

## ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ

Научная статья

УДК 551.763.1

doi: 10.17223/25421379/36/1

### МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА Р. СЕВЕРНАЯ СОСЬВА (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

Зинаида Никитична Гнибиденко<sup>1</sup>, Владимир Аркадьевич Маринов<sup>2</sup>,  
Александра Викторовна Левичева<sup>3</sup>, Николай Николаевич Семаков<sup>4</sup>



<sup>1, 3, 4</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Тюменский нефтяной научный центр, Тюмень, Россия

<sup>1</sup> gnibidenko@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup> vamarinov@rosneft.ru

<sup>3</sup> levichevaav@ipgg.sbras.ru

<sup>4</sup> semakovnn@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** Представлены результаты палеомагнитных и магнитостратиграфических исследований меловых отложений разреза Сосьва (бассейн реки Северная Сосьва, северо-запад Западной Сибири), изученных в стратотипическом естественном разрезе усть-манынской свиты в шести километрах ниже по течению от пос. Усть-Манья. Исследованы отложения среднего-верхнего альба и нижнего-среднего кампана. По комплексным (био- и палеомагнитным) данным построен магнитостратиграфический разрез ханты-мансиской и усть-манынской свит нижнего и верхнего мела. Разрез состоит из двух магнитозон – прямой  $NK_1al_2$  и обратной  $RK_2cp_1$  полярности, идентифицируемых с хронами C33г и C34 мировой шкалы магнитной полярности. Полученный магнитостратиграфический разрез будет являться одним из фрагментов региональной шкалы магнитной полярности верхнего мела Западной Сибири. В прикладном отношении региональная шкала магнитной полярности верхнего мела Западной Сибири позволит проводить локальную, региональную, межрегиональную и глобальную корреляцию разрезов и геологических событий, а также их датирование.

**Ключевые слова:** магнитостратиграфия, геомагнитная полярность, магнитозона, мел, Усть-Манья, Северное Зауралье, Западная Сибирь

**Благодарности:** Авторы выражают искреннюю благодарность Татьяне и Евгению Барабошкиным за неоценимую помощь и сотрудничество при проведении отбора образцов для палеомагнитных исследований в полевых условиях.

**Источник финансирования:** Исследования выполнены в рамках проекта НИР – FWZZ-2022-0019.

**Для цитирования:** Гнибиденко З.Н., Маринов В.А., Левичева А.В., Семаков Н.Н. Магнитостратиграфические исследования меловых отложений на р. Северная Сосьва (Северный Урал) // Геосферные исследования. 2025. № 3. С. 6–18. doi: 10.17223/25421379/36/1

Original article

doi: 10.17223/25421379/36/1

### MAGNETOSTRATIGRAPHIC STUDIES OF CRETACEOUS DEPOSITS ON THE SEVERNAYA SOSVA RIVER (NORTHERN URALS)

Zinaida N. Gnibidenko<sup>1</sup>, Vladimir A. Marinov<sup>2</sup>, Aleksandra V. Levicheva<sup>3</sup>, Nikolai N. Semakov<sup>4</sup>

<sup>1, 3, 4</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup> Tyumen Oil Scientific Center, Tyumen, Russia

<sup>1</sup> gnibidenko@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup> vamarinov@rosneft.ru

<sup>3</sup> levichevaav@ipgg.sbras.ru

<sup>4</sup> semakovnn@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** The article presents the results of paleomagnetic and magnetostratigraphic studies of Cretaceous sediments of the Sosva section (the basin of the Severnaya Sosva River, northwest of Western Siberia), studied in a stratotypic natural section of the Ust-Manya formation six km downstream from the village Ust-Manya. The sediments of the Middle-Upper Albian and Lower-Middle Campanian have been studied. Based on complex (bio- and paleomagnetic) data, a magnetostratigraphic section of the Khanty-Mansiysk and Ust-Manya formations of the Lower and Upper Cretaceous has been constructed. The section consists of

two magnetozones – normal NK<sub>1</sub>al<sub>2</sub> and reverse RK<sub>2</sub> km<sub>1</sub> polarity, identified with Chrones C33r and C34 of the world scale of magnetic polarity. The resulting magnetostratigraphic section will be one of the fragments of the regional scale of the magnetic polarity of the Upper Cretaceous of Western Siberia. In practical terms, the regional scale of the magnetic polarity of the Upper Cretaceous of Western Siberia will allow for local, regional, interregional and global correlation of sections and geological events, as well as their dating.

**Keywords:** magnetostratigraphy, geomagnetic polarity, magnetozone, Cretaceous, Ust-Manya, Northern Trans-Urals, Western Siberia

**Acknowledgments:** The authors express their sincere gratitude to Tatyana and Evgeny Baraboshkin for their invaluable assistance and cooperation in collecting samples for paleomagnetic studies in the field.

**Source of financing:** The research was carried out within the framework of the research project – FWZZ-2022-0019.

**For citation:** Gniibidenko Z.N., Marinov V.A., Levicheva A.V., Semakov N.N. (2025) Magntostratigraphic studies of Cretaceous deposits on the Severnaya Sosva River (Northern Urals). *Geosfernye issledovaniya – Geosphere Research*. 3. pp. 6–18. doi: 10.17223/25421379/36/1

## Введение

В последнее десятилетие нами составлены магнитостратиграфические разрезы верхнемеловых отложений на юге Западной Сибири – трех скважин (8, 10, 2) юга Омской впадины [Гнибиденко и др., 2014], двух скважин (С-114, С-124) Бакчарского железнорудного бассейна [Гнибиденко и др., 2015] и двух скважин (23 и 19) юга Кулундинской впадины [Гнибиденко и др., 2017а]. Заключительным этапом данных исследований является региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых и пограничных мел-палеогеновых отложений этой территории [Гнибиденко и др., 2020].

В настоящее время нами проводятся палеомагнитные исследования верхнего мела севера Западной Сибири, где геологический разрез меловых отложений является одним из наиболее полных в Северной Азии и представляет собой мощную толщу отложений, развитую более широко, чем триасовые и юрские. Так, на севере Красноярского края в левобережье нижнего течения р. Енисей была изучена нижняя часть разреза верхнего мела (долганская, дорожковская и насоновская свиты), вскрытого восемью скважинами (Хикиглинская 1, Сузунская 34, Восточно-Лодочная 1, Западно-Тагульская 1, Тагульская 21 и 25, Ванкорская 10 и 13) [Гнибиденко и др., 2017б]. Палеомагнитные разрезы этих свит в исследуемых скважинах характеризуются прямой полярностью геомагнитного поля с редкими субзонами обратной намагниченности. Новизна полученных результатов в том, что впервые для севера Западной Сибири в пределах Усть-Енисейского структурно-фациального района разработаны магнитостратиграфические разрезы нижней части верхнего мела. В каждом из восьми исследованных разрезов выделена магнитозона прямой полярности, соответствующая сенноману и турону, в которой зафиксированы субзоны обратной намагниченности.

Позднее проведены палеомагнитные исследования верхнего мела (временной диапазон – верхний се-

номан–маастрихт) на северо-востоке Западной Сибири (Пур-Тазовское междуречье), вскрытого девятью скважинами (шестью скважинами Харампурской группы – 1049, 109Н, 106П-Ю, 105Н, 2073Н, 106Н и тремя скважинами Часельской группы – 1П, 5П и 16П). По геолого-тектоническому районированию исследуемые скважины расположены на территории крупной отрицательной структуры – Среднепуровского наклонного мегажелоба. По комплексным (био- и палеомагнитным) данным построены магнитостратиграфические разрезы девяти скважин, на основе синтеза которых впервые разработан региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела севера Западной Сибири [Гнибиденко и др., 2018; Гнибиденко, Маринов, 2023]. Все вышеперечисленные исследования были выполнены на образцах керна, ориентированных «верх–низ».

Целью настоящей работы является построение магнитостратиграфического разреза меловых отложений в бассейне реки Северная Сосьва (северо-запад Западной Сибири) (рис. 1). Этот разрез будет являться первым палеомагнитным разрезом, изученным нами на северо-западе Западной Сибири, и первым естественным разрезом на всей территории Западной Сибири, где образцы, отобранные для палеомагнитных исследований, ориентированы не только «верх–низ», но и по странам света. Таким образом, мы получаем в измеренных образцах магнитное наклонение  $I^{\circ}$  и магнитное склонение  $D^{\circ}$ .

