

РЕГИОНАЛЬНЫЙ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ВЕРХНЕГО МЕЛА И ПОГРАНИЧНОГО ПАЛЕОГЕНА ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: К РАЗРАБОТКЕ ШКАЛЫ МАГНИТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ МЕЛА И ПОГРАНИЧНОГО ПАЛЕОГЕНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Гнибиденко З. Н., Кузьмина О. Б., Левичева А. В.

Аннотация

В статье представлены результаты магнитостратиграфических исследований, полученные при изучении верхнего мела и пограничных слоев палеогена на юге Западной Сибири в трех ее районах: Омской впадине (3 скважины), Бакчарском железорудном бассейне (2 скважины), южной части Кулундинской впадины (2 скважины). Полученные данные ориентированы на разработку регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири. По результатам биостратиграфических исследований изученные отложения образовались во временном интервале альб – бартон. По комплексным (палеомагнитным и биостратиграфическим) данным, полученным для семи скважин, построены магнитостратиграфические разрезы, на основе которых разработан региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых и пограничных палеогеновых отложений юга Западной Сибири. В этом разрезе зафиксированы четыре верхнемеловые магнитозоны: две нормальной NK1-2(al-st) и NK2mt и две обратной RK2km и RK2mt полярности, идентифицируемые с аналогами известных магнитных хронов C34, C33r, C31r, C30n, и четыре палеогеновые магнитозоны обратной полярности – R1E1zl, R2E1t, R1E2t-i? R1E2l-b, (первые две – предполагаемые аналоги магнитных хронов C26r, C25r) [Ogg et al., 2016]. В некоторых магнитозонах нормальной и обратной полярности верхнего мела выделены маломощные интервалы (микрозоны) противоположной намагниченности. Созданный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири позволил выявить стратиграфические перерывы в осадочной толще, оценить их объем, кроме того, этот разрез может быть использован для оценки скорости осадконакопления и ввиду планетарности инверсий – для местной, региональной, межрегиональной и глобальной корреляции отложений и геологических событий.

Ключевые слова:

палеомагнетизм, магнитостратиграфия, геомагнитная полярность, магнитозона, верхний мел, палеоген, юг Западной Сибири

РЕГИОНАЛЬНЫЙ МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ВЕРХНЕГО МЕЛА И ПОГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ ПАЛЕОГЕНА ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: К РАЗРАБОТКЕ ШКАЛЫ МАГНИТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ МЕЛА

З.Н. Гнибиденко¹, О.Б. Кузьмина^{1,2}, А.В. Левичева¹

1 - Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия.

E-mail: gnibidenkozn@ipgg.sbras.ru

2 – Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

Z.N. Gnibidenko¹, O.B. Kuzmina^{1,2}, A.V. Levicheva¹

1 - Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Avenue Koptuga, 3, Novosibirsk, Russia, 630090.

E-mail: gnibidenkozn@ipgg.sbras.ru

2 – Novosibirsk State University, Novosibirsk, Str. Pirogova, 2, Russia

Аннотация

В статье представлены результаты магнитостратиграфических исследований, полученные при изучении верхнего мела и пограничных слоев палеогена на юге Западной Сибири в трех ее районах: Омской впадине (3 скважины), Бакcharском железорудном бассейне (2 скважины), южной части Кулундинской впадины (2 скважины). Полученные данные ориентированы на разработку регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири. По результатам биостратиграфических исследований изученные отложения образовались во временном интервале альб – бартон. По комплексным (палеомагнитным и биостратиграфическим) данным, полученным для семи скважин, построены магнитостратиграфические разрезы, на основе которых разработан региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых и пограничных палеогеновых отложений юга Западной Сибири. В этом разрезе зафиксированы четыре верхнемеловые магнитозоны: две нормальной $NK_{1-2}(al-st)$ и NK_{2mt} и две обратной RK_{2km} и RK_{2mt} полярности, идентифицируемые с аналогами известных магнитных хронов $C34$, $C33r$, $C31r$, $C30n$, и четыре палеогеновые магнитозоны обратной полярности – R_1E_1zl , R_2E_1t , $R_1E_2t-i?$ R_1E_2l-b , (первые две – предполагаемые аналоги магнитных хронов $C26r$, $C25r$) [Ogg et al., 2016]. В некоторых магнитозонах нормальной и обратной полярности верхнего мела выделены маломощные интервалы (микрозоны) противоположной намагниченности. Созданный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири позволил выявить стратиграфические перерывы в осадочной толще, оценить их объем, кроме того, этот разрез может быть использован для оценки скорости осадконакопления и ввиду планетарности инверсий – для местной, региональной, межрегиональной и глобальной корреляции отложений и геологических событий.

