

Научная статья

УДК 551.763.1

doi: 10.17223/25421379/28/6

МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ ВЕРХНЕГО МЕЛА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Александра Викторовна Левичева¹, Зинаида Никитична Гнибиденко²,
Любовь Геннадьевна Смолянинова³, Владимир Аркадьевич Маринов⁴



^{1,2} Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

³ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

⁴ Тюменский нефтяной научный центр, Тюмень, Россия

¹ levichevaav@ipgg.sbras.ru

² gnibidenkozni@ipgg.sbras.ru

³ lsmol@yandex.ru

⁴ vamarinov@tnnc.rosneft.ru

Аннотация. Представлены результаты магнитостратиграфических исследований верхнего мела центральной части Западной Сибири, вскрытого двумя скважинами – Северо-Тамаргинской 59Р и Западно-Игольской 31П. Изучены кузнецовская, ганькинская свиты, нижнеберезовская, верхнеберезовская подсвиты, датированные по микрофауне фораминифер, в возрастном интервале средний-поздний турон–ранний маастрихт. По комплексным (палеомагнитным и биостратиграфическим) данным, полученным для верхнего мела двух скважин, построены магнитостратиграфические разрезы. В этих разрезах зафиксированы три магнитозоны: две обратной R_1K_2km и R_2K_2mt и одна прямой NK_2t-st полярности, которые идентифицируются с аналогами магнитных хронов C34, C33r, C31r. Полученные данные будут использованы при построении шкалы магнитной полярности мела Западной Сибири.

Ключевые слова: палеомагнетизм, магнитостратиграфия, геомагнитная полярность, магнитозона, верхний мел, центр Западной Сибири

Источник финансирования: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках государственного задания FEWZ-2020-0007.

Для цитирования: Левичева А.В., Гнибиденко З.Н., Смолянинова Л.Г., Маринов В.А. Магнитостратиграфия верхнего мела центральной части Западной Сибири // Геосферные исследования. 2023. № 3. С. 70–85. doi: 10.17223/25421379/28/6

Original article

doi: 10.17223/25421379/28/6

MAGNETOSTRATIGRAPHY OF THE UPPER CRETACEOUS OF THE CENTRAL PART OF WESTERN SIBERIA

Alexandra V. Levicheva¹, Zinaida N. Gnibidenko², Lybov G. Smolyaninova³, Vladimir A. Marinov⁴

^{1,2} Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³ Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

⁴ Tyumen Petroleum Scientific Center, Tyumen, Russia

¹ levichevaav@ipgg.sbras.ru

² gnibidenkozni@ipgg.sbras.ru

³ lsmol@yandex.ru

⁴ vamarinov@tnnc.rosneft.ru

Abstract. In this paper the results of magnetostratigraphic studies of the Upper Cretaceous of the Central part of the Western Siberia penetrated by two wells – Severo-Tamarginskaya 59R and Zapadno-Igol'skaya 31P. Kuznetsovo and Gan'kino formations, Nizhneberezovo and Verchneberezovo subformations, dated by foraminifera were studied. The obtained biostratigraphic data show that the sediments formed in the Middle-Late Turonian–Early Maastrichtian time interval. The reported magnetostratigraphic sections is based on integrated paleomagnetic and biostratigraphic data from the two wells and comprises three magnetozones of reverse (R_1K_2km) and (R_2K_2mt) and normal (NK_2t-st) polarity corresponding to the C34, C33r, C31r Chrons of the global magnetic polarity scale. The obtained data will be used compiled magnetic polarity scale of the Cretaceous of the Western Siberia. The resulting composite section will be one of the fragments of the regional magnetostratigraphic section (scale) of the Upper

Cretaceous of the entire Western Siberia (its central part). This is its fundamental scientific and theoretical significance. From an applied practical point of view, this consolidated section already allows for correlation and dating of sedimentary deposits, and can be used to correct Regional stratigraphic Schemes of the Upper Cretaceous of Western Siberia, the layout of which is being actively discussed.

Keywords: paleomagnetism, magnetostratigraphy, geomagnetic polarity, magnetozone, Upper Cretaceous, Central part of West Siberia

Source of financing: the work was carried out with the support of Ministry of Science and Higher Education within the framework of the state task FEWZ-2020-0007.

For citation: Levicheva A.V., Gnibidenko Z.N., Smolyaninova L.G., Marinov V.A. (2023) Magnetostratigraphy of the Upper Cretaceous of the central part of Western Siberia. *Geosfernye issledovaniya – Geosphere Research*. 3. 70–85. (In Russian). doi: 10.17223/25421379/28/6

Введение

Разработка региональных магнитостратиграфических разрезов (шкал) для крупных геологических провинций мира является необходимой составной частью исследований по созданию шкалы геомагнитной полярности.

К настоящему времени верхнемеловые отложения центральных районов Западной Сибири являются в палеомагнитном отношении совершенно не изученными. С 2016 г. нашим научным коллективом начаты планомерные детальные и комплексные (палеомагнитные, палеонтологические и геолого-стратиграфические) исследования верхнемеловых отложений центральных и северных районов Западной Сибири. Палеомагнитные исследования были проведены на севере Красноярского края в пределах Енисей-Хатангского мегапрогиба, где изучены верхнемеловые отложения восьми скважин (Хикиглинская 1, Сузунская 34, Восточно-Лодочная 1, Западно-Тагульская 1, Тагульская 21 и 25, Ванкорская 10 и 13), представленные долганской, дорожковской и насоновской свитами [Гнибиденко и др., 2017]. Разработаны магнито-стратиграфические разрезы этих скважин и выполнено их сопоставление со шкалой магнитной полярности Ф.М. Градштейна [Gradstein et al., 2012] и магнито-стратиграфической шкалой [Дополнения..., 2000]. Комплексные палеомагнитные и палеонтологические данные позволили заключить, что время формирования отложений долганской (верхняя часть), дорожковской и основания насоновской свит в исследуемых скважинах относится к туронскому веку позднего мела и отвечают фрагменту хрона прямой полярности С34 общей магнитохронологической шкалы Ф.М. Градштейна (~93,9–89,8 млн лет).

Впервые для севера Западной Сибири (территория Тазовского структурно-фациального района – междуречье рек Пур и Таз) в результате проведенных палеомагнитных и стратиграфо-палеонтологических исследований верхнего мела скважин 1049, 109Н, 106П-Ю, 105Н, 2073Н, Западно-Часельской 1П, Ново-Часельской 5П, вскрывших покурскую, дорожковскую,

охтеурьевскую, кузнецовскую, нижеберезовскую, верхнеберезовскую и ганькинскую свиты (сеноман – маастрихт), составлен сводный магнито-стратиграфический разрез верхнего мела, который будет являться одним из фрагментов шкалы геомагнитной полярности мела Западной Сибири [Гнибиденко и др., 2018, 2019, 2021; Gnibidenko et al., 2020].

Целью настоящей работы является построение магнито-стратиграфических разрезов верхнего мела двух скважин – Северо-Тамаргинской 59Р и Западно-Игольской 31П – для последующего использования полученных данных при построении шкалы магнитной полярности мела Западной Сибири. Частично результаты по двум скважинам 59Р и 31П опубликованы в материалах Десятого Всероссийского совещания, проходившего в Магадане в 2020 г. [Гнибиденко и др., 2020].

Объект исследований

Изучен разрез верхнего мела по керну двух скважин – Северо-Тамаргинской 59Р и Западно-Игольской 31П, расположенных в центральной части Западной Сибири (рис. 1) в пределах крупного регионального поднятия – Верхневасюганской антеклизы [Конторович и др., 2001]. Керном охарактеризованы кузнецовская и ганькинская свиты, нижеберезовская и верхнеберезовская подсвиты. Каротажные кривые отражают литологию.

Кузнецовская свита изучена в керне скважины Северо-Тамаргинская 59Р в интервале глубин 881,0–888,8 м (верхи свиты). Сложена черными комковатыми глинами, однородными, пластичными, с мало-мощными прослоями темно-серых литифицированных алевролитистых глин. В породе рассеяны обломки раковин крупных двустворок (иноцерамид) и роостры белемнитов. Обнаружены представительные комплексы фораминифер, состоящие преимущественно из агглютинированных форм. Определено более 30 видов. Доминируют виды *Labrospira collyra*, *Haplophragmoides crickmayi*, *H. rota sibiricus*, *Pseudoclavulina hastata*. По составу фораминифер

доминантной группы вмещающие отложения сопоставляются с зоной *Pseudoclavulina hastata* среднего и верхнего турона Западной Сибири. В значительном количестве присутствуют также виды *Ammoscalaria*

antis, *Haplophragmium chapmani*, которые обычно характерны для более высоких горизонтов (нижний коньяк) [Подобина, 2009]. Стратиграфическое положение интервала – средний и верхний турон.

