм).

В совокупности данные микрозондовых исследований убедительно свидетельствуют в пользу того, что уровень образца 3019/134 соответствует импактному событию.

При геохимическом изучении образцов определялись процентные содержания Na_2O , MgO , Al_2O_3 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 , P_2O_5 , $S_{\text{вал}}$ и концентрации 54 примесных элементов. Сведения только по тем соединениям и микроэлементам, концентрации которых значительно изменяются в пределах изученного интервала разреза, приведены в таблице. Основные закономерности вертикального распределения геохимических данных сводятся к следующему (см. таблицу):

– в образце 3019/134 зафиксировано появление рения до 0.008 мкг/г, мышьяка (2.2 мкг/г)

Содержание химических элементов и соединений в верхах маастрихта в разрезе «Актолагай» (точка наблюдения 3019)

Оксиды/элементы	Номер образца									
	130	131	132	133	134	135	136	137	138	
Al_2O_3	2.5	1.7	1.4	1.1	1.3	1.3	1.6	1.6	1.0	
P_2O_5	0.081	0.061	0.081	0.074	0.061	0.15	0.15	0.15	0.69	
Fe_2O_3	0.85	0.47	0.38	0.34	0.40	0.39	0.90	0.72	0.41	
V	37.8	22.1	17.0	14.7	17.4	17.2	23.3	20.3	21.4	
Cr	28.0	17.2	15.0	12.1	13.1	13.6	16.8	15.4	10.2	
Co	0.74	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	1.9	1.1	0.88	
Ni	6.0	2.9	< ПО	3.2	5.8	4.6	23.4	14.3	11.0	
Cu	2.7	1.0	1.1	0.84	0.78	0.90	2.1	0.75	0.79	
Zn	17.7	11.9	10.8	9.7	11.6	10.5	16.7	14.5	14.6	
Ga	2.1	0.95	0.77	0.50	0.67	0.60	0.83	0.57	0.32	
As	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	2.2	< ПО	0.76	0.40	< ПО	
Se	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	< 1.1	< ПО	< ПО	< ПО	< 0.7	
Rb	21.4	13.4	11.2	10.0	11.1	11.5	13.8	12.5	8.7	
Zr	19.8	12.9	11.0	10.7	11.2	11.9	15.9	14.0	11.8	
Mo	0.064	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	0.31	0.22	0.24	
Ag	< ПО	< ПО	< ПО	0.023	0.056	< ПО	< ПО	< ПО	0.037	
Ce	9.2	6.4	5.5	5.2	5.2	6.8	7.0	6.2	4.9	
Pr	1.2	0.82	0.73	0.72	0.68	0.96	0.93	0.92	0.70	
Nd	4.5	3.0	2.7	2.5	2.4	3.7	3.7	3.5	2.6	
Sm	1.0	0.67	0.62	0.59	0.58	0.88	0.81	0.80	0.57	
Eu	0.21	0.15	0.13	0.12	0.12	0.20	0.19	0.18	0.13	
Gd	0.96	0.68	0.64	0.60	0.60	0.95	0.90	0.86	0.65	
Tb	0.15	0.10	0.10	0.095	0.092	0.15	0.14	0.13	0.10	
Dy	0.87	0.62	0.59	0.56	0.56	0.87	0.80	0.77	0.64	
Ho	0.19	0.14	0.14	0.13	0.13	0.20	0.19	0.17	0.15	
Er	0.56	0.43	0.43	0.39	0.39	0.57	0.55	0.51	0.48	
Hf	0.93	0.36	0.27	0.27	0.23	0.25	0.43	0.28	0.19	
Ta	0.16	0.085	0.073	0.059	0.12	0.067	0.11	0.070	0.066	
Re	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	< 0.008	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	
Pb	4.4	2.1	2.2	1.8	1.9	1.9	2.8	1.5	1.5	
Bi	0.044	0.030	0.032	0.049	0.10	0.029	0.037	0.026	0.015	

Примечание. Содержание оксидов дано в %, а элементов – в мкг/г.



и селена (1.1 мкг/г), в то время как в нижележащих слоях концентрации этих элементов менее предела обнаружения (ПО). На этом же уровне содержание серебра, тантала и висмута вырастает в 2–2.4 раза;

– начиная с уровня образца 3019/136 резко возрастают концентрации никеля (в 5 раз), меди и Fe_2O_3 (в 2.3 раза). К этому же рубежу приурочено менее значительное увеличение содержания хрома, цинка, рубидия, свинца, ванадия, галлия, циркония, гафния и Al_2O_3 (в 1.2–1.7 раза);

– начиная с образца 3019/136 и выше по разрезу в пачке XV появляются кобальт и молибден в концентрациях 1.9 мкг/г и 0.31 мкг/г соответственно, в то время как ниже (обр. 3019/131–3019/135) содержание Со и Мо меньше ПО;

– на уровне образца 3019/135 концентрация P_2O_5 увеличивается до 0.15% (в 2.5 раза по сравнению с нижележащим образцом), достигая в образце 3019/138 0.69%. Вместе с P_2O_5 в 1.3–1.6 раза возрастает содержание ряда редкоземельных металлов – Се, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho и Er.