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

**THE UPPER CRETACEOUS AND BOUNDARY PALEOGENE LAYERS REGIONAL
MAGNETOSTRATIGRAPHIC SECTION OF SOUTH WESTERN SIBERIA: TO
DEVELOPMENT OF THE UPPER CRETACEOUS MAGNETIC POLARITY SCALE OF
WESTERN SIBERIA**

Abstract

The results of magnetostratigraphic researches received when studying deposits of the Upper Cretaceous and the boundary Paleogene layers of the South of Western Siberia in three of its areas are presented in article: Omsk depression (3 wells), Bakchar iron ore basin (2 wells), South of the Kulunda depression (2 wells). The obtained data are focused on development of a basic regional magnetostratigraphic section of the Upper Cretaceous and the boundary Paleogene layers of the South of Western Siberia. By results of biostratigraphic researches, these deposits were formed in time interval Albian – Bartonian. On complex (paleomagnetic and biostratigraphic) to the data obtained for seven wells magnetostratigraphic sections of the Upper Cretaceous and the boundary Paleogene layers of the South of Western Siberia the basic regional magnetostratigraphic section is constructed. In this section four Upper Cretaceous magnetozones are recorded: two normal $NK_{1-2}(al-st)$ and NK_{2mt} and two reversal RK_{2km} and RK_{2mt} of polarity identified with analogs of the known magnetic Chron of C_{34} , C_{33r} , C_{31r} , C_{30n} and four Paleogene magnetozones of reversal polarity – R_1E_{1zl} , R_2E_{1t} , $R_1E_{2t-i?}$, R_1E_{2l-b} , (the first two – estimated analogs of magnetic Chrons C_{26r} , C_{25r}) [Ogg et al., 2016]. In some normal and reversal magnetozones of the Upper Cretaceous, small thickness intervals (microzones) of opposite magnetization are allocated. The created regional magnetostratigraphic section of the Upper Cretaceous and the boundary Paleogene layers of the South of Western Siberia allowed to reveal stratigraphic hiatus in sedimentary thickness, estimate their volume, besides, it can be used for assessment of sedimentation speed and in view of a global reversal – for local, regional, interregional and global correlation of deposits and geological events.

Keywords: paleomagnetism, magnetostratigraphy, geomagnetic polarity, magnetozones, Upper Cretaceous, Paleogene, South of Western Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Разработка региональных магнитостратиграфических разрезов (шкал) для наиболее важных геологических провинций мира является необходимой составной частью исследований по созданию шкалы геомагнитной полярности континентов и общей шкалы геомагнитной полярности, весьма востребованных при изучении эволюции магнитного поля Земли, а также при разработке унифицированных стратиграфических шкал, являющихся основой для решения геологоразведочных задач. На основе распределения векторов естественной остаточной намагниченности пород по шкале геологического времени палеомагнитные разрезы (шкалы) и корреляционные схемы построены весьма неравномерно для различных временных интервалов и геологических провинций мира. Так для одного из крупнейших седиментационных и нефтегазовых бассейнов мира – Западно-Сибирского, за исключением ряда работ отсутствуют палеомагнитные данные по меловому периоду, а для

юга Западной Сибири до последнего времени вообще таких данных не было. Поэтому сведения о палеомагнетизме верхнемеловых и пограничных палеогеновых отложений юга Западной Сибири представляют большой научный и практический интерес.