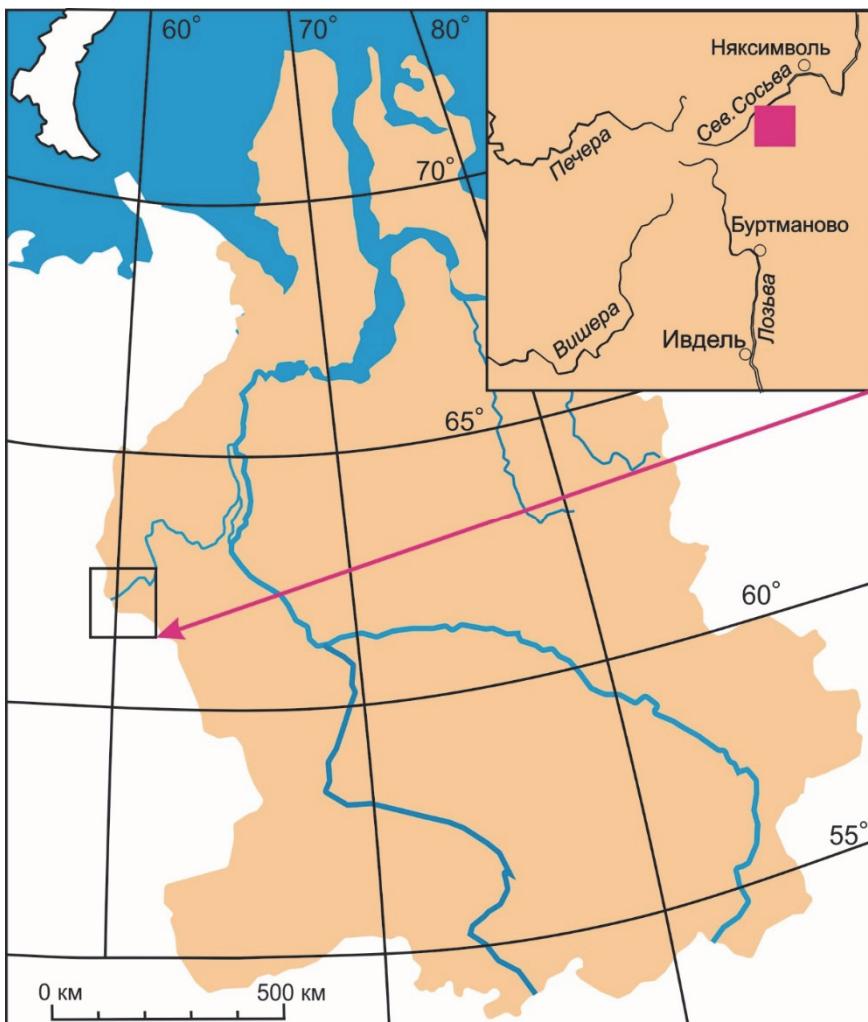
## Материалы и методы исследования

Материалом для исследований послужила коллекция ориентированных образцов для палеомагнитных и петромагнитных исследований, отобранная из естественного разреза меловых отложений, являющегося стратотипическим для усть-манынской свиты. Разрез был переизучен в 2022 г. [Барабошкин и др., 2022]. На дневной поверхности в бассейне реки Се-

верная Сосьва обнажаются отложения ханты-манской и усть-маньинской свит (62°10'34,9", 60°25'09,6"). Из этого разреза мощностью 27 метров было отобрано 50 ориентированных штуков (138 образцов-кубиков).

Петромагнитные исследования включали измерения магнитной восприимчивости  $K$  и ее анизотропии

(AMB); магнитной восприимчивости после прогрева пород до температуры 600 °C – термокаппы  $K_t$  (прирост  $dK = K_t - K$ ). Прирост  $dK$  отражает содержание тонкодисперсного пирита в образце вследствие фазового перехода немагнитного  $FeS_2$  в сильномагнитный  $Fe_3O_4$  при температуре выше 500 °C.



**Рис. 1. Местоположение разреза Усть-Маня. Коричневым цветом закрашена территория распространения меловых отложений Западной Сибири [Барабошкин и др., 2022, с изменениями]**

**Fig. 1. Location of the Ust-Manya section. The area of the Cretaceous deposits of Western Siberia is shaded brown [Baraboshkin et al., 2022, with changes]**

Палеомагнитные измерения и обработка полученных результатов проводились по стандартной методике [Палеомагнитология, 1982; Молостовский, Храмов, 1997]. Были измерены естественная остаточная намагниченность пород – NRM,  $J_n$ , остаточная намагниченность насыщения –  $J_{rs}$ , рассчитывался также фактор Кенигсбергера ( $Q_n = J_n/(KH_T)$ ). Выполненные палеомагнитные исследования включали ступенчатую магнитную чистку образцов пород температурой и переменным магнитным полем, компонентный анализ NRM.

Для определения магнитных минералов использовался анализ зависимости магнитной восприимчивости от температуры.

Измерения величины магнитной восприимчивости и ее температурной зависимости велись на двухчастотном каппаметре Bartington MS-2 (Великобритания), величины и направления NRM – на спиннермагнитометре JR-6A (Agico, Чехия) и криогенном магнитометре (2G Enterprises, США). Ступенчатая магнитная чистка переменным магнитным полем и температурой проводилась с помощью немагнитной

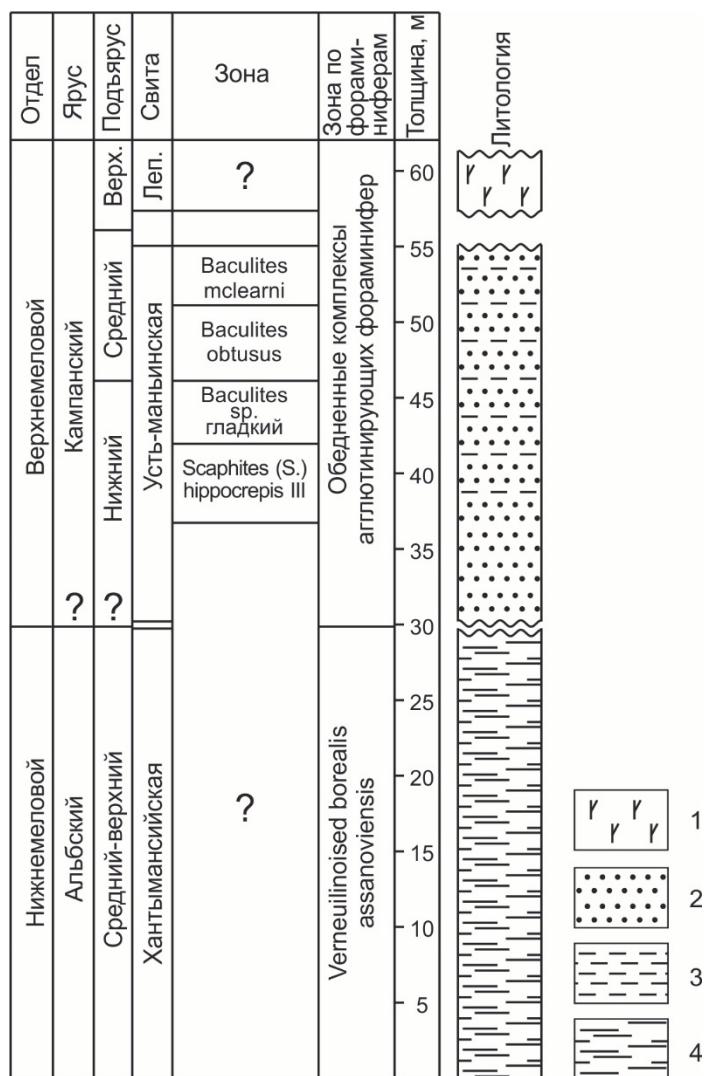
печи TD-48 (ASC Scientific, США) и размагничивающего устройства переменного магнитного поля, входящего в комплект криогенного магнитометра 2G Enterprises. Компонентный анализ палеомагнитных данных осуществлялся с помощью программы Remsoft 3.0 путем интерпретации ортогональных проекций Зайдервельда [Zijderveld, 1967], графиков размагничивания и стереографических проекций NRM. Анализ результатов измерения анизотропии магнитной восприимчивости проводился с помощью программы Anisoft 5.1.03 (agico.com).