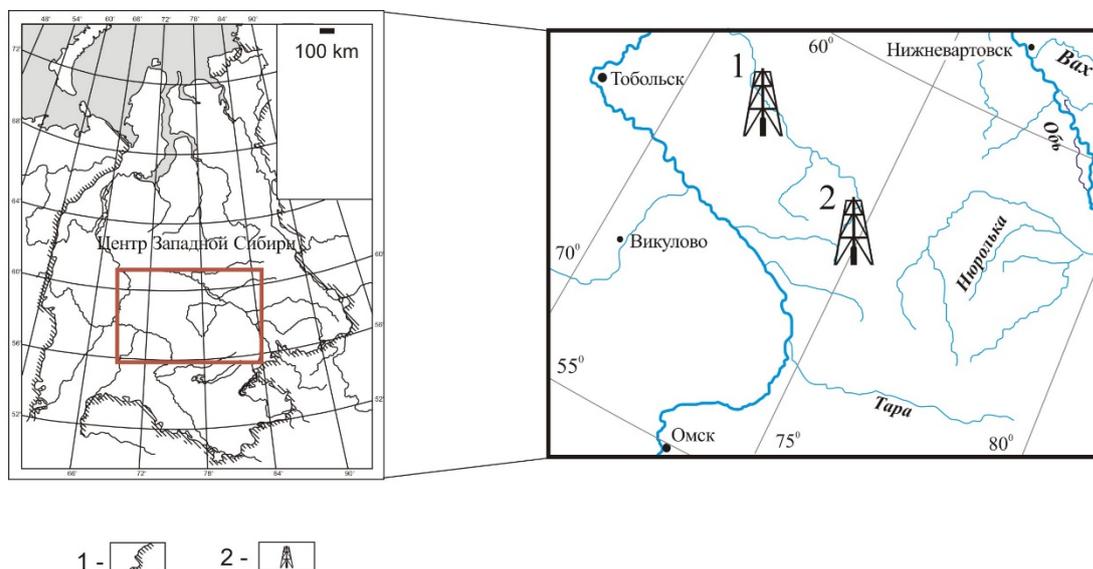


Рис. 1. Карта-схема местоположения изученных скважин: 1 – граница Западно-Сибирской плиты; 2 – скважины

Fig. 1. Location map of the studied wells: 1 – boundary of the West Siberian plate, 2 – wells

Нижнеберезовская подсвита изучена по керну скважин Северо-Тамаргинская 59Р (интервал 875,0–881,0 м) и Западно-Игольская 31П (интервалы 825,0–835,0 м и 781,0–785,0 м). Подсвита сложена чередованием прослоев серых, кремово-серых, кремнистых глинистых алевролитов однородных, с зернами глауконита, обломками раковин двустворок, голубовато-серых оскольчатых опок, с горизонтами алевролитов плотных, крепких, конкреционных. Встречены ихнофоссилии *Phycosiphon* редкие, мелкие. В кровле подсвиты преобладают серые опоковидные алевролиты с оскольчатой отдельностью с прослоями серых тонкослоистых глин с плитчатой отдельностью. Порода содержит многочисленные ихнофоссилии *Phycosiphon*, *Arenocolites*, *Anconichnus*, отпечатки водорослей и мелкие сидеритовые конкреции. Свита содержит обедненные комплексы агглютинирующих фораминифер *Psammospaera laevigata* White, *Protheonina* sp. ind., *Reophax* sp. ind., *Recurvoides optivus*, *Cribrostomoides* sp. ind. *Labrospira senonica*, *Haplophragmoides* sp. ind., *Ammobaculites dignus*, *Trochammina* ex gr. bohmi. Диагностическим стратиграфическим признаком является присутствие вида *Ammobaculites dignus*, распространенного в коньяк-сантонских отложениях Западной Сибири.

Стратиграфическое положение интервала – коньякский и сантонский ярусы.

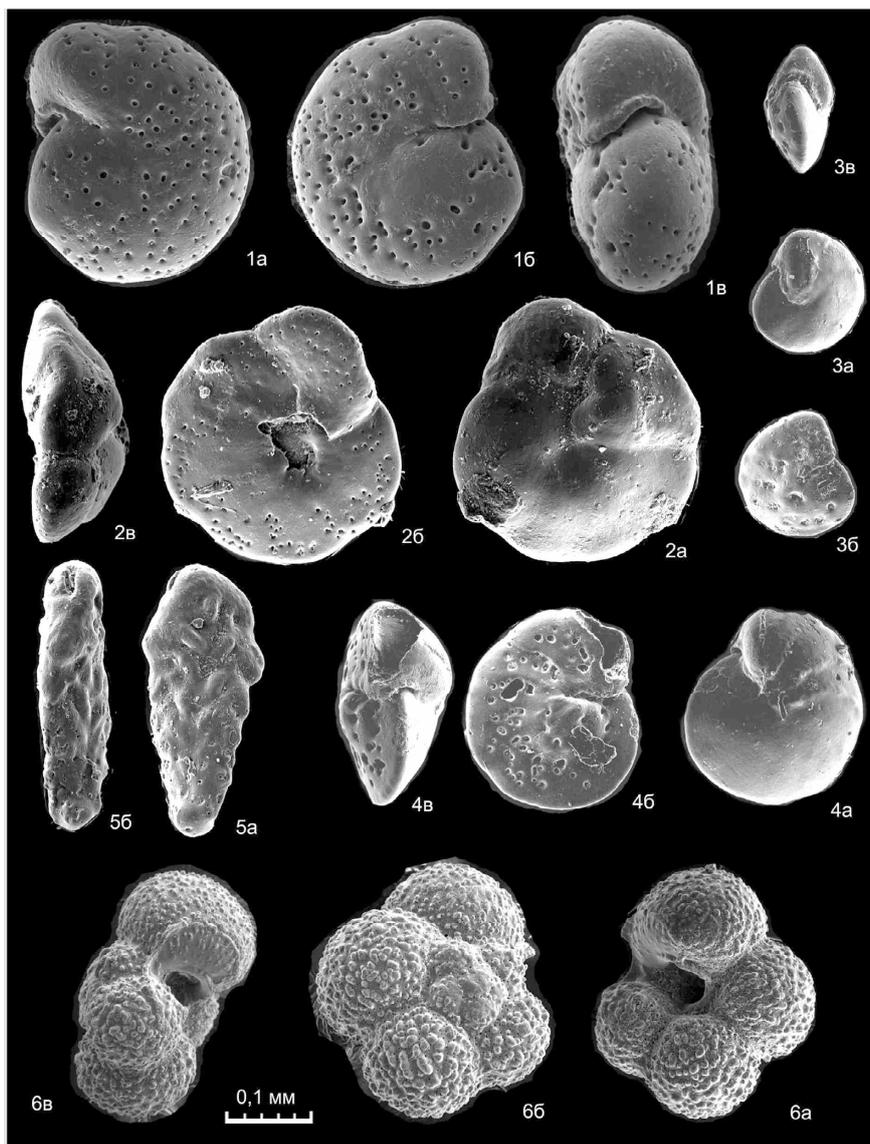
Верхнеберезовская подсвита изучена в керне скважин Западно-Игольская 31П в (интервал 763,0–768,0 м) и Северо-Тамаргинская 59Р (интервал 828,0–835,7 м). Подсвита сложена чередованием светло-серых оскольчатых опоковидных глин и серых, зеленовато-серых листоватых размокающих глин с зернами глауконита. Встречены обломки раковин бакулитов, отпечатки водорослей, ихнофоссилии *Planolites*. Средняя часть подсвиты содержит богатый, состоящий из 52 видов, комплекс фораминифер с агглютинированными и секреторно-известковыми раковинами, в котором доминируют виды *Ammodiscus glabratus*, *Recurvoides optivus*, *Pseudoclavulina admota*, *Trochammina boehmi*. В составе комплекса присутствуют виды, характерные для зоны верхнего кампана Западной Сибири *Cibicidoides primus*: *Ammoscalaria incultus*, *Spiroplectammina optata*, *Spiroplectammina brevis* и вид – индекс зоны. Кроме того, обнаружены виды *Valvulinoides umovi*, *Anomalinoidea neckajae*, *Cibicidoides aktulagayensis* (фототаблица, фиг. 1, 3, 4), которые впервые появляются в верхнекампанском подъярусе. В основании свиты обнаружен комплекс фораминифер из 23 видов, в котором

доминируют *Reophax inordinatus*, *Labrospira senonica*, *Recurvoides optivus*. Виды *Labrospira senonica*, *Recurvoides optivus* являются характерными для зоны *Cribrostomoides cretaceus exploratus*, *Amotomarginulina crispata* верхнего сантона Западной Сибири [Подобина, 2009]. Однако находки видов,

которые впервые появляются в кампанском ярусе Западной Сибири (*Spiroplectamina optata*, *Eponides sibiricus*) указывают на принадлежность интервала к зоне *Bathysiphon vitta*, *Recurvoides magnificus* нижнего кампана. Стратиграфическое положение интервала соответствует нижнекампанскому подъярису.

Фототаблица

Phototable



Во всех случаях стороны раковин: а – брюшная (боковая); б – спинная; в – устьевая

In all cases, the sides of the shells are: a – ventral (lateral); b – dorsal; c – apertural

Все образцы происходят из скважины Западно-Игольская 31П. Западная Сибирь, Томская область, обр. 31 ЗИ-6; интервал 710,0–716 м, 4,75 м от верха интервала, ганькинской свиты, нижний маастрихт,

зона *Spiroplectamina variabilis*, *Gaudryina rugosa spinulosa*, Фиг. 1. *Anomalinoidea neckajae* (Vassilenko). Экз. 31-ЗИ-6/12. ×110. Фиг. 2. *Cibicidoides primus* Podobina. Экз. 31-ЗИ-6/5. ×150. Фиг. 3–4. *Cibicidoides*

aktulagayensis (Vassilenko). Фиг. 3. Экз. 31-ЗИ-6/1. ×110. Фиг. 5. *Bolivinooides peterssoni* Brotzen. Экз. 31-ЗИ-6/7. ×150. Фиг. 6. *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer). Экз. 31-ЗИ-6/9. ×150.

Ганькинская свита изучена в керне скважины Западно-Игольская (интервал 710,0–725,0 м). Свита сложена серыми однородными карбонатными глинами с прослоями опоковидных зеленовато-серых глин с обломками раковин двустворчатых моллюсков *Arctica*, *Entoleum*, аммонитов *Baculites*, рострами белемнитов, отпечатками водорослей хорошей сохранности, многочисленными ихнофоссилиями *Planolites*. Породы содержат богатые и представительные комплексы фораминифер, бентосных и планктонных, состоящие из 68 видов. В составе комплексов доминируют *Spiroplectamina variabilis*, *Eponides sibiricus*, *Cibicides gankinoensis*, *Epistomina fax*, *Anomalinoidea neckajae*, *Cibicoides aktulagayensis*, *Cibicoides primus* (см. фототаблицу, фиг. 2). Вмещающие комплекс отложения сопоставляются со слоями с *Bolivina decurens* – *Bolivinooides senonicus*, нижней части зоны *Spiroplectamina variabilis*, *Gaudryina rugosa spinulosa* нижнего маастрихта [Ксенева, Ксенева, 2010]. Стратиграфическое положение интервала – нижняя часть нижнемаастрихтского подъяруса. Определение фораминифер выполнено В.А. Мариновым.