Первые палеомагнитные исследования мела в Западной Сибири были выполнены полвека назад Г.А. Пospelовой с соавторами. В 1967 году ими [Пospelова и др., 1967] были проведены палеомагнитные исследования меловых пород: в Хатангской впадине на р. Боярке – валанжина и готерива; в районе Анабарской губы – валанжина; а также неокома илекской свиты Чулымо-Енисейской впадины (гора Илек, с. Шестаково, с. Курско-Смоленское). Исследования носили рекогносцировочный характер, в результате было установлено, что изучаемые породы пригодны для палеомагнитных исследований. В палеомагнитном разрезе валанжина было установлено чередование зон нормальной и обратной полярности. Во второй работе Г.А. Пospelовой и Г.Я. Ларионовой [Пospelова, Ларионова, 1971] приведены результаты палеомагнитных исследований континентальных нижнемеловых (валанжин-баррем) отложений илекской свиты Чулымо-Енисейской впадины. Ими выполнено палеомагнитное изучение трех естественных разрезов: на горе Илек (р. Чулым), у с. Шестаково (р. Кия) и у с. Курско-Смоленское (р. Серта). Авторами установлено, что все исследованные породы имеют нормальную полярность. По средним значениям вектора естественной остаточной намагниченности для всех трех изученных естественных разрезов вычислены положения палеомагнитных полюсов, которые расположились в районе Восточносибирского моря, а также подсчитана палеоширота района исследований времени образования пород (раннемеловое время).

Сведения о палеомагнетизме верхнемеловых и пограничных палеогеновых отложений юга Западной Сибири весьма актуальны в связи с уточнением возраста отложений, установлением стратиграфических перерывов и их объемов в осадочной толще, а также в связи с совершенствованием местных и региональных стратиграфических схем.

Планомерные детальные палеомагнитные исследования верхнемеловых отложений на юге Западной Сибири были начаты нами в 2011 году, и на сегодняшний день составлены магнитостратиграфические разрезы семи скважин, вскрывших отложения верхнего мела и пограничных слоев палеогена в трех районах юга Западной Сибири: Омской впадине (скважины 8, 10, 2), Бакчарском железорудном бассейне (скважины С-114, С-124) и в южной части Кулундинской впадины (скважины 23, 19) (рис. 1), составлена корреляционная схема исследованных скважин и разработан региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири – фрагмент шкалы магнитной полярности мела Западной Сибири. Все исследования выполнялись на основе комплексных (палеомагнитных, палеонтологических и геолого-стратиграфических) данных.

Целью настоящей работы является обобщение полученных за последние восемь лет палеомагнитных данных для верхнего мела и пограничных слоев палеогена и разработка на основе этих данных регионального магнитостратиграфического разреза этого временного интервала для юга Западно-Сибирской плиты (ЗСП), который будет являться одним из фрагментов шкалы геомагнитной полярности мела, а затем и мезозоя плиты в целом.

БИОСТРАТИГРАФИЯ

На юге Западной Сибири широко распространены морские и континентальные отложения мела и палеогена. Разрезы верхнего мела и пограничных слоев палеогена в изученных скважинах в трех исследуемых нами районах юга Западной Сибири – Омской впадине, Бакчарском железорудном бассейне и на юге Кулундинской впадины несколько отличаются друг от друга по полноте, генезису, значимости и палеонтологической характеристике. Верхний мел представлен покурской, кузнецовской, ипатовской, славгородской, ганькинской свитами (Омская впадина, Бакчарский бассейн), леньковской и сымской свитами (юг Кулундинской впадины). Он перекрывается палеогеновыми отложениями, сложенными талицкой, люлинворской (Омская впадина), юрковской (Бакчарский бассейн) и островновской (Кулундинская впадина) свитами. Самые полные разрезы верхнемеловых отложений расположены в Омской впадине.

Омская впадина. Покурская свита. Скв. 8 (инт. 593–408 м, мощность 185 м); скв. 10 (инт. 522–368.2 м, мощность 153.8 м); скв. 2 (инт. 441.2–349 м, мощность 92.2 м). Свита, представленная, в основном, континентальными образованиями и охарактеризованная спорами и пылью, а в верхней части – диноцистами, датируется поздним мелом – альбом, сеноманом – туроном [Лебедева и др., 2013; Лебедева, Кузьмина, 2018]. Для пород покурской свиты во всех трех скважинах характерна нормальная полярность геомагнитного поля с двумя интервалами обратной намагниченности мощностью 2 м каждый [Гнибиденко и др., 2012, 2014] (рис. 2). **Кузнецовская свита** с размывом залегает на покурской, мощность ее в скважинах 8, 10, 2 меняется от 28.0 до 7.6 м. Н.К. Лебедевой [Лебедева и др., 2013; Лебедева, Кузьмина, 2018] в свите выделены слои с диноцистами, характерными для нижнего (скв. 10, 2), среднего и верхнего (скв. 8, 10, 2) турона. Кузнецовская свита во всех трех скважинах характеризуется нормальной полярностью с интервалом обратной намагниченности мощностью 17 м в скв. 8. Свита формировалась в морских условиях. **Ипатовская свита.** Мощность ее в скважинах 8, 10, 2 меняется от 40 до 10 м. Свита с размывом залегает на отложениях кузнецовской свиты. Во всех трех скважинах Н.К. Лебедевой [Лебедева и др., 2013; Лебедева, Кузьмина, 2018] установлен комплекс диноцист, позволяющий датировать отложения коньяк-сантоном. При формировании ипатовской свиты продолжали существовать морские условия. В трех исследуемых