Из разреза выполнен отбор 58 образцов для проведения микропалеонтологических исследований. Коллекция была обработана по стандартной методике отмучивания глинистых частиц [Фурсенко, 1978]. Были

обнаружены единичные раковины агглютинирующих фораминифер. Палеонтологические и биостратиграфические данные взяты из работ В.Ф. Лидера [1964] и Е.Ю. Барабошкина с соавторами [2022].

### Местные стратиграфические подразделения и обоснование их возраста

Выход мела на р. Северная Сосьва известен с конца XIX в. В ходе экспедиций по Северному Уралу Е.С. Федоровым [Федоров, 1889] было выполнено описание отложений, собрана фауна, подтверждающая меловой возраст отложений. Более подробное изучение разреза выполнено позднее, в ходе разведки месторождений бурого угля Северососьвинского угольного бассейна в период с 1948 по 1954 гг.



**Рис. 2. Разрез меловых отложений на р. Северная Сосьва**

Сокращения. Подъярус: верх. – верхний; свита: леп. – леплинская, п/с – подсвита, 1 – опоки; 2 – песчаники; 3 – алевролиты; 4 – черные кремнистые аргиллиты

**Fig. 2. Cretaceous section on the Severnaya Sosva River**

Abbreviations. Substage: верх. – Upper; suite: леп. – Leplinskaya, п/с – subsuite, 1 – floes; 2 – sandstones; 3 – siltstones; 4 – black siliceous mudstones

В непосредственной близости от разреза была пробурена скважина, по керну которой детально изучен литологический и минералогический состав отложений, уточнена его палеонтологическая характеристика. Разрез был разбит на пачки, которые прослеживаются в бассейне р. Северная Сосьва от р. Няйс до р. Лепля [Лидер, 1964]. В разрезе выделяются ханты-мансийская свита (верхняя подсвита), усть-маньинская и леплинская свиты (см. рис. 2). Графа «Зона по аммонитам» в этом рисунке приведена по данным Е.Ю. Барабошкина [Барабошкин и др., 2022].

Ханты-мансийская свита, верхняя подсвита, сложена плотными темно-серыми слаборазмокающими гидрослюдисто-монтморилонитовыми аргиллитами с раковистым изломом. Содержание алевритовой фракции, представленной зернами прозрачного кварца, полевых шпатов, единичных зерен глауконита, составляет 1–5 % в кровле свиты и 20–30 % в основании. В верхней части свиты наблюдаются стяжения и маломощные прослои фосфористых сидеритов [Лидер, 1964].

Палеонтологическая характеристика. Обнаружен комплекс фораминифер с *Verneuilinoides borealis assanoviensis* [Лидер, 1964].

Мощность свиты на территории разреза по данным бурения составляет 30 м [Лидер, 1964].

Стратиграфическое положение. Толща глин отнесена к средне- и верхнеальбским подъярусам на основании стратиграфического распространения обнаруженного комплекса фораминифер *Verneuilinoides borealis assanoviensis* [Захаров и др., 2000].

Усть-маньинская свита представлена относительно однородной пачкой глауконито-кварцевых песчаников с подчиненными прослойями светло-серых с зеленоватым оттенком аргиллитов монтморилонитового состава, зеленовато-серых и желто-серых кремнисто-кварцевых гравелитов, кварцевых песчаников и конгломератов с кварцевым цементом [Лидер, 1964].

Палеонтологическая характеристика. В нижней части свиты (интервал 0–3,0 м) найдены раковины аммонитов *Scaphites (S.) hippocrepis* III (De Kay), *Baculites* sp. «гладкие» и *Baculites* sp. «со сглаженными ребрами» и пустоты от белемнитов «*Paractinacamax*» sp. ind. Вяше. В интервале 5,3–9,2 м аммониты представлены видами *Baculites* sp. «гладкие», и *Baculites* sp. «со сглаженными ребрами», В интервале 9,8–10,2 м встречены раковины аммонитов *Baculites obtusus* Meek, *Scaphites (S.) hippocrepis* III (De Kay) и пустоты от ростров белемнитов «*Paractinacamax*» sp. ind. В верхней части свиты (интервал 14,8–17,0 м) обнаружены раковины аммонитов *Baculites mcleani* Landes, *Baculites* sp. «гладкими» (редко), *Scaphites (S.) hippocrepis* III (De Kay),

*S. (S.)* sp., ростры белемнитов (редко). В кремнистых аргиллитах кровельной части свиты фауна не обнаружена [Барабошкин и др., 2022]. Весь разрез свиты содержит редкие агглютинированные раковины фораминифер плохой сохранности, из которых удалось определить виды *Ammodiscus glabratus* Cushman et Jarvis, *Spiroplectammina ex gr. kelleri* Dain.

Стратиграфическое положение. Находки представителей ортостратиграфических групп фауны (аммонитов) позволили обосновать присутствие зон нижнего и среднего кампана Западного внутреннего бассейна Северной Америки [Cobban et al., 2006]. Интервал со *Scaphites (S.) hippocrepis* III сопоставляется с зоной *Scaphites hippocrepis* (нижний кампан), интервал с *Baculites* sp. (гладкий) – с зонами «*Baculites* sp. (smooth)» и «*Baculites* sp. (weak flank ribs)» верхней части нижнего кампана. Интервал с *Baculites obtusus* – с зоной *Baculites obtusus* (средний кампан), интервал с *Baculites mcleani* – с зоной *Baculites mcleani* (средний кампан) [Барабошкин и др., 2022].

Мощность свиты по данным бурения составляет 25 м [Лидер, 1964].

Нижняя часть свиты (около 3 м толщиной) условно сопоставлялась с сантонским ярусом, присутствие которого в бассейне Северной Сосьвы подтверждено находками иноцерамид [Папулов, 1974].

Леплинская свита представлена пачкой светло-серых, белесых однородных опок.

Палеонтологическая характеристика. Породы содержат богатые комплексы диатомовых водорослей, среди которых доминирующая роль принадлежит видам *Ryxilla cretacea* Jouse, *Gladius clavatus* Jouse и *Gl. hispidus* Jouse [Лидер, 1964]. Обнаружен обедненный комплекс агглютинирующих фораминифер, в котором присутствует вид *Spiroplectammina ex gr. kelleri* Dain.

Стратиграфическое положение. Ярусная принадлежность леплинской свиты в разрезе обоснована анализом состава комплекса диатомовых водорослей [Лидер, 1964], который имеет большое сходство с комплексами нижнего и среднего кампана и резко отличается от комплекса нижнего палеоценена, на основании чего свита может соответствовать верхнему кампану и маастрихту. Пачка изучена в изолированном блоке, в котором диатомиты согласно перекрывают черные кремнистые аргиллиты усть-маньинской свиты.

На дневной поверхности обнажаются отложения ханты-мансийской и усть-маньинской свит. Разрез, расположенный в 6 км ниже по течению от пос. Усть-Манья ( $62^{\circ}10'34,9''$ ,  $60^{\circ}25'09,6''$ ), являющийся стратотипическим для усть-маньинской свиты, был переизучен в 2022 г. [Барабошкин и др., 2022].

**Стратиграфическое положение.** Новые находки представителей ортостратиграфических групп фауны – головоногих моллюсков (бакулитов) позволили уточнить стратиграфическое положение и объем усть-манынской свиты [Барабошкин и др., 2022] и обосновать присутствие зон нижнего и среднего кампана Западного внутреннего бассейна Северной Америки [Cobban et al., 2006]. Толща относится к нижнему и среднему кампану и сопоставляется с зонами аммонитовой шкалы Северной Америки: *Scaphites hippocrepis*, *Baculites* sp. (гладкий), *Baculites* sp. (со сглаженными ребрами) (нижний кампан), *Baculites obtusus*, *Baculites mcleani* (средний кампан).

Одновременно со стратиграфо-палеонтологическим изучением этого разреза был выполнен отбор ориентированных образцов для палеомагнитных исследований.