Методика исследований

Лабораторная обработка образцов по извлечению фораминифер из породы проводилась по следующей методике. Образцы помещались в 10 %-й раствор кальцинированной соды и выдерживались несколько суток. Затем проводилось дробление породы с помощью пресса. Порода разбивалась на кусочки размером не больше 1 см в диаметре. Далее образцы помещались в сушильный шкаф на несколько часов. Потом снова замачивались в содовом растворе на 1 сут. После 5–10 циклов просушивания и замачивания образцы кипятились несколько часов в содовом растворе. Затем промывались под струей воды на сите с ячейей 0,68 мм. Смывался осадок струйкой воды в фарфоровую чашку, которую ставили затем в сушильный шкаф. Извлечение раковин фораминифер, находящихся в высушенном осадке, производилось под бинокулярным микроскопом МБС-10. Просматривалась фракция мельче 2 мм. Отобранные раковины фораминифер помещались в камеру Франке, затем сортировались по таксономической принадлежности и приклеивались к подложке раковины с помощью сахарного сиропа.

Методика палеомагнитного анализа не отличалась от общепринятой и стандартной [Butler, 1992].

Для палеомагнитных исследований из двух скважин – Северо-Тамаргинской и Западно-Часельской (кузнецовская и ганькинская свиты, нижнеберезовская и верхнеберезовская подсвиты) – отобрано 209 образцов кубиков, представляющих 67 стратиграфических уровней. Ориентированные «верх–низ» образцы для палеомагнитных исследований отбирались равномерно через 0,5–1,0 м пробоотборником А. Бишаева (для 2-сантиметровых образцов-кубиков), или в виде штуфов, из которых вручную изготавливались 2–4 ориентированных образца-кубика в плоскости маркировки и по вертикали керна с ребром грани 2 см. Для обеспечения корректных комплексных исследований при отборе ориентированных образцов параллельно и одновременно отбирались образцы для палеонтологических исследований.

В процессе обработки исследуемых коллекций определялись петромагнитные характеристики пород (начальная магнитная восприимчивость (χ), величина естественной остаточной намагниченности (NRM, J_n)), проводились специальные лабораторные магнитные исследования: анализ кривых насыщения, термомагнитные исследования пород, изучение поведения J_n пород при нагревах и в переменных магнитных полях, компонентный анализ NRM.

Измерения величины магнитной восприимчивости и ее температурной зависимости были проведены на двухчастотном каппаметре Bartington MS2 (Великобритания). Измерение естественной остаточной намагниченности проводилось на приборе JR-6A. Пошаговая магнитная чистка температурой и переменным магнитным полем проводилась с использованием немагнитной печи TD48 (США), установки LDA-3A и размагничивающей установки переменного магнитного поля (криогенный магнитометр 2G Enterprises (США)).

Компонентный анализ палеомагнитных данных осуществлялся с помощью программы Remasoft 3.0 путем анализа и интерпретации диаграмм Зийдервельда [Zijderveld, 1967] и графиков размагничивания NRM.

Результаты палеомагнитных исследований

Магнитные свойства пород. Петромагнитные параметры исследованных пород характеризуются низкими значениями: начальная магнитная восприимчивость (χ) варьирует в пределах $(0,02–22,6) \times 10^{-5}$ ед. СИ, естественная остаточная намагниченность меняется от 0,01 до 0,58 мА/м. Самыми низкими петромагнитными параметрами обладают глины и алевролиты нижнеберезовской подсвиты.

Для исследуемых пород фактор Кенигсбергера (Q_n) много меньше 1 и изменяется от 0,03 до 0,3, что

косвенно свидетельствует об ориентационной природе намагниченности.

Была исследована зависимость NRM от χ . На рис. 2 показано распределение скалярных магнитных параметров. Естественная остаточная намагниченность и

магнитная восприимчивость имеют в целом линейное распределение, что отражает зависимость величин этих параметров в основном от концентрации магнитных минералов. Это характерно особенно для образцов из скважины 59P.

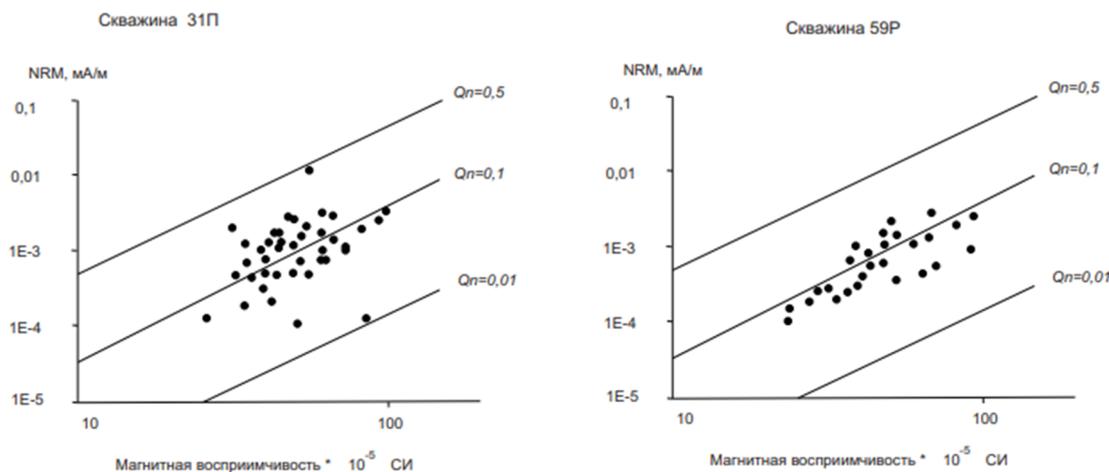


Рис. 2. Распределение магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности в скважинах 31П и 59P

Fig.2. Distribution of magnetic susceptibility and natural remanence in wells 31P and 59P

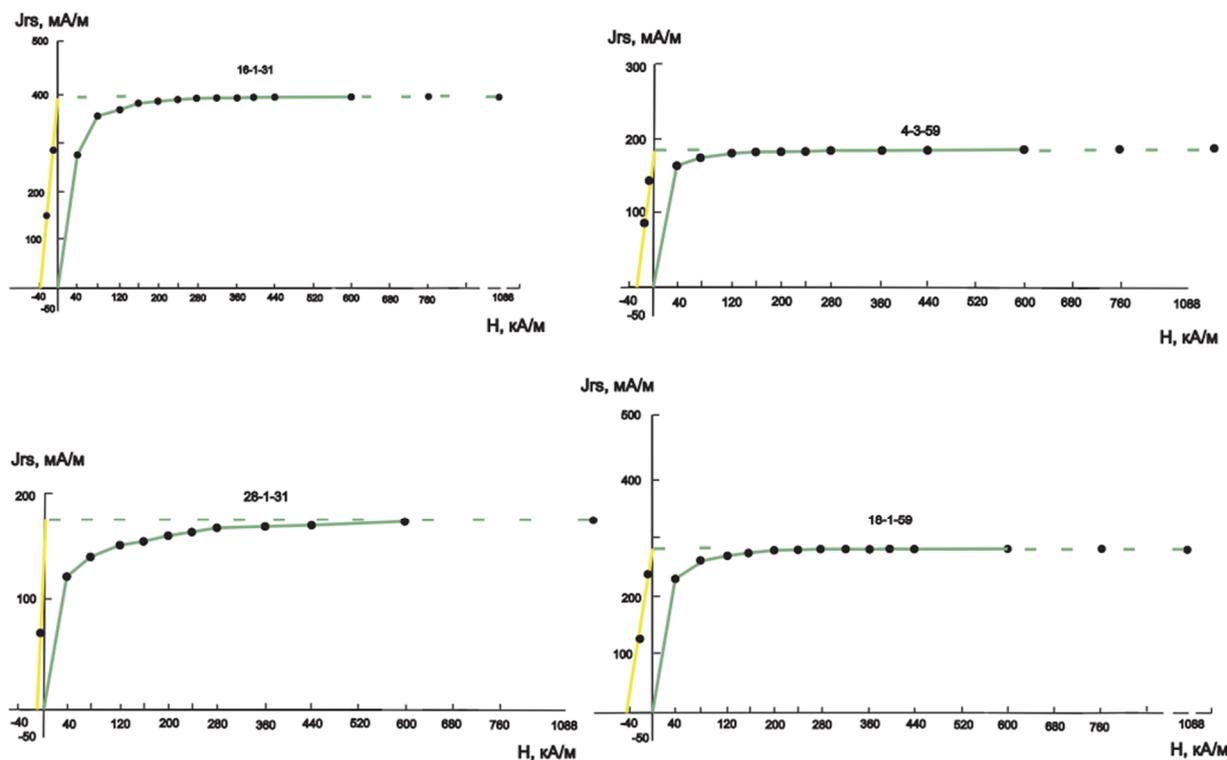


Рис. 3. Графики нормального намагничивания образцов пород $J_{rs}(H)$. J_{rs} – остаточная намагниченность насыщения, H – напряженность магнитного поля

Fig. 3. Graphs of normal magnetization of rock samples $J_{rs}(H)$. J_{rs} – saturation remanent magnetization, H – magnetic field strength

Естественная остаточная намагниченность в породах целиком зависит от наличия частиц магнитных минералов. Расчетные отношения фактора Кенигсбергера меньше единицы, что свидетельствует об ориентационной (детритной) природе намагниченности [Гужиков и др., 2012; Гужиков, Пронин, 2015], а также о преобладании индуцированной намагниченности над естественной остаточной намагниченностью пород. О детритной намагниченности свидетельствует также литологический состав. Исследуемые отложения – это осадочные терригенные породы – глины, алевролиты, песчаники. Входящие в их состав аллотигенные магнитные минералы являются носителями ориентационной остаточной намагниченности.