Отмеченные закономерности также согласуются с предположением об импактном событии во время формирования осадка на уровне образца 3019/134. На обогащение этого уровня метеоритной пылью указывает появление рения, который наряду с повышением содержания Ni, Co, Mo, Zn, Rb, Pb, Cu, Fe является возможным индикатором космогенного вещества [8]. Значимое увеличение концентраций этих элементов, начиная с уровня образца 3019/136, а не 3019/134, можно объяснить дополнительным поступлением космических микрочастиц с суши, где они были депонированы в почвах после импактного события. Косвенными показателями некоторой активизации терригенного сноса во время, соответствующее формированию горизонта образца 3019/136, служат повышенные содержания Al_2O_3 и Fe_2O_3 . Возможно, и увеличение концентраций P_2O_5 (начиная с уровня образца 3019/135) связано с интенсификацией привноса органики с суши. С органикой, в свою очередь, ассоциируют повышенное содержание многих редкоземельных элементов. В изученных образцах не обнаружено иридия – одного из главных компонентов глобально выдержанного слоя («иридиевой аномалии»), отвечающего импактному событию на рубеже мела и палеогена (концентрации Ir во всех образцах не превышают ПО). Это аргумент в пользу обусловленности геохимической аномалии образца 3019/134 другим импактным событием в конце мела. То, что уровень 3019/134 древнее границы мела–палеогена, а кровля маастрихта в разрезе Актолагай размыта, следует из био- и магнитостратиграфических материалов [2].

Выводы

Полученные результаты наглядно демонстрируют эффективность использования сведений о магнитной восприимчивости и естественной

остаточной намагниченности при реконструкции событий, связанных с усилением метеоритных бомбардировок Земли в конце мелового периода. Следует отметить, что магнито-минералогические методы для изучения распределений метеоритной пыли в отложениях привлекались и ранее. Например, по данным дифференциального термомагнитного анализа (ДТМА) и микрозондовых исследований, уровни, обогащенные частицами железа и никеля, были выявлены в верхнем мелу Крыма, Кавказа, Копетдага [9], в кровле маастрихта Саратовского Правобережья – у сел Ключи и Тепловка Новобурасского района [10]. Однако важным достоинством данных о K и J_n является то, что они намного превосходят материалы ДТМА как по массовости измерений, так и по оперативности получения информации.

Петромагнитные данные не являются прямыми индикаторами космогенного вещества, но, по крайней мере, позволяют оперативно и практически без дополнительных затрат выявлять интервалы разрезов, перспективные для обнаружения повышенных концентраций метеоритных частиц с помощью других, традиционных, но дорогостоящих методов.

В перспективе по мере накопления подобных материалов петромагнитные аномалии, аналогичные тем, которые выявлены в изученных нами разрезах Поволжья и Прикаспия, могут использоваться в качестве изохронных корреляционных реперов регионального или глобального масштаба. Выделение разновозрастных уровней в маастрихте с повышенными концентрациями космогенного вещества в маастрихте подтверждают точку зрения о мультиимпактном событии в конце мелового периода [11].

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках госзадания в сфере научной деятельности (задание № 1757) и РФФИ (проекты № 16-35-00219-мол_а, 13-05-00348-а).

Библиографический список

1. Гужиков А. Ю., Беньямовский В. Н., Барабошкин Е. Ю., Гужикова А. А., Калякин Е. А., Копачевич Л. Ф., Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Яковичина Е. В. К вопросу о нижней границе маастрихта в Саратовском Поволжье // Меловая система России и ближнего зарубежья : проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. тр. / под ред. Е. Ю. Барабошкина [и др.]. Владивосток : Дальнаука, 2014. С. 103–106.
2. Гужиков А. Ю., Барабошкин Е. Ю., Беньямовский В. Н., Александрова Г. Н., Барабошкин Е. Е., Гужикова А. А., Копачевич Л. Ф. Предварительные био- и магнитостратиграфические данные по кампану-маастрихту плато Актолагай (Казахстан) // Меловая система России и ближнего зарубежья : проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. тр. / под ред. Е. Ю. Барабошкина [и др.]. Владивосток : Дальнаука, 2014. С. 107–109.