По Е.Ю. Барабошкину исследуемый разрез меловых отложений представлен шестью пачками пород, снизу вверх:

1. Пачка слоистых черных глин (ханты-мансийская свита) с тонкими (1–2 см) прослойями мелковзернистого песка, иногда сцементированного пиритом (мощность 4,2 м). Из этой пачки было отобрано 12 ориентированных образцов для палеомагнитных исследований с размером грани 2 см. Пачки 2–6 отобраны из усть-манынской свиты.

2. Пачка черных кремнистых алевролитов и аргиллитов мощностью 2,45 м, из которой отобрано пять ориентированных штуков.

3. Пачка светло-серых, почти белых, рыхлых опок с многочисленными биотурбациями *Phycosiphon* и более редкими *Chondrites*. Мощность 3 м. Из этой пачки отобрано четыре ориентированных штуков.

4. Пачка темно-серых, до черных, с поверхности – бурых глауконитовых массивных и толстоплитчатых (~1 м) кремнистых песчаников. Породы полностью биотурбированы. Предполагаемая мощность 5–8 м. Из этой пачки отобрано восемь ориентированных штуков.

5. Пачка чередования темно-серых с поверхности – бурых глауконитовых плитчатых (~0,1–0,5 м) кремнистых песчаников, чередующихся с 5–10 см прослойями черных песчаных и алевритовых глин. Породы полностью биотурбированы. Мощность пачки 3,8 м. Из этой пачки отобрано девять ориентированных штуков.

6. Пачка толстоплитчатых (0,5–1 м) кремнистых глауконитовых темно-серых, до черных песчаников, с поверхности – бурых. Мощность пачки 8,1 м. Из этой пачки отобрано 14 ориентированных штуков.

Как упоминалось выше, из этого разреза мощностью 27 м отобрано 50 ориентированных штуков, из которых изготовлено 138 образцов-кубиков.

## Результаты исследований

По магнитным свойствам исследуемые отложения, представленные черными глинами, кремнистыми алевролитами, опоками, кремнистыми песчаниками массивными, толсто- и тонкослоистыми значительно различаются между собой по магнитным свойствам. По величине магнитной восприимчивости ( $K$ ) наблюдается трехчленное деление исследуемого разреза. Самыми высокими значениями этого параметра характеризуются черные глины (пачка 1), где магнитная восприимчивость изменяется в пределах  $7,9\text{--}14,5 \times 10^{-5}$  ед. СИ; самыми низкими значениями этого параметра характеризуются кремнистые алевролиты и опоки (пачки 2 и 3), величины которых составляют  $1,0\text{--}4,2 \times 10^{-5}$  ед. СИ; кремнистые песчаники массивные, толсто- и тонкослоистые (пачки 4–6) имеют величины магнитной восприимчивости от  $2,5$  до  $9,2 \times 10^{-5}$  ед. СИ. Значения естественной остаточной намагниченности (NRM) варьируют от 0,05 до 8,40 мА/м. Самые высокие величины NRM наблюдаются в черных глинах (пачка 1) и в средней части пачки 6 (толстослоистые кремнистые песчаники).

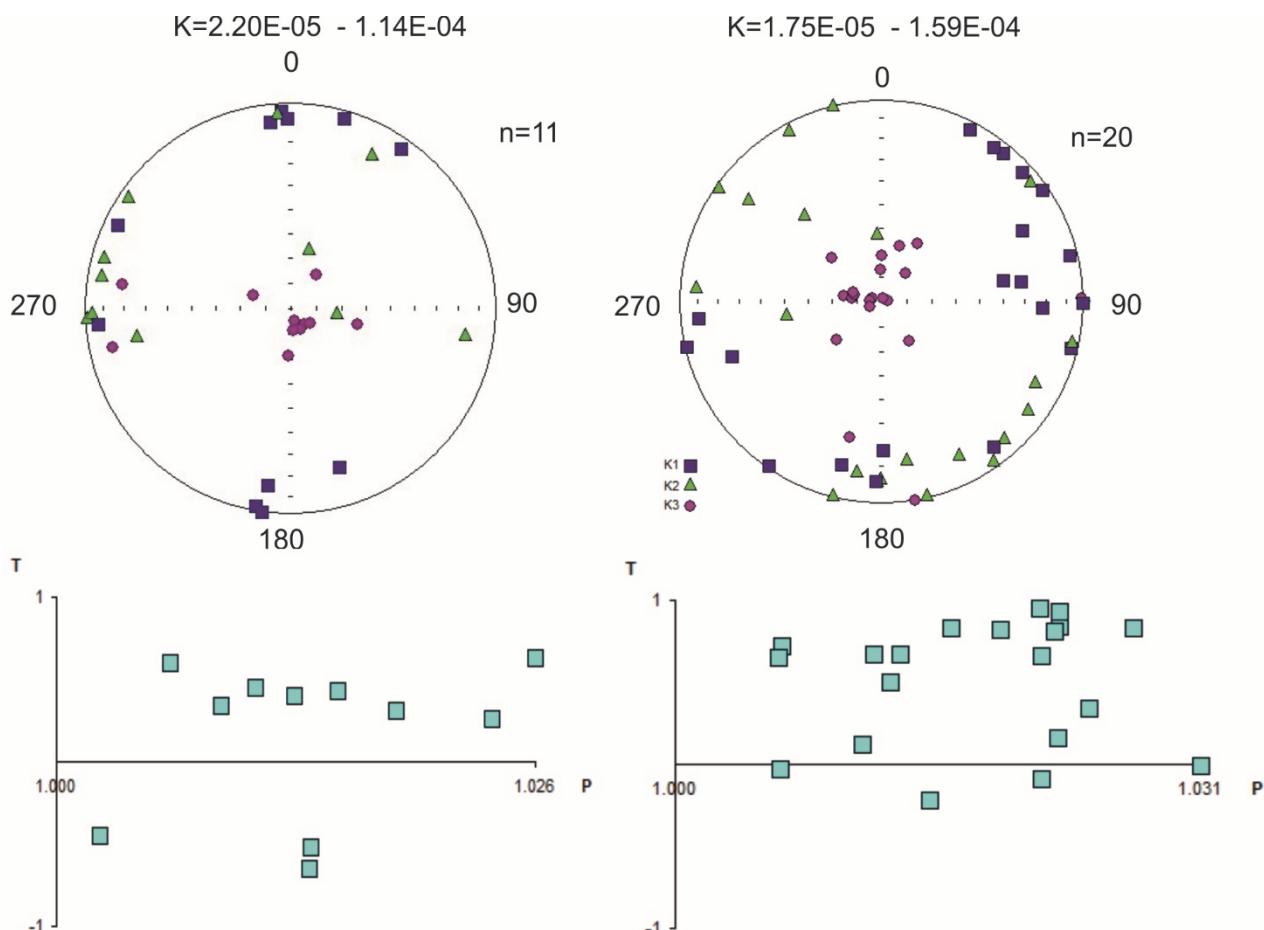
Значения фактора  $Q_n$  ниже единицы (за исключением трёх образцов), что типично для дегритной природы намагниченности.

По результатам изучения анизотропии установлено, что все породы шести пачек – черные глины, кремнистые алевролиты, опоки, кремнистые песчаники, массивные, толсто- и тонкослоистые – обладают низкой степенью анизотропии магнитной восприимчивости. Показатель магнитной анизотропии  $R$  изменяется в пределах (1–1,03), что свидетельствует об изометричной форме магнитных частиц. Значения параметра формы AMB ( $T$ ) на графике зависимости  $T$  от степени анизотропии указывают на преобладание плоскостного типа анизотропии в образцах, что также характерно для осадочных пород.

Магнитная текстура исследуемых отложений соответствуют первичной текстуре осадков – оси магнитных эллипсоидов: длинные (K1) и средние (K2) равномерно распределены вдоль экватора, а короткие их оси (K3) группируются в центре эллипсоидов, что свидетельствует о сохранности первичной намагниченности (рис. 3). По распределению проекций осей эллипсоидов MB определяется геодинамический режим среды осадконакопления. В терригенных отложениях, с которыми мы имеем дело, распределение проекций осей эллипсоидов магнитной восприимчивости является типичным для осадков, формировавшихся в относительно спокойной геодинамической обстановке. В нашем случае все исследованные образцы пород практически изотропны.