Для определения магнитных минералов – носителей намагниченности были получены и проанализированы графики нормального намагничивания (кривые насыщения) и изучена зависимость магнитной восприимчивости от температуры. По результатам магнитного насыщения в исследуемых отложениях присутствуют магнитомягкие магнитные минералы (см. рис. 3).

Также для диагностики магнитных минералов использовался метод термокаппаметрии. Проводилось наблюдение за поведением магнитной воспри-

имчивости при непрерывном нагревании (рис. 4). В начале процесса нагрева образцов значения χ находятся в принудеальной области, что говорит об очень слабой магнитной восприимчивости исследуемых пород. Для большинства проведенных экспериментов графики нагрева идентичны. В частности, при нагреве наблюдаются широкие пики с максимумом при температуре 520 °С. В процессе остывания во всех образцах также наблюдается идентичное поведение магнитной восприимчивости – кривые охлаждения в области температур 420–100 °С сглажены и проходят выше кривых нагрева (рис. 4). Результаты термокаппаметрии свидетельствуют о присутствии в породах сидерита и сульфида железа (пирит) [Буров, Ясонов, 1979; Минюк и др., 2013]. О присутствии в породах сидерита свидетельствуют также минералогические исследования и результаты рентгеновского микронзондового анализа (микронзонд EPMA) в заданных точках в сантон-кампанских образцах. Алевролиты, аргиллиты и алевролитистые глины часто содержат примесь сидерита до 3 % и скрытокристаллического пирита до 1–2 %. Пирит не обладает магнитными свойствами, но при определенных условиях может быть поставщиком в состав пород ферромагнитных образований, таких как магнетит, маггемит, гематит, гетит, пирротин.

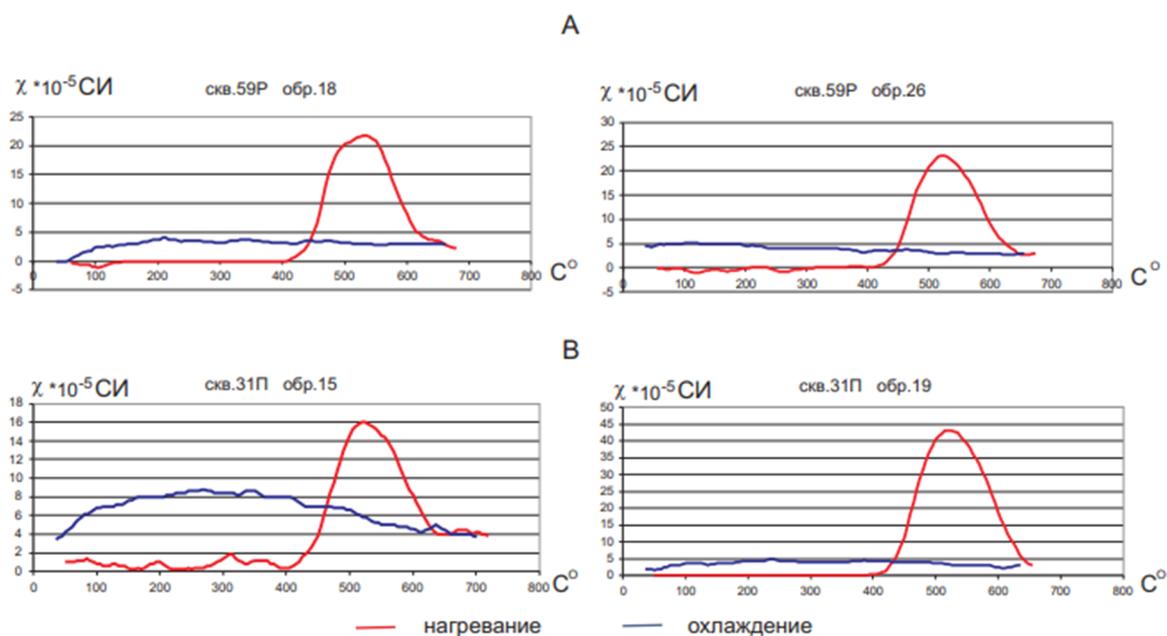


Рис. 4. Изменение магнитной восприимчивости от температуры для скважин: А – Северо-Тамаргинская; В – Западно-Игольская

Fig. 4. Change in magnetic susceptibility with temperature for wells: А – Severo-Tamarginskaya; В – Zapadno-Igolskaya

Для выделения из естественной остаточной намагниченности характеристической (первичной)

компоненты, сформировавшейся в период образования пород, был выполнен компонентный анализ NRM –

проведены эксперименты по ступенчатому размагничиванию переменным магнитным полем и терморазмагничиванию. Эксперименты по размагничиванию показали, что для пород кузнецовской (верхи) и

ганькинской свит, нижеберезовской и верхнеберезовской подсвит наиболее эффективным методом очистки является размагничивание переменным магнитным полем.

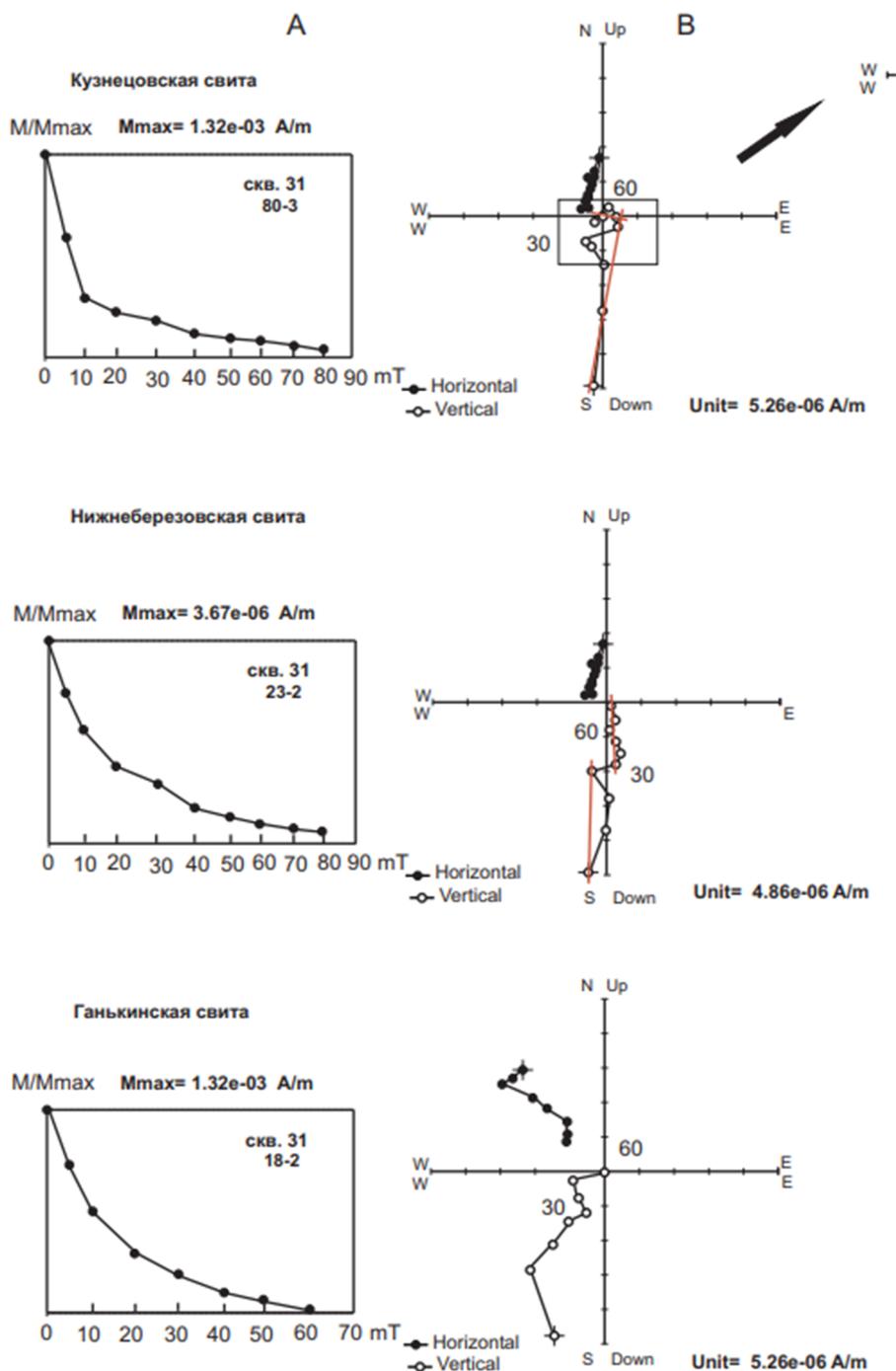


Рис. 5. Графики размагничивания переменным полем NRM и диаграммы Зийдвервелда для ганькинской, нижеберезовской, кузнецовской свит

Здесь и на рис. 6: А – нормализованная кривая спада намагниченности; Б – диаграмма Зийдвервелда, проекция NRM на горизонтальную (залитые точки) и вертикальную (полые точки) плоскости

Fig. 5. Plots of demagnetization by the NRM alternating field and Zijderveld diagrams for the Gankinskaya, Nizhneberezhovskaya, and Kuznetsovskaya formations

Here and in the Fig. 6: A – normalized magnetization decay curve; B – Zijderveld diagram, NRM projection on the horizontal (filled points) and vertical (hollow points) planes