3. Гужикова А. А., Цельмович В. А., Гужиков А. Ю., Казанский А. Ю., Куражковский А. Ю. Петромагнитные данные, как возможный индикатор повышенных концентраций космогенных частиц в маастрихте карьера «Большевик» (г. Вольск, Саратовская обл.) // Меловая система России и ближнего зарубежья : проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. тр. / под ред. Е. Ю. Барабошкина [и др.]. Владивосток : Дальнаука, 2014. С. 110–113.
4. Олферьев А. Г., Беньямовский В. Н., Иванов А. В., Овечкина М. И., Сельцер В. Б., Харитонов В. М. Верхнемеловые отложения севера Саратовской области. Ст. 1. Разрез карьера «Большевик» в окрестностях Вольска // Бюл. МОИП, отд-ние геол. 2009. Т. 84, вып. 2. С. 5–22.
5. Олферьев А. Г., Беньямовский В. Н., Иванов А. В., Овечкина М. И., Сельцер В. Б., Харитонов В. М. Верхнемеловые отложения севера Саратовской области. Ст. 2. Биостратиграфическое расчленение разреза карьера «Большевик» в окрестностях Вольска // Бюл. МОИП, отд-ние геол. 2009. Т. 84, вып. 4. С. 29–46.
6. Печерский Д. М., Марков Г. П., Цельмович В. А. Чистое железо и другие магнитные минералы в метеоритах // Астрономический вестн. 2015. Т. 49, № 1. С. 65–67.
7. Сунгатуллин Р. Х., Бахтин А. И., Цельмович В. А., Сунгатуллина Г. М., Глухов М. С., Осин Ю. Н., Воробьев В. В. Железо-никелевые микрочастицы в осадочных породах как индикаторы космических процессов // Учен. зап. Казан. ун-та. Естественные науки. 2015. Т. 157, кн. 3. С. 102–118.
8. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар : Геопринт, 2011. 742 с.
9. Печерский Д. М., Нургалеев Д. К., Фомин В. А., Шаронова З. В., Гильманова Д. М. Космическое железо в осадках мела-даниа // Физика Земли. 2011. Т. 5. С. 12–34.
10. Molostovsky E. A., Fomin V. A., Pechersky D. M. Sedimentogenesis in Maastrichtian-Danian basins of the Russian plate and adjacent areas in the context of plume geodynamics // Russ. J. Earth Sci. 2006. Vol. 8. P. 1–13.
11. Корчагин О. А. Ископаемые микрометеориты, микрокрититы и микрокрититы: методика исследований, классификация и импакт-стратиграфическая шкала // Стратиграфия в начале XXI века – тенденции и новые идеи. Очерки по региональной геологии России. М. : Геолкарт-ГЕОС, 2013. Вып. 6. С. 112–142.

УДК 567.3/411:551.736/761

ТИПОВЫЕ ЭКЗЕМПЛЯРЫ ПЕРМСКИХ И ТРИАСОВЫХ РЫБ, ХРАНЯЩИЕСЯ В МУЗЕЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ САРАТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА им. Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО.

Статья 1. Двоякодышащие и акулловые рыбы



А. В. Миних, М. Г. Миних

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского
E-mail: a.v.minih@mail.ru

В статье впервые дана сводка по голотипам пермских и триасовых рыб, принадлежащих двум классам (*Sarcopterygii* и *Chondrichthyes*), выделенным авторами по результатам сборов и изучения костных остатков ихтиофауны из разрезов Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Начиная с 60-х годов прошлого века было выделено 3 рода и 26 видов этих рыб, которые были использованы в комплексе с лучепёрыми рыбами при составлении стратиграфических схем перми и триаса Европейской России и палеогеографических реконструкций. Приведены сведения по таксономическому составу, даны номера голотипов, их географическая и геологическая привязка. Указаны ареалы распространения в пределах Восточно-Европейской платформы и сопредельных территорий.

Ключевые слова: пермские и триасовые мясистоластные и хрящевые рыбы, типовые экземпляры, Восточно-Европейская платформа.

Permian and Triassic Fish Holotypes Kept in the Earth Sciences Museum at the Saratov State University. Article 1. Dipnoian and Elasmobranchian Fishes

A. V. Minikh, M. G. Minikh

The paper presents the first review of the Permian and Triassic fish holotypes belonging to two classes (*Sarcopterygii* and *Chondrich-*

thyes), recognized by the authors upon collecting and examining ichthyofauna bone remains from the sections within the East European Platform and the adjacent regions. Starting from the 1960-ties, 3 genera and 26 species of those fishes have been defined and used alongside with actinopterygian fishes to compile stratigraphic charts of the Permian and Triassic from European Russia and to make paleogeographic reconstructions. Data on taxonomic compositions is provided, holotype numbers are presented alongside with their geographic and geologic referencing. Occurrence areas within the East European platform and the adjacent territories are specified.

Key words: Permian and triassic dipnoian and elasmobranchian fishes, holotypes, East-European platform.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-1-24-29

Континентальные, прибрежно-морские и лагунные пестроцветные и красноцветные толщи пермского и триасового возраста занимают на территории Европейской России огромные пространства. Они широко развиты в пределах Предуралья Краевого прогиба, Московской, Мезенской, Печорской и Прикаспийской синеклиз, в Вятско-Камской впадине, на юго-востоке Воронежской и Волго-Уральской антеклиз и других крупных структурах. Многочисленные опорные и стратотипические разрезы перми и триаса, развитые на этой территории, изучались