Во всех исследованных образцах характер зависимости магнитной восприимчивости от температуры одинаков (рис. 4). В начале процесса нагрева образцов, значения  $K$  находятся в нулевой или принульевой области, что свидетельствует об очень слабой магнитной восприимчивости исследуемых пород, а следовательно и низком содержании магнитных минералов. Почти во всех проведенных экспериментах гра-

фики нагрева и охлаждения идентичны. Так, в образцах – 3/2, –11/1, 20/2, 12/2 при нагревании наблюдаются широкие пики в области температур 380–400–430–520–550 °C. При охлаждении во всех этих образцах также наблюдаются идентичные преобразования – сглаженные кривые охлаждения в широкой области температур 550–500–400–100 °C с пиком в области 400–480–500–530 °C.



**Рис. 3. Распределение осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости в породах разреза Усть-Манья**

К1 – длинная ось эллипсоида магнитной восприимчивости (синие квадраты), К2 – средняя ось эллипсоида магнитной восприимчивости (зеленые треугольники), К3 – короткая ось эллипсоида магнитной восприимчивости (розовые кружки)

**Fig. 3. Distribution of magnetic susceptibility anisotropy ellipsoid axes in Ust-Manya section rocks**

K1 is the long axis of the magnetic susceptibility ellipsoid (blue squares), K2 is the middle axis of the magnetic susceptibility ellipsoid (green triangles), K3 is the short axis of the magnetic susceptibility ellipsoid (pink circles)

Проведенный анализ позволяет заключить, что в исследуемых породах содержится пирит и сидерит. При нагревании образуется сильномагнитный магнетит, возможно, магнетит, что приводит к полному исчезновению пирита и сидерита. Диссоциация пирита и сидерита начинается при температурах 450–500–520 °C, вслед за этим фиксируется значительный подъем магнитной восприимчивости, связанный с прохождением

температуры Кюри магнетитом [Буров, Ясонов, 1979; Третяк, 1983]. Пирит и сидерит, не являясь носителями намагниченности, служат поставщиком в состав осадочных пород магнитных образований (гётита, гидрогётида и др.). Подобная картина наблюдалась в исследованных нами верхнемеловых отложениях, вскрытых скважинами, на севере Западной Сибири [Гнибиденко, Маринов, 2023; Левичева и др., 2023].

Палеомагнитное изучение коллекции заключалось в магнитных чистках переменным магнитным полем и температурой. Результатом магнитных чисток является выделение характеристической компоненты намагниченности (ChRM), на основе которой строится палеомагнитный разрез исследуемых отложений. Магнитные чистки переменным магнитным полем проводились до 70–100 мТл с шагом 5–10 мТл (рис. 5). Качество диаграмм Зийдервельда вполне удовлетворительное. Анализ диаграмм позволил выделить двухкомпонентный состав естественной оста-

точной намагниченности – низкокоэрцитивную и высококоэрцитивную, принимаемую нами за характеристическую компоненту (ChRM).

Положительные направления высококоэрцитивной компоненты концентрируются в первой и четвертой четвертях стереограмм, что особенно характерно для пород пачки 1 (черные глины). Эта компонента выделяется в интервале 40–100 мТл. Обратные направления высококоэрцитивной компоненты выделяются на стереограммах в третьей и четвертой четвертях (пачка 5, тонкослоистые кремнистые песчаники).

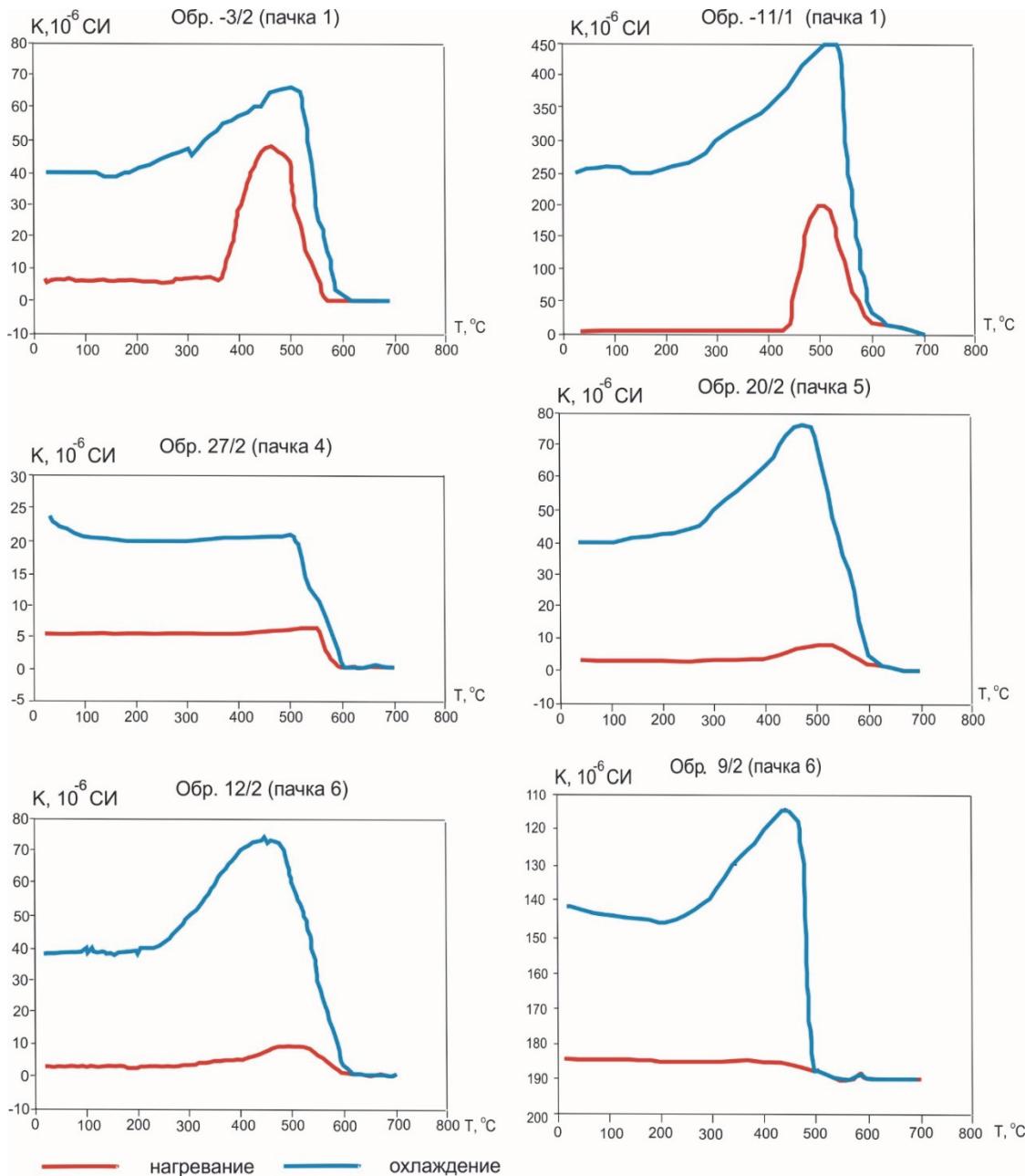
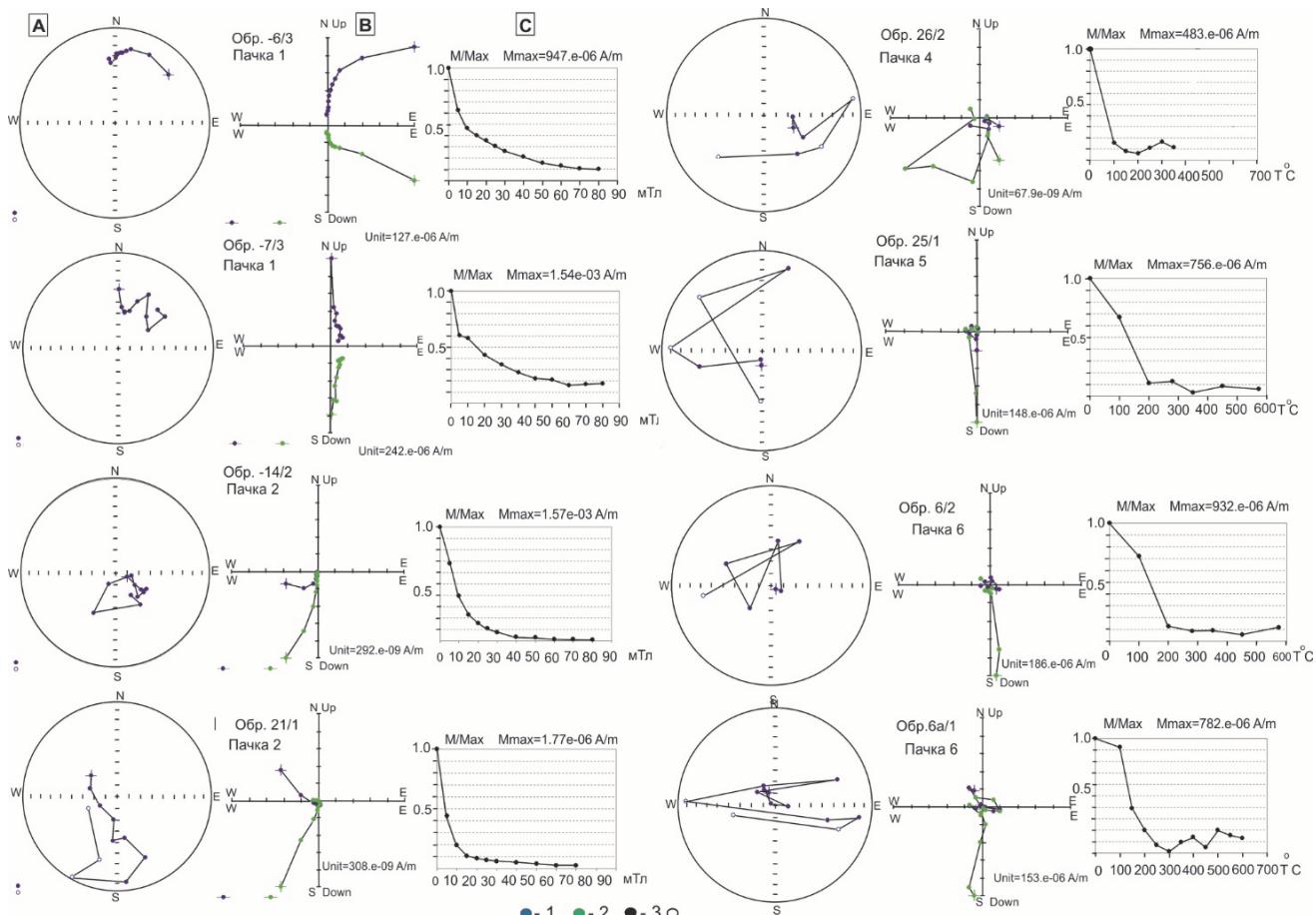