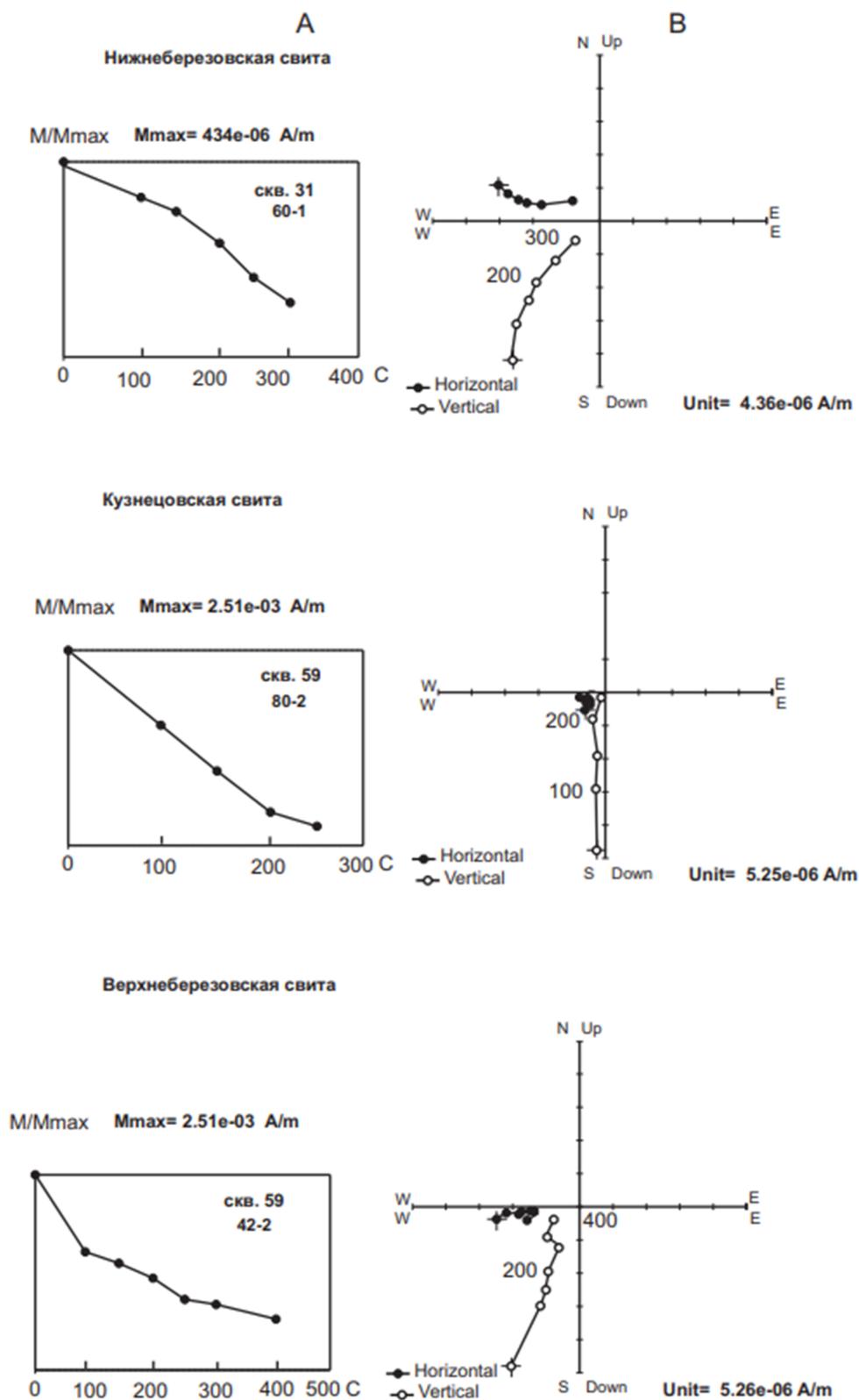


Рис. 6. Графики терморазмагничивания NRM и диаграммы Зийдервелда для верхнеберезовской, нижнеберезовской, кузнецовской свит

Fig. 6. Plots of NRM thermal demagnetization and Zijderveld diagrams for the Upper Berezovo, Lower Berezovo, and Kuznetsovo formations

Для этих пород по результатам чистки переменным магнитным полем установлено присутствие двух компонент намагниченности – нестабильной (низкокоэрцитивной) и стабильной (высококоэрцитивной). Детальность чистки, как правило, составляла 7–9 шагов, в зависимости от стабильности коэрцитивного спектра магнитных минералов – носителей намагниченности. Чистка производилась в полях до 80 мТл на размагничивающем устройстве переменного поля в высокочувствительном криогенном магнитометре 2G-Enterprises. Низкокоэрцитивная компонента разрушается небольшими переменными магнитными полями в 20–30–40 мТл, высококоэрцитивная, принимаемая нами за характеристическую ($ChRM$) первичную компоненту естественной остаточной намагниченности, сохраняется до 80 мТл (см. рис. 5). Терморазмагничивание удалось выполнить, за редким исключением, только до температур 300–350–400 °С (см. рис. 6). После прогрева образцов пород до этих температур наблюдался резкий подъем магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности, что свидетельствует о фазовых переходах магнитных минералов – образование нового ферромагнетика, по-видимому, магнетита. Отсюда следует, что терморазмагничивание не совсем приемлемо для выделения характеристической компоненты в верхнемеловых отложениях, вскрытых исследуемыми скважинами.

Компонентный анализ J_n , выполненный по результатам размагничивания, в основном переменным магнитным полем, позволил выделить характеристическую (первичную) компоненту намагниченности. Доказательством того, что выделенная в результате размагничивания образцов пород переменным магнитным полем характеристическая компонента является первичной, служат следующие доводы: крутые углы наклона в прямо и обратно намагниченных породах, изменения всех петромагнитных параметров снизу вверх, по разрезу не коррелирующие с изменением знака полярности, независимость распределения полярности от литологического состава пород.

Скважина 31П. Отложения этой скважины представлены снизу–вверх: нижнеберезовской, верхнеберезовской подсвитами и ганькинской свитой. В литологическом отношении это глины и алевролиты. Нижнеберезовская подсвита (интервалы глубин 825,0–835,0 и 781,0–785,0 м) сложена чередованием кремнистых глинистых алевролитов с зернами глауконита и с горизонтами алевритов. Для палеомагнитных исследований из отложений нижнеберезовской подсвиты этой скважины было отобрано 80 ориентированных образцов-кубиков, представляющих 26 стратиграфических уровней. Верхнеберезовская подсвита (интервал глубин 763,0–768,7 м)

представлена чередованием опоковидных глин и серых листоватых размокающих глин с зернами глауконита. Для палеомагнитных исследований из отложений верхнеберезовской подсвиты было отобрано 13 ориентированных образцов-кубиков, представляющих четыре стратиграфических уровня. Ганькинская свита (интервал глубин 710,0–725,0 м) образована карбонатными глинами с прослоями опоковидных глин. Для палеомагнитных исследований из отложений ганькинской свиты в скважине 31П было отобрано 30 ориентированных образцов-кубиков, представляющих 10 стратиграфических уровней.

В целом для верхнемеловых пород скв. 31П величина магнитной восприимчивости варьирует в пределах $0,5–22,6 \times 10^{-5}$ ед. СИ, естественная остаточная намагниченность находится в диапазоне от 0,08 до 0,58 мА/м, фактор Кенигсбергера меньше 1. Максимальными значениями магнитной восприимчивости обладают породы ганькинской свиты ($\chi_{max} = 22,6 \times 10^{-5}$ ед. СИ). Минимальные значения магнитной восприимчивости имеют алевролиты нижнеберезовской подсвиты свиты ($\chi_{min} = 0,5 \times 10^{-5}$ ед. СИ). Максимальные значения естественной остаточной намагниченности характерны для глин ганькинской свиты ($I_{nmax} = 0,58$ мА/м), минимальные значения соответствуют породам нижнеберезовской подсвиты ($I_{nmin} = 0,08$ мА/м).

Магнитное наклонение в интервале глубин 825,0–835,0 и 781,0–785,0 м в этой скважине изменяется от 40 до 68°. Таким образом, отложения нижней и верхней частей нижнеберезовской подсвиты имеют прямую полярность. Углы наклона на уровне глубин 763,0–768,7 м меняются от 39 до 72°. Верхнеберезовская подсвита имеет в верхней части – прямую полярность. Магнитное наклонение в интервале глубин 710,0–725,0 м изменяется в обратном сегменте от –53 до –12°, что дает возможность зафиксировать в отложениях ганькинской свиты обратную полярность геомагнитного поля. Было проведено сопоставление палеомагнитных и палеонтологических данных. В результате: нижнеберезовская подсвита в нижней части датируется поздним мелом, коньяк-сантоном (K_2k-st), в низах верхней части свиты возраст отложений также поздний мел, коньяк-сантон (K_2k-st), возраст верхов этой свиты определен как поздний мел, ранний кампан (K_2km_1), а выше – поздний мел, поздний кампан (K_2km_2). Ганькинская свита в нижней части имеет обратную намагниченность и датируется ранним маастрихтом (K_2mt_1).

Скважина 59Р. Отложения этой скважины представлены снизу вверх: кузнецовской свитой, нижнеберезовской и верхнеберезовской подсвитами. В литологическом отношении это глины и алевролиты. Кузнецовская свита (интервал глубин 881,0–888,8 м) сложена комковатыми глинами с прослоями

литифицированных алевритистых глин. Для палеомагнитных исследований из отложений кузнецовской свиты было отобрано четыре ориентированных образца-кубика, представляющих два стратиграфических уровня. Нижнеберезовская подсвита (интервалы глубин 875,0–881,0 м) представлена кремново-серыми, кремнистыми глинистыми алевролитами с зернами глауконита, обломками раковин двустворок, осколками опок, а также конкреционными алевритами. Для палеомагнитных исследований из отложений нижнеберезовской подсвиты было отобрано 32 ориентированных образца-кубика, представляющих 10 стратиграфических уровней. Верхнеберезовская подсвита (интервал глубин 828,0–835,7 м) сложена опоковидными глинами с зернами глауконита. Для палеомагнитных исследований из отложений верхнеберезовской подсвиты было отобрано 50 ориентированных

образцов-кубиков, представляющих 15 стратиграфических уровней.