Рис. 4. Зависимость магнитной восприимчивости от температуры в верхнемеловых отложениях разреза Усть-Манья

Fig. 4. Dependence of magnetic susceptibility on temperature in Upper Cretaceous Ust-Manya section

На одном-двух образцах с одного стратиграфического уровня проводилось ступенчатое терморазмагничивание образцов пород с шагом 50–100 °С до 350–600 °С (рис. 5). Из анализа диаграмм Зийдервельда следует, что иногда наблюдается подмагничивание образцов. Отрезки диаграмм или отдельные точки, указывающие на подмагничивание, удалялись или же образцы полностью отбраковывались. Здесь также выделяются две компоненты естественной остаточной

намагниченности – низкотемпературная и высокотемпературная, последняя стремится к началу координат и является характеристической (первичной) компонентой намагниченности. Высокотемпературная характеристическая компонента выделяется у большинства образцов в температурном интервале 300–350–600 °С. Направления этой компоненты группируются главным образом во второй и третьей четвертях стереограммы с умеренными отрицательными наклонениями.



**Рис. 5. Результаты компонентного анализа NRM (размагничивание переменным магнитным полем и температурой)**

А – полярные стереопроекции, Б – диаграммы Зийдервельда, В – кривые спада намагниченности (система tilt). Плоскости: 1 – горизонтальная, 2 – вертикальная; полусфера: 3 – нижняя, 4 – верхняя

**Fig. 5. Results of component analysis NRM (demagnetization by alternating magnetic field and temperature)**

А – polar stereo projections, Б – Zijderveld diagrams, В – magnetization decay curves (tilt system). Planes: 1 – horizontal, 2 – vertical; hemispheres: 3 – lower, 4 – upper

По выделенной характеристической компоненте был построен палеомагнитный разрез меловых отложений (рис. 6). Кремнистые алевролиты, опоки, массивные, тонко- и толстослоистые кремнистые песчаники (пачки 2–6) имеют обратную полярность геомагнитного поля с двумя субзонами прямой намагниченности в пачках 5 и 6. Черные глины (пачка 1) характеризуются прямой полярностью. Таким образом,

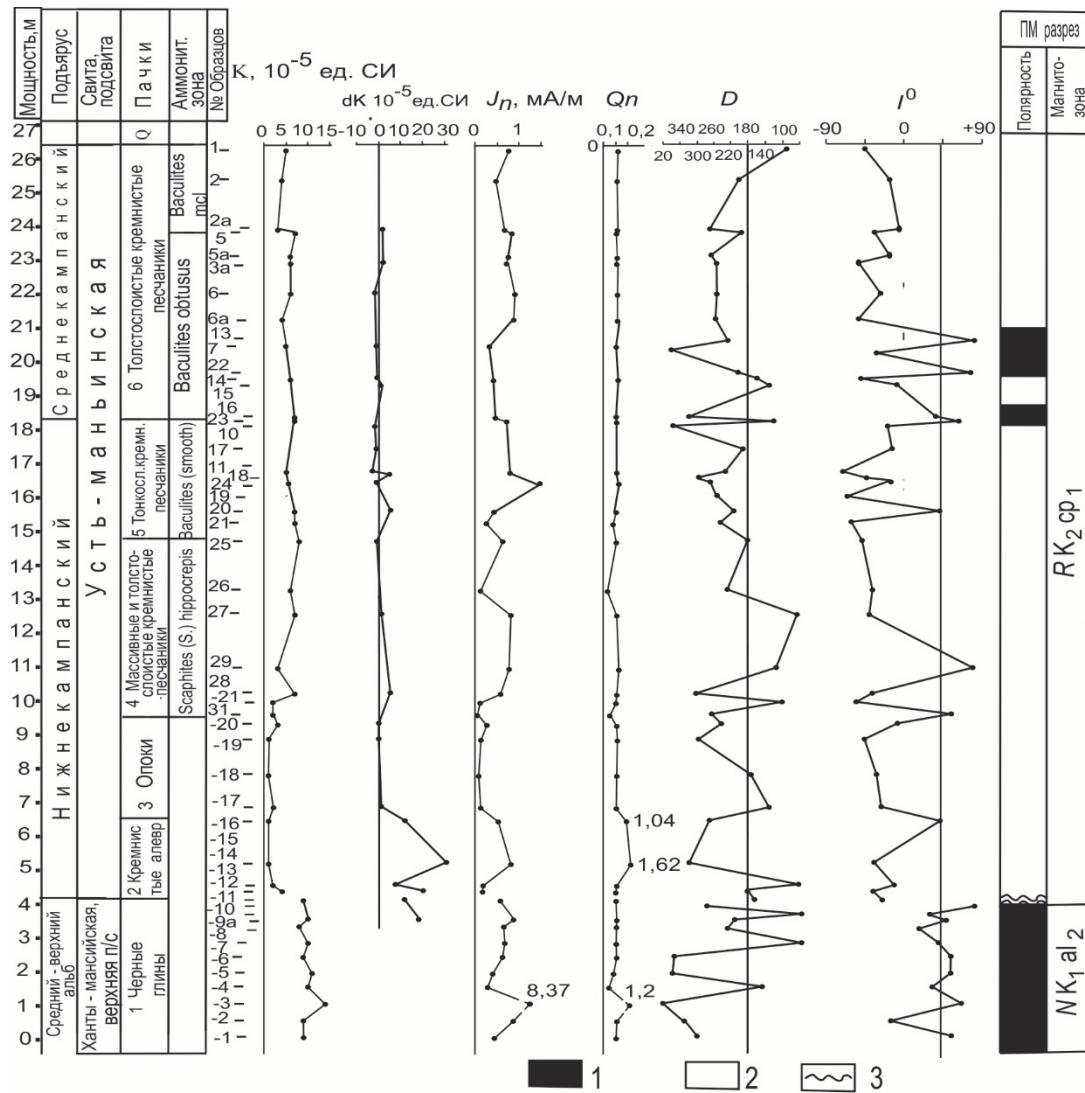
в исследуемом разрезе ниже- и верхнемеловых отложений Усть-Манья, с учетом полученных палеонтологических данных о ранне-среднекампанском и позднеальбском возрасте отложений [Барабошкин др., 2022], выделяются две магнитозоны – прямой  $NK_{1al2}$  и обратной  $RK_{2cp1}$  полярности.

Полученные палеомагнитные данные соответствуют критерию внешней и внутренней сходимости,

т.е. согласуются с известными представлениями о магнитополярной структуре верхнего альба и нижнего-среднего кампана [Ogg, 2020; Гнибиденко, Маринов, 2023].

Ранне-среднекампанный возраст пород пачек 2–6 и обратная полярность этих отложений, выделенных в магнитозону  $RK_2\text{cp}_1$ , позволяют заключить, что эта

магнитозона обратной полярности может быть сопоставлена с хроном C33г шкалы Дж. Огга [Ogg, 2020]. Подстилающие эту обратную магнитозону  $RK_2\text{cp}_1$  прямо намагниченные черные глины (магнитозона  $NK_1\text{al}_2$  – пачка 1), датируемые средним и поздним альбом, могут быть сопоставлены с хроном C34.



**Рис. 6. Магнитостратиграфический разрез нижне- и верхнемеловых отложений разреза Усть-Манья (п. Северная Сосьва, Северный Урал)**

Условные обозначения: K – магнитная восприимчивость ( $*10^{-5}$  ед. СИ), dK – температурный прирост магнитной восприимчивости ( $*10^{-5}$  ед. СИ),  $J_n$  – характеристическая компонента (ChRM) намагниченности в мА/м,  $Qn$  – фактор Кенигсбергера,  $D^\circ$  – магнитное склонение в градусах,  $I^0$  – магнитное наклонение в градусах; полярности геомагнитного поля: 1 – прямая, 2 – обратная, 3 – перерыв

**Fig. 6. Magnetostratigraphic section of the Lower and Upper Cretaceous deposits of the Ust-Manya section (Severnaya Sosva River, Severny Urals)**

Legend: K – magnetic susceptibility ( $* 10^{-5}$  units. SI), dK – temperature increase of magnetic susceptibility ( $* 10^{-5}$  units. SI),  $J_n$  – characteristic component (ChRM) of magnetization in mA/m,  $Qn$  – Koenigsberger factor,  $D^\circ$  – magnetic declination in degrees,  $I^0$  – magnetic inclination in degrees; polarity of the geomagnetic field: 1 – normal, 2 – inverse, 3 – hiatus

### Заключение

Исследована палеомагнитная коллекция образцов из разреза меловых отложений, расположенного в

6 км от пос. Усть-Манья (бассейн реки Северная Сосьва, северо-запад Западной Сибири). Анализ результатов анизотропии магнитной восприимчивости,

а именно низкая степень АМВ, свидетельствует о первичной текстуре осадков, что говорит о сохранности первичной (характеристической) компоненты естественной остаточной намагниченности. Проанализирована зависимость магнитной восприимчивости от температуры. Установлено, что в исследованных породах содержится пирит и сидерит, которые, не являясь носителями намагниченности, служат поставщиком в состав осадочных пород магнитных образований типа гётита, гидрогётита и других подобных им.

Компонентный анализ, включающий ступенчатое терморазмагничивание, размагничивание переменным магнитным полем и выделение компонент

намагниченности, позволил выявить двухкомпонентный состав естественной остаточной намагниченности. Ступенчатым терморазмагничиванием выделены низкотемпературная и высокотемпературная компоненты; а размагничиванием переменным магнитным полем – низкокоэрцитивная и высококоэрцитивная компоненты намагниченности. На основе выделенной характеристической компоненты разработан палеомагнитный разрез меловых отложений, состоящий из двух магнитозон – прямой  $NK_{1al_2}$  и обратной  $RK_{2cr_1}$  полярности, идентифицируемых с хронами мировой шкалы магнитной полярности C34 и C33г [Ogg, 2020].

#### Список источников

- Барабошкин Е.Ю., В.А. Маринов В.А., Семаков Н.Н., Мирзабаев Д.А., Барабошкина Т.А.** Новые данные о кампанских отложениях реки Северная Сосьва (С. Урал). Предварительные результаты // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы XI Всерос. совещания, Томск, 19–24 сентября 2022 г. / ред. Е.Ю. Барабошкин. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2022. С. 45–49.
- Буров Б.В., Ясонов П.Г.** Введение в дифференциальный термомагнитный анализ горных пород. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1979. 160 с.
- Гнибиденко З.Н., Маринов В.А.** Региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела севера Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2023. Т. 18, № 2. 28 с.
- Гнибиденко З.Н., Кузьмина О.Б., Левичева А.В.** Региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничного палеогена юга Западной Сибири: к разработке шкалы геомагнитной полярности мела и пограничного палеогена Западной Сибири // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 9. С. 1256–1265.
- Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Маринов В.А., Смолянинова Л.Г., Семаков Н.Н.** Палеомагнитные исследования верхнемеловых отложений севера Западной Сибири // Материалы 12-ой международной школы-конференции «Проблемы Геокосмоса» Санкт-Петербург, Петергоф, 8–12 октября 2018 г. СПб., 2018. С. 58–63.
- Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Семаков Н.Н., Русанов Г.Г.** Палеомагнетизм и магнитостратиграфия верхнемеловых и пограничных мел-палеогеновых отложений юга Кулундинской впадины (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 2017а. Т. 58, № 1. С. 105–117.
- Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Маринов В.А.** Палеомагнетизм верхнемеловых отложений северо-востока Западной Сибири (по результатам изучения керна скважин) // Интерэкско ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 17–21 апреля 2017) : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сб. материалов : В 4 т. Новосибирск, 2017б. Т. 4. С. 196–201.
- Гнибиденко З.Н., Лебедева Н.К., Левичева А.В.** Магнитостратиграфия кампан-маастрихта Бакчарского бассейна (юг Западной Сибири) // Геология и геофизика. 2015. № 11. С. 1868–1882.
- Гнибиденко З.Н., Лебедева Н.К., Шурыгин Б.Н.** Региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых отложений юга Западной Сибири (Омская впадина) // Доклады Академии наук. 2014. Т. 458, № 1. С. 83–87.
- Захаров В.А., Маринов В.А., Агалаков С.Е.** Альбский ярус Западной Сибири // Геология и геофизика. 2000. Т. 41, № 6. С. 769–791.
- Левичева А.В., Гнибиденко З.Н., Смолянинова Л.Г., Маринов В.А.** Палеомагнетизм верхнего мела центральной части Западной Сибири // Геосферные исследования. 2023. № 3. С. 70–85. doi: 10.17223/25421379/28/6.
- Лидер В.Ф.** Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. Геология Северососьвинского бороугольного бассейна / ред. К.В. Мокрушин, В.А. Перваго. М. : Недра, 1964. 149 с.
- Молостовский Э.А., Храмов А.Н.** Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1997. 179 с.
- Палеомагнитология.** Л. : Недра. 1982. 312 с.
- Папулов Г.Н.** Меловые отложения Урала. (Стратиграфия, палеогеография, палеотектоника). М. : Наука, 1974. 202 с.
- Третяк А.Н.** Естественная остаточная намагниченность и проблема палеомагнитной стратификации осадочных толщ. Киев : Наукова думка, 1983. 256 с.
- Федоров Е.С.** Новые данные по геологии Северного Урала. СПб. : Тип. А. Якобсона, 1889. 20 с.
- Фурсенко А.В.** Введение в изучение фораминифер / отв. ред. В.И. Гудина. Новосибирск : Наука, 1978. 242 с.
- Cobban W.A., Walaszczyk I., Obradovich J.D., McKinney K.C.** A USGS Zonal table for the Upper Cretaceous middle Cenomanian-Maastrichtian of the Western Interior of the United States based on ammonites, inoceramids, and radiometric ages, U.S. Geological Survey. 2006. Open-File Report 2006–1250. 46 p.
- Ogg J.G.** Geomagnetic Polarity Time Scale // Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M. Geologic Time Scale 2020. V. 2. Amsterdam, Oxford, Cambridge : Elsevier, 2020. P. 159–192.
- Zijderveld J.D.A. A.C.** demagnetization of rocks: analysis of results // Methods in paleomagnetism. Amsterdam, 1967. P. 254–286.