В целом верхнемеловые отложения скв. 59Р, как и скв. 31П, относятся к классу слабомагнитных пород. Магнитная восприимчивость меняется в пределах $0,3\text{--}8,5 \times 10^{-5}$ ед. СИ, величина естественной остаточной намагниченности варьирует от долей единицы до 0,17 мА/м. Фактор Кенигсбергера (Q_n) изменяется в пределах единицы. Максимальными значениями магнитной восприимчивости обладают породы нижнеберезовской подсвиты ($\chi_{\max} = 8,5 \times 10^{-5}$ ед. СИ). Минимальные значения магнитной восприимчивости имеют глинистые алевролиты верхнеберезовской подсвиты ($\chi_{\min} = 0,3 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ). Максимальные значения естественной остаточной намагниченности характерны для пород нижнеберезовской подсвиты ($I_{n_{\max}} = 0,17$ мА/м), минимальные значения – для глин кузнецовской свиты ($I_{n_{\min}} = 0,02$ мА/м).

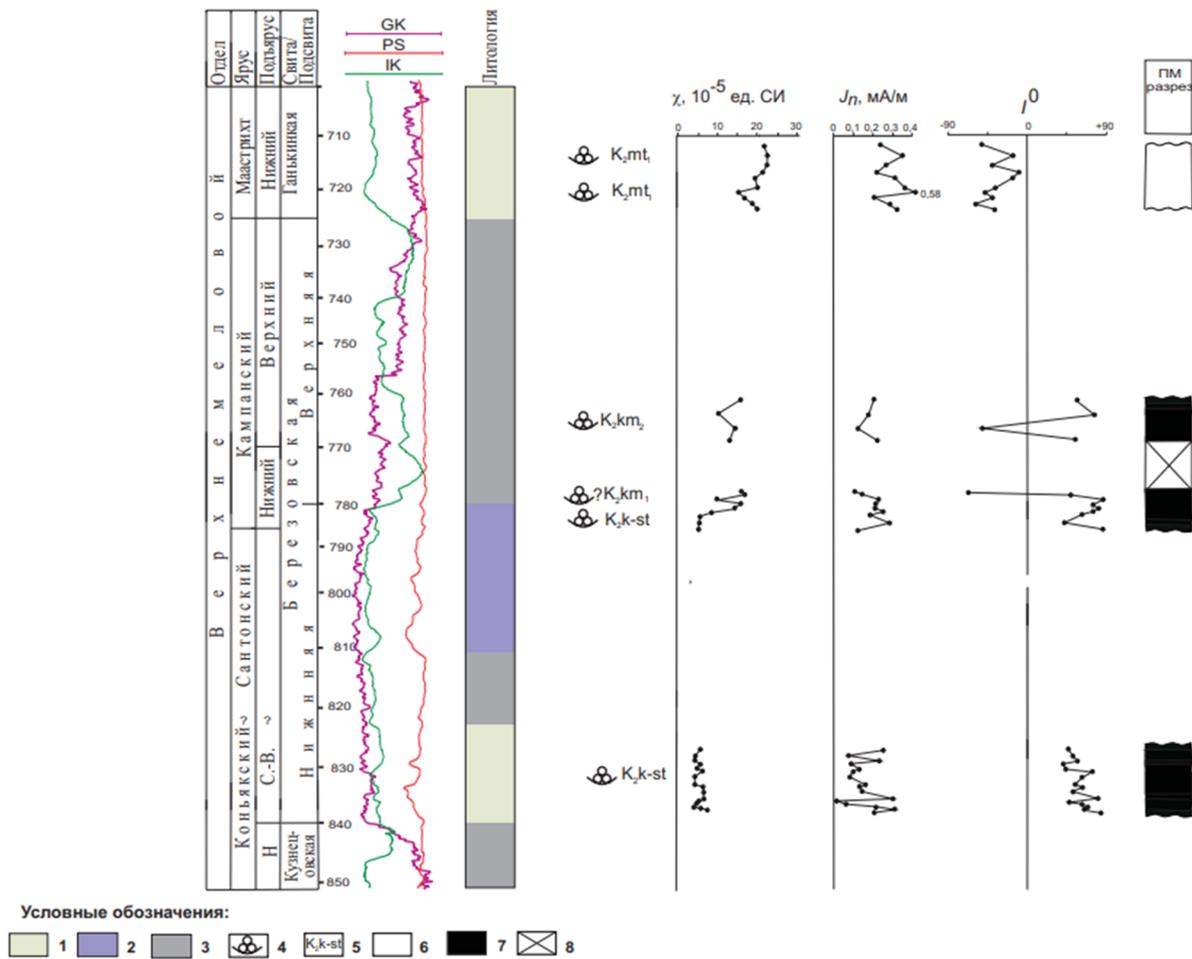


Рис. 7. Магнитостратиграфический разрез скв. Западно-Игольская 31П

Здесь и на рис. 8: 1 – алевролиты глинистые; 2 – опоки; 3 – глины; 4 – находки фауны; 5 – возрастная датировка; полярности геомагнитного поля: 6 – обратная полярность, 7 – прямая полярность; 8 – нет данных; GK – радиоактивный каротаж, PS – каротаж потенциала собственной поляризации, IK – каротаж кажущегося сопротивления

Fig. 7. Magnetostratigraphic section of well Zapadno-Igolskaya 31P

Here and in the Fig. 8: 1 – clayey siltstones; 2 – flasks; 3 – clay; 4 – finds of fauna; 5 – age dating; polarity of the geomagnetic field: 6 – reverse polarity, 7 – direct polarity; 8 – no data; GK – radioactive log, PS – self-polarization potential log, IK – apparent resistivity log

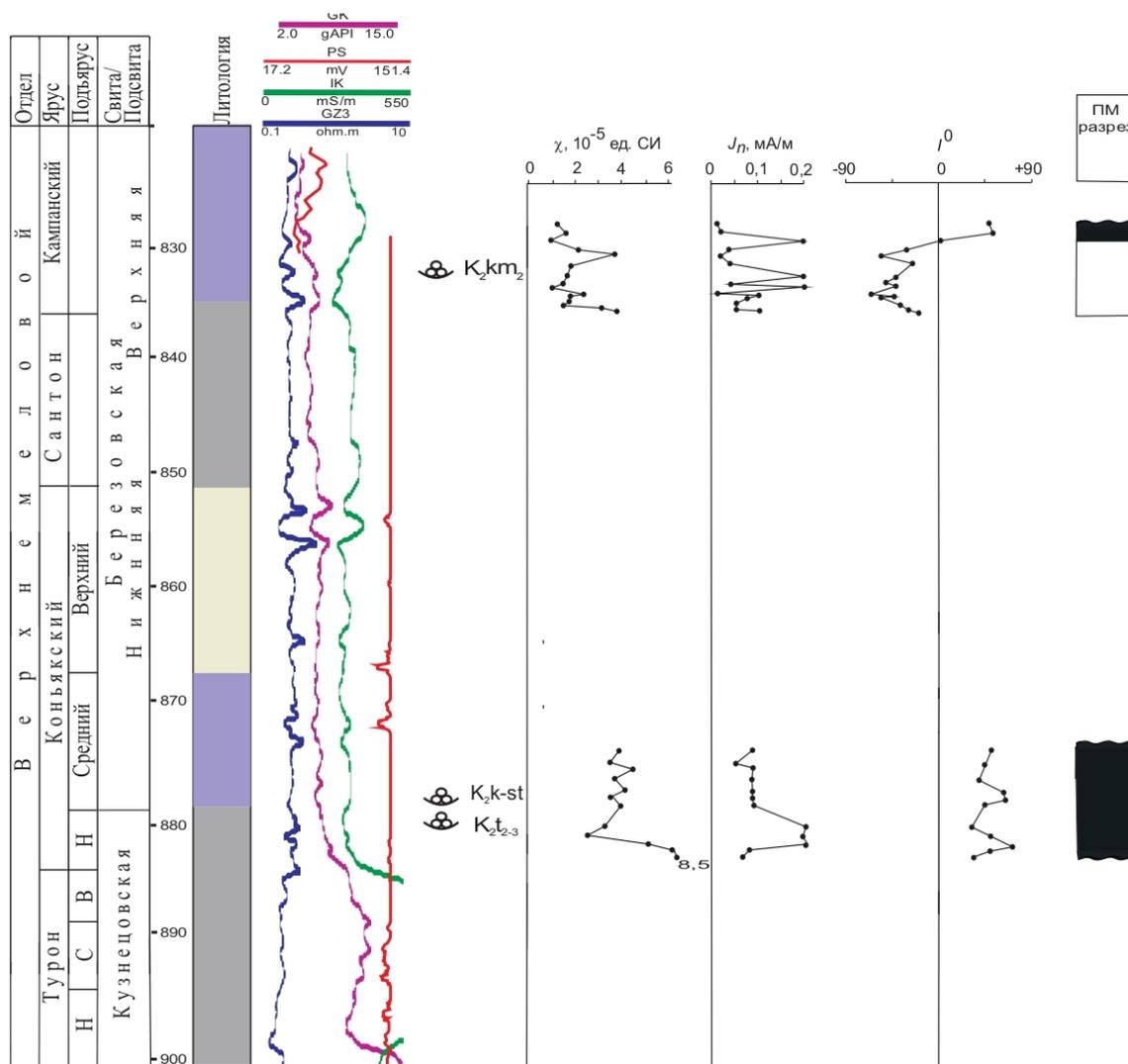


Рис. 8. Магнитостратиграфический разрез скв. Северо-Тамаргинская 59Р

Fig. 8. Magnetostratigraphic section of well Severo-Tamarginskaya 59R

Магнитное наклонение в диапазоне глубин, соответствующих кузнецовской свите и нижней части нижнеберезовской подсвиты, изменяется от 40 до 86°. Таким образом, данные отложения имеют прямую полярность. Углы наклоения на уровне глубин 835,0–830,0 м меняются от –63 до –12°, что дает возможность зафиксировать в большей части верхнеберезовской подсвиты обратную полярность. Палеонтологические данные позволили привязать палеомагнитный разрез к ярусной шкале. Прямо намагниченные низы нижнеберезовской подсвиты датируются поздним мелом, средним-поздним туроном (K_2t_{2-3}), а преимущественно обратно намагниченная часть верхнеберезовской подсвиты датируется поздним мелом, кампаном (K_2km_2).