### References

- Baraboshkin E.Yu., Marinov V.A., Semakov N.N., Mirzabaev D.A., Baraboshkina T.A. *Novyye dannyye o kampanskikh otlozhennyakh reki Severnaya Sos'va (S. Ural). Predvaritel'nyye rezul'taty* [New data on the Campanian deposits of the Severnaya Sosva River (Northern Urals). Preliminary results] // The Cretaceous system of Russia and neighboring countries: problems of stratigraphy and paleogeography. Ed. Baraboshkin E. Yu. Proc. XI All-Russian Conference, Tomsk, September 19–24, 2022 Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 2022. pp. 45–49. In Russian
- Burov B.V., Yasonov P.G. *Vvedeniye v differentialsial'nyy termomagnitnyy analiz gornykh porod* [Introduction to differential thermomagnetic analysis of rocks]. Kazan: Kazan University Publishing House, 1979, 160 p. In Russian
- Gnibidenko Z.N., Marinov V.A. *Regional'nyy magnitostratigraficheskiy razrez verkhnego mela severa Zapadnoy Sibiri* [Regional magnetostratigraphic section of the Upper Cretaceous in the north of Western Siberia] // *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* [Oil and Gas Geology. Theory and Practice]. 2023. V. 18, No. 2. 28 p. In Russian
- Gnibidenko Z.N., Kuzmina O.B., Levicheva A.V. Regional magnetostratigraphic section of the Upper Cretaceous and boundary Paleogene of the south of Western Siberia: towards the development of a geomagnetic polarity scale for the Cretaceous and boundary Paleogene of Western Siberia // *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2020. V. 61. No. 9. pp. 1256–1265. In Russian
- Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Marinov V.A., Smolyaninova L.G., Semakov N.N. *Paleomagnitnyye issledovaniya verkhnemelovykh otlozhennykh severa Zapadnoy Sibiri.* [Paleomagnetic studies of the Upper Cretaceous deposits of the north of Western Siberia] // Proceedings of the 12th International School-Conference "Problems of Geocosmos" St. Petersburg, Peterhof, October 8–12, 2018 St. Petersburg. 2018. pp. 58–63. In Russian
- Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Semakov N.N., Rusanov G.G. Paleomagnetism and magnetostratigraphy of the Upper Cretaceous and boundary Cretaceous-Paleogene deposits of the south of the Kulunda Depression (Western Siberia) // *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2017a. V. 58. No. 1. pp. 105–117. In Russian
- Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Marinov V.A. *Paleomagnetizm verkhnemelovykh otlozhennykh severo-vostoka Zapadnoy Sibiri (po rezul'tatam izucheniya kerna skvazhin)* [Paleomagnetism of Upper Cretaceous deposits in the northeast of Western Siberia (based on the results of borehole core study)] // Interexpo GEO-Siberia-2017. XIII Int. scientific congress (Novosibirsk, April 17–21, 2017): Int. scientific conf. "Subsoil use. Mining. Directions and technologies for prospecting, exploration and development of mineral deposits. Economy. Geoecology": Collection of materials in 4 vol. 20176. V. 4. pp. 196–201. In Russian
- Gnibidenko Z.N., Lebedeva N.K., Levicheva A.V. Magnetostratigraphy of the Campanian-Maastrichtian Bakchar Basin (south of Western Siberia) // *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2015. No. 11. pp. 1868–1882. In Russian
- Gnibidenko Z.N., Lebedeva N.K., Shurygin B.N. Regional magnetostratigraphic section of Upper Cretaceous deposits in the south of Western Siberia (Omsk Depression) // *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences]. 2014. V. 458. No. 1. pp. 83–87. In Russian
- Zakharov V.A., Marinov V.A., Agalakov S.E. Albian Stage of Western Siberia // *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2000. 41. No. 6. pp. 769–791. In Russian
- Levicheva A.V., Gnibidenko Z.N., Smolyninova L.G., Marinov V.A. Magnetostratigraphy of the Upper Cretaceous of the central part of Western Siberia // *Geosfernye issledovaniya – Geosphere Research*. 2023. 3. pp. 70–85. doi: 10.17223/25421379/28/6. In Russian
- Leader V.F. *Materialy po geologii i poleznyim iskopayemym Urala. Geologiya Severosov'sinskogo bureougol'nogo basseyna* [Materials on the geology and mineral resources of the Urals. Geology of the Severosvinsky brown coal basin]. Mokrushin K.V., Pervago V.A. (eds.). Moscow: Nedra. 1964. 149 p. In Russian
- Molostovsky E.A., Khramov A.N. *Magnitostratigrafiya i ee znachenije v geologii*. Saratov. Izd. Saratovskogo universiteta [Magnetostratigraphy and its importance in geology]. Saratov: Publishing House of Saratov University, 1997. 179 p. In Russian
- Paleomagnitologiya [Paleomagnetology]. Leningrad: Nedra, 1982. 312 p. In Russian
- Papulov G.N. *Melovye otlozhenniya Urala. (Stratigrafiya, paleogeografiya, paleotektonika)* [Cretaceous deposits of the Urals. (Stratigraphy, paleogeography, paleotectonics)]. Moscow: Nauka, 1974. 202 p. In Russian
- Tretyak A.N. *Estestvennaya ostatochnaya namagnichennost' i problema paleomagnitnoy stratifikatsii osadochnykh tolshch* [Natural residual magnetization and the problem of paleomagnetic stratification of sedimentary strata]. Kyiv: Naukova Dumka, 1983. 256 p. In Russian
- Fedorov E.S. *Novyye dannyye po geologii Severnogo Urala* [New data on the geology of the Northern Urals]. St. Petersburg: type. A. Yakobson, 1889. 20 p. In Russian
- Fursenko A.V. *Vvedeniye v izuchenije foraminifer* [Introduction to the study of foraminifera]. V.I. Gudina (ed.), Novosibirsk: Nauka, SB RAS USSR, 1978. 242 p. In Russian
- Cobban W.A., Walaszczyk I., Obradovich J.D., McKinney K.C. A USGS Zonal table for the Upper Cretaceous middle Cenomanian-Maastrichtian of the Western Interior of the United States based on ammonites, inoceramids, and radiometric ages, U.S. Geological Survey. 2006. Open-File Report 2006-1250. 46 p.
- Ogg J.G. Geomagnetic Polarity Time Scale // In: Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G. M. Geologic Time Scale 2020. V. 2. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier. 2020. pp. 159–192.
- Zijderveld J.D.A. A.C. demagnetization of rocks: analysis of results // Methods in paleomagnetism. Amsterdam. 1967. pp. 254–286.

#### Информация об авторах:

**Гнибиденко З.Н.**, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия.

E-mail: gnibidenko@ipgg.sbras.ru

**Маринов В.А.**, кандидат геолого-минералогических наук, эксперт, Тюменский государственный университет, старший научный сотрудник, Тюменский нефтяной научный центр, Тюмень, Россия.

E-mail: vamarinov@tnnc.rosneft.ru

**Левичева А.В.**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия.

E-mail: levichevaav@ipgg.sbras.ru

**Семаков Н.Н.**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия.  
E-mail: semakovnn@ipgg.sbras.ru

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**  
**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**Information about the authors:**

**Gnibidenko Z.N.**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia.  
E-mail: gnibidenkozn@ipgg.sbras.ru

**Marinov V.A.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Expert, Tyumen State University, Senior Researcher, Tyumen Petroleum Scientific Center, Tyumen, Russia.  
E-mail: vamarinov@tnnc.rosneft.ru

**Levicheva A.V.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia.  
E-mail: levichevaav@ipgg.sbras.ru

**Semakov N.N.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia.  
E-mail: semakovnn@ipgg.sbras.ru

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**  
**The authors declare no conflicts of interests.**

*Статья поступила в редакцию 02.04.2024; одобрена после рецензирования 10.02.2025; принятая к публикации 29.08.2025*

*The article was submitted 02.04.2024; approved after reviewing 10.02.2025; accepted for publication 29.08.2025*