На основе характеристической компоненты намагниченности были построены палеомагнитные разрезы скважин Северо-Тамаргинской 59Р и Западно-Игольской 31П, отложения которых

характеризуются прямой и обратной полярностью, а на основании биостратиграфических данных палеомагнитные разрезы исследованных скважин были привязаны к региональной стратиграфической схеме и получили ранг магнитостратиграфических разрезов (см. рис. 7, 8).

Сравнивая между собой магнитостратиграфические разрезы скважин 59Р и 31П, можно выполнить следующие сопоставления (рис. 9). Прямо намагниченные верхи кузнецовской свиты (турон) и нижней части нижнеберезовской подсвиты (коньяк–сантон) в скв. 59Р и прямо намагниченная нижняя часть и кровля нижнеберезовской подсвиты в скв. 31П, (коньяк–сантон) образуют магнитозону прямой полярности (NK_2t-st), которая может быть сопоставлена с фрагментом магнитозоны прямой полярности $NK_{1-2}(al-st)$ регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела Западной Сибири (Гнибиденко и др., 2020) и

фрагментом хрона прямой полярности С34 шкалы Ogg [Ogg, 2020]. В основном обратно намагниченная часть верхнеберезовской подсвиты в скважине 59Р, датированная кампаном, и в скважине 31П прямо намагниченные части, датированные ранним и поздним кампаном, могут быть объединены в единую магнитозону обратной полярности R_1K_2km , сопоставляемую с магнитозонной R_1K_2km регионального магнитостратиграфического

разреза [Гнибиденко и др., 2020] и фрагментом хрона обратной полярности С33г шкалы Ogg. Обратно намагниченная нижняя часть ганькинской свиты в скважине 31П, датированная ранним маастрихтом, сопоставляется с магнитозонной R_2K_2mt регионального магнитостратиграфического разреза [Гнибиденко и др., 2020] и хроном или фрагментом хрона С31г шкалы Ogg [Ogg, 2020].

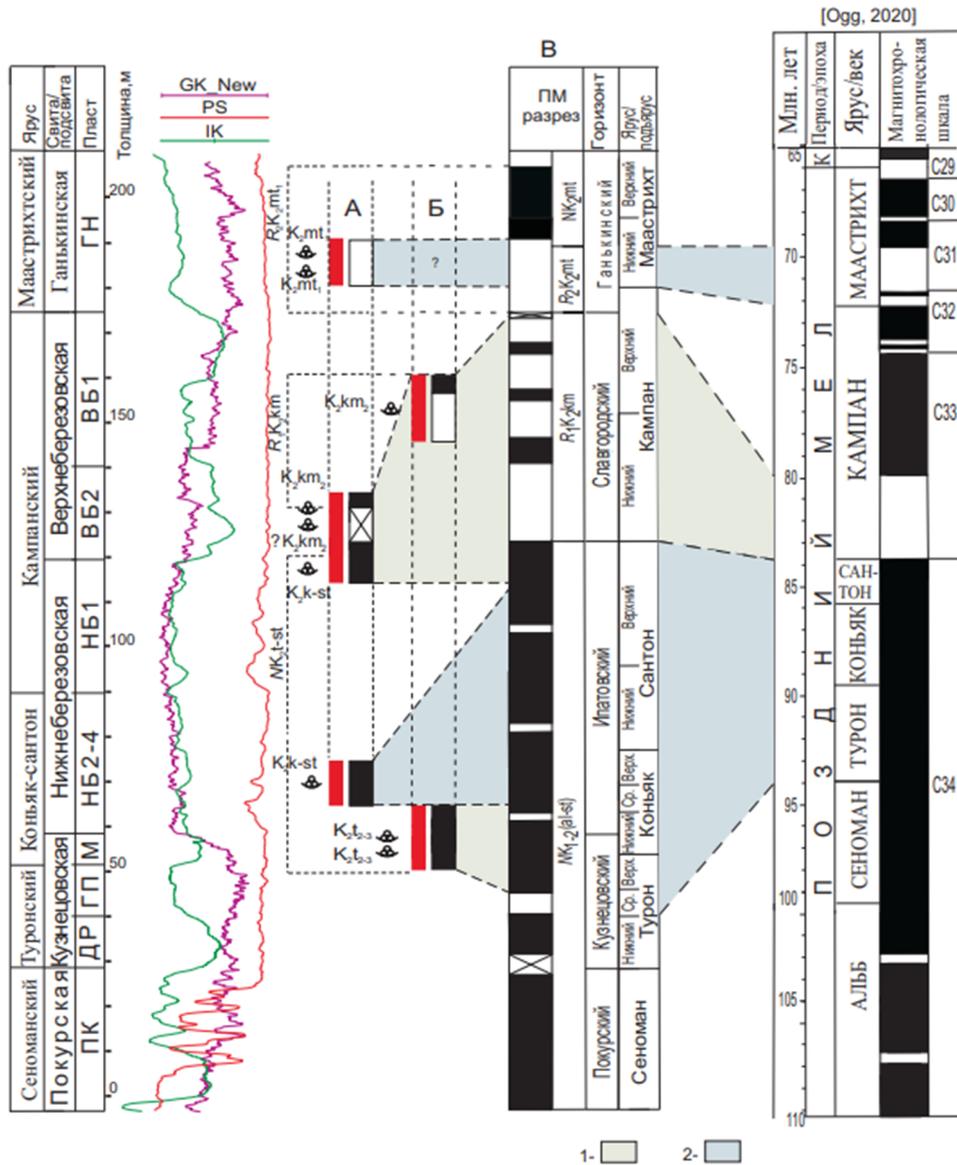


Рис. 9. Магнитостратиграфические разрезы скважин Западно-Игольской 31П и Северо-Тамаргинской 59Р и их сопоставление с региональным магнитостратиграфическим разрезом верхнего мела юга Западной Сибири [Гнибиденко и др., 2020]
 Данные вынесены на разрез скважины Западно-Игольская 31П. 1 – интервалы уверенной корреляции, 2 – интервалы предположительной корреляции. Остальные условные обозначения указаны на рис. 7

Fig. 9. Magnetostratigraphic sections of the wells Zapadno-Igolskaya 31P and Severo-Tamarginskaya 59R and their comparison with the regional magnetostratigraphic section of the Upper Cretaceous in the south of Western Siberia [Gnibidenko et al., 2020]
 The data were taken to the section of the Zapadno-Igolskaya 31P well. 1 – intervals of confident correlation, 2 – intervals of presumptive correlation. Other symbols are shown in the Fig. 7

Также можно провести сопоставления с некоторыми опорными разрезами верхнего мела других регионов, таких как разрез Терсис (Франция), разрезы Туаркыра, Кавказа, Копетдага, а также разрезы Поволжья. Так, магнитозона R_1K_2km коррелирует с соответствующими магнитозонами разрезов Поволжья («Большевик» и «Коммунар») [Гужиков и др., 2014; Олферьев и др., 2009а, б]. Проводя корреляцию с разрезом Терсис (Франция), можно сопоставить магнитозону 31R этого разреза с магнитозоной $R_2K_2mt_1$ скважины 31П.

Заключение

Впервые для центральной части Западной Сибири составлен магнитостратиграфический разрез по результатам проведенных комплексных (палеомагнитных и стратиграфо-палеонтологических) исследований керна двух скважин – Северо-Тамаргинской 59Р и Западно-Игольской 31П, вскрывших кузнецовскую и ганькинскую свиты, нижнеберезовскую и верхнеберезовскую подсвиты во временном диапазоне: средний турон–нижний маастрихт. В этом разрезе зафиксированы три магнитозоны – одна прямой полярности $MK_2(t-st)$ и две обратной – R_1K_2km и $R_2K_2mt_1$,

сопоставленные с магнитозонами регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела юга Западной Сибири [Гнибиденко и др., 2020] и хронами мировой шкалы магнитной полярности Огга [Ogg, 2020]. Магнитозона прямой полярности $MK_2(t-st)$ (кузнецовская свита, нижнеберезовская подсвита; турон, коньяк, сантон) сопоставлена с фрагментом магнитозоны прямой полярности $MK_1-2(al-st)$ регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела Западной Сибири и хроном или фрагментом хрона С34 шкалы Огга. Магнитозона обратной полярности R_1K_2km (верхнеберезовская подсвита, кампан) сопоставляется с магнитозоной R_1K_2km регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела юга Западной Сибири и фрагментом хрона обратной полярности С33г шкалы Огга, а магнитозона обратной полярности $R_2K_2mt_1$ (ганькинская свита, нижний маастрихт) – с магнитозоной $R_2K_2mt_1$ регионального магнитостратиграфического разреза юга Западной Сибири и хроном или фрагментом хрона С31г шкалы Огга.

Составленный магнитостратиграфический разрез верхнего мела центральной части Западной Сибири будет являться одним из фрагментов шкалы магнитной полярности верхнего мела Западной Сибири.

Список источников

- Буров Б.В., Ясонов П.Г.** Введение в дифференциальный термомагнитный анализ. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1979. 159 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., Семаков Н.Н., Русанов Г.Г.** Палеомагнетизм и магнитостратиграфия верхнемеловых и пограничных мел-палеогеновых отложений юга Кулундинской впадины (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 1. С. 105–117.
- Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Маринов В.А., Смолянинова Л.Г., Семаков Н.Н.** Палеомагнитные исследования верхнемеловых отложений севера Западной Сибири : материалы 12-й международной школы-конференции «Проблемы Геокосмоса». Санкт-Петербург, Петергоф, 8–12 октября 2018 г. СПб., 2018. С. 58–63.
- Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Маринов В.А., Смолянинова Л.Г., Семаков Н.Н.** Палеомагнетизм и магнитостратиграфия верхнего мела Пур-Тазовского междуречья (север Западной Сибири) : материалы 13-й междунар. школы-конф. «Проблемы Геокосмоса». Санкт-Петербург, Петергоф, 24–27 марта 2021 г. СПб., 2021. С. 125–134.
- Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Смолянинова Л.Г., Маринов В.А.** Магнитостратиграфия верхнего мела Пур-Тазовского междуречья северо-востока Западной Сибири // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород : материалы XXV юбилейной Всероссийской школы-семинара по проблемам палеомагнетизма и магнетизма горных пород (с междунар. участием). Борок, 25–29 сентября 2019 г. Борок, 2019. С. 81–86.
- Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Смолянинова Л.Г., Маринов В.А.** Палеомагнетизм верхнего мела Центральной части Западной Сибири // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы Десятого Всерос. совещания, г. Магадан, 20–25 сент. 2020 г. / под ред. Е.Ю. Барабошкина, А.Ю. Гужикова. Магадан : ОАО «МАОБТИ», 2020. С. 57–60.
- Гужиков А.Ю., Беньямовский В.Н., Барабошкин Е.Ю., Гужикова А.А., Калякин Е.А., Копаевич Л.Ф., Первушов Е.М., Сельцер В.Б., Яковишина Е.В.** Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. тр. / под ред. Е.Ю. Барабошкина, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой, М.А. Афонинной, М.В. Черепановой. Владивосток : Дальнаука, 2014. С. 103–106.
- Гужиков А.Ю., Аркадьев В.В., Барабошкин Е.Ю., Багаева М.И., Пискунов В.К., В. Рудько С.В., Перминов В.А., Маникин А.Г.** Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому–меловому интервалу Восточного Крыма (г. Феодосия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. Т. 20, № 3. С. 35–71.
- Гужиков А.Ю., Пронин А.П.** О возможных источниках магнитных аномалий юга Прикаспийской впадины // Известия Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Наук о Земле. 2015. Т. 15, вып. 3. С. 37–46.
- Дополнения к Стратиграфическому кодексу России.** СПб., 2000. 112 с.

Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И. Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика. 2001. Т. 42 (11–12). С. 1832–1845.

Ксенева Т.Г., Ксенева Е.И. Палеоэкология кампан-маастрихтских фораминифер Западной Сибири // Сборник материалов IV Междунар. симп. Мин. обр. и науки Российской Федерации. Томск, 2010. С. 32–33.

Минюк П.С., Тюкова Е.Э., Субботникова Т.В., Казанский А.Ю., Федотов А.П. Термокаппаметрия природных сульфидов железа Северо-Востока России // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 4. С. 601–614.

Олферьев А.Г., Беньямовский В.Н., Иванов А.В., Овечкина М.И., Сельцер В.Б., Харитонов В.М. Верхнемеловые отложения севера Саратовской области. Статья 1. Разрез карьера «Большевик» в окрестностях Вольска // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2009а. Т. 84, № 2. С. 5–22.

Олферьев А.Г., Беньямовский В.Н., Иванов А.В., Овечкина М.И., Сельцер В.Б., Харитонов В.М. Верхнемеловые отложения севера Саратовской области. Статья 2. Разрез карьера «Большевик» в окрестностях Вольска // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2009б. Т. 84, № 4. С. 29–46.

Подобина В.М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела и палеогена Западной Сибири. Томск : ТГУ, 2009. 432 с.

Butler R.F. Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes. Boston : Blakwell Sci. Publ., 1992. 319 p.

Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. The Geological Time Scale 2012 // The Geologic Time Scale. 2012. Elsevier, 2012. P. 793–853.

Ogg, J.G. Geomagnetic Polarity Time Scale // 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. 254–718.

References

Burov B.V., Yasonov P.G. *Vvedenie v differencialnyi termomagnitnyi analiz gornykh porod*. [Introduction to differential thermomagnetic analysis of rocks]. Kazan. Kazan University Publishing House. 1979. 160 p. In Russian

Gnibidenko Z.N., Kuzmina O.B., Levicheva A.V. Regional Magnetostratigraphy of the Upper Cretaceous and the Cretaceous-Paleogene Boundary in Southern West Siberia as Applied to Complication of the Cretaceous Magnetic Polarity Scale // *Geologija i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 2020. V. 61. No. 9. pp. 1256–1265. In Russian

Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Semakov N.N., Rusanov G.G. Paleomagnetism and magnetostratigraphy of the Upper Cretaceous and Cretaceous-Paleogene boundary deposits in the south of the Kulunda Basin (West Siberia) // *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2017. V. 58. No. 1. pp. 105–117. In Russian

Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Marinov V.A., Smolyaninova L.G., Semakov N.N. *Paleomagnetnye issledovania verkhnemelovykh otlozhenij severa Zapadnoj Sibiri* [Paleomagnetic studies of Upper Cretaceous deposits of the North of Western Siberia]. Materials of the 12th International School-conference "Problems of Geocosmos" St. Petersburg, Petergof, October 8–12, 2018. St. Petersburg. 2018b. pp. 58–63. In Russian

Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Marinov V.A., Smolyaninova L.G., Semakov N.N. *Paleomagnetism and magnitostratigrafia verkhnego mela Pur-Tazovskogo mezdurechja sever Zapadnoj Sibiri*. [Paleomagnetism and Magnetostratigraphy of the Upper Cretaceous of the Pur-Taz interfluvium of the north of Western Siberia] Materials of the 13th International School-conference "Problems of Geocosmos" St. Petersburg, Petergof, Mart 24–27, 2021. St. Petersburg. 2021. pp. 125–134. In Russian

Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Smolyaninova L.G., Marinov V.A. *Magnitostratigrafia verkhnego mela Pur-Tazovskogo mezdurechja severo-vostoka Zapadnoj Sibiri* [Magnetostratigraphy of the Upper Cretaceous of the Pur-Taz interfluvium of the north-east of Western Siberia] // Paleomagnetism and magnetism of rocks. Materials of the XXV anniversary All-Russian school-seminar on the problems of paleomagnetism and magnetism of rocks. Borok, September 25–29. 2019. Borok. 2019, pp. 81–86. In Russian

Gnibidenko Z.N., Levicheva A.V., Smolyaninova L.G., Marinov V.A. Paleomagnetism verkhnemelovykh otlozhenij tcentra Zapadnoj Sibiri [Paleomagnetism of Upper Cretaceous deposits of the Central of Western Siberia] // Cretaceous system of Russia neighboring countries: problems of stratigraphy and paleogeography: Materials of the 10th conference, Magadan, 20–25 sent. 2020 g. / edition by. E.Yu. Baraboshkin, A.Yu. Guzhikov. Magadan: OAO «МАОВТИ», 2020. pp. 57–60. In Russian

Guzhikov A.Yu., Arkadiev V.V., Baraboshkin E.Yu., Bagaeva M.I., Piskunov V.K., Rudko S.V., Perminov V.A., Manikin A.G. *Novye sedimentologicheskie, bio-, i magnitostratigraficheskie dannye po pogranichnomu jursko-melovomu intervaly vostochnogo Kryma (Feodosia)* [New sedimentological, bio- and magnetostratigraphic data on the boundary Jurassic-Cretaceous interval of the Eastern Crimea (Feodosia)] // *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya* [Stratigraphy. Geological correlation]. 2012. V. 2. No. 3. pp. 35–74. In Russian

Guzhikov A.Yu., Pronin A.P. *O vozmozhnykh istochnikakh magnitnykh anomalij juga Prikaspijskoj vpadiny* [On possible sources of magnetic anomalies in the south of the Caspian depression] // Bulletin Saratov University. Nov. ser. Ser. Earth Sciences. 2015. V. 15, No. 3. pp. 38–45. In Russian

Dopolneniy k stratigraficheskomy kodeksy Rossii [Addendums to the Stratigraphic Code of Russia // VSEGEI, St. Petersburg, 2000. 112 p. In Russian

Kontorovich V.A., Belyaev S.Yu., Kontorovich A.E., Krasavchikov V.O., Kontorovich A.A., Suprunenko O.I. *Tektonicheskoe stroenie i istoria razvitiya Zapadno-Sibirskoj geosineklizy v mezozoe i kainozoe* [Tectonic structure and history of development of the West Siberian geosyncline in the Mesozoic and Cenozoic] // *Geologija i geofizika* [Russian Geology and Geophysics]. 2001. V. 42 (11–12), pp. 1832–1845. In Russian

Kseneva T.G., Kseneva E.I. *Paleoekologiya kampan-maastrihtskih foraminifer Vostochnoi Sibiri* [Paleoecology campan-maastrihtskih foraminifer West Siberia] // Materials of the IV International symposium Minobr. RF, TGU, International palaeontological association, 2010. pp. 32–33. In Russian

Minyuk P.S., Tyukova E.E., Subbotnikova T.V., Kazansky A.Yu., A.P. Fedotov A.P. *Termokappametriya prirodnykh sulfidov zheleza Severo-Vostoka Rossii* [Thermal magnetic susceptibility data on natural iron sulfides of northeastern Russia] // *Geologija i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 2013. V. 54. No. 4. pp. 464–474. In Russian

Podobina V.M. *Foraminifery i biostratigrafia verkhnego mela i paleogena Zapadnoj Sibiri* [Foraminifera and biostratigraphy of the Upper Cretaceous and Paleogene of Western Siberia] Tomsk: Publishing House of TSU. 2009. 432 p. In Russian

Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. The Geological Time Scale 2012 // The Geologic Time Scale 2012. Elsevier, 2012. pp. 793–853.

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:

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

E-mail: levicevaav@ipgg.sbras.ru

Гнибиденко З.Н., доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: gnibidenkozn@ipgg.sbras.ru

Смолянинова Л.Г., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: lsmol@yandex.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

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Leviceva A.V., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.

E-mail: levicevaav@ipgg.sbras.ru

Gnibidenko Z.N., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.

E-mail: gnibidenkozn@ipgg.sbras.ru

Smolyaninova L.G., Cand. Sci. (Phys.-Mathem.), Senior Researcher, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.

E-mail: lsmol@yandex.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

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.04.2022; одобрена после рецензирования 19.09.2022; принята к публикации 18.09.2023

The article was submitted 04.04.2022; approved after reviewing 19.09.2022; accepted for publication 18.09.2023