скважинах в ипатовской свите фиксируется нормальная полярность геомагнитного поля с двумя интервалами обратной намагниченности мощностью 2 м каждый в скв. 8 и одним интервалом обратной намагниченности мощностью 3 м в скв. 10. Кузнецовская и ипатовская свиты, также, как и покурская в скв. 8, 10, 2 характеризуются нормальной полярностью геомагнитного поля с тремя интервалами обратной намагниченности. А все три свиты вместе – покурская, кузнецовская, ипатовская и самая нижняя часть вышележащей славгородской свиты образуют одну мощную магнитозону нормальной полярности $NK_{1-2}(al-st)$ с пятью интервалами обратной намагниченности в ней [Гнибиденко и др., 2012, 2014] (рис. 2). **Славгородская свита** с локальным размывом залегает на ипатовской, мощность ее в исследуемых скважинах меняется от 60 до 31.8 м. По данным Н.К. Лебедевой [Лебедева и др., 2013; Лебедева, Кузьмина, 2018], свита датируется кампаном. Низы славгородской свиты в скв. 8, 2 имеют нормальную полярность и составляют самую верхнюю маломощную часть магнитозоны $NK_{1-2}(al-st)$, а вся остальная большая часть свиты в скв. 8, 2, а также полностью вся свита в скв. 10 имеет обратную полярность с двумя интервалами нормальной полярности мощностью 2 и 4 м в скв. 10 и 4 и 5 м в скв. 2. Таким образом, большая часть славгородской свиты, характеризующаяся обратной намагниченностью, образует магнитозону обратной полярности и обозначается R_1K_2km [Гнибиденко и др., 2012, 2014] (рис. 2). Формирование отложений происходило в морском бассейне. **Ганькинская свита** с размывом залегает на славгородской, мощность ее меняется от 38.2 до 17.8 м. Свиту характеризуют многочисленные органические остатки, в числе которых диноцисты, споры и пыльца, а также двустворчатые моллюски, аммониты и гастроподы, эти находки позволяют датировать свиту в интервале от позднего кампана до позднего маастрихта [Лебедева и др., 2013; Лебедева, Кузьмина, 2018]. В скважинах 8, 10, 2 свита, имеющая обратную полярность с одним интервалом противоположной намагниченности мощностью 2.5 м в скв. 8, образует вторую магнитозону обратной полярности R_2K_2mt [Гнибиденко и др., 2012, 2014]. Свита формировалась в морских условиях.

Бакчарский железорудный бассейн. В Бакчарском железорудном бассейне в двух изученных нами скважинах С-114 и С-124 представлены сокращенные разрезы верхнего мела по сравнению с таковыми в Омской впадине, здесь задокументированы только славгородская и ганькинская свиты. Расчленение разреза и обоснование возраста отложений проведено на основании палинологических данных: Н.К. Лебедевой – верхнемеловых отложений, О.Б. Кузьминой – палеогеновых отложений [Гнибиденко и др., 2015; Лебедева и др., 2017]. **Славгородская свита** в двух скважинах имеет небольшие мощности (скв. С-114 – инт. 224-192 м, мощность 32 м; скв. С-124 – инт. 224-188 м, мощность 36 м). По данным Н.К. Лебедевой, свита, охарактеризованная диноцистами, датируется кампаном и образует

магнитозону обратной полярности R_1K_2km с интервалами противоположной намагниченности мощностью 2.7 и 6.4 м в скв. С-114 и 10 м – в скв. С-124 [Гнибиденко и др., 2015]. **Ганькинская свита** в скважине С-114 (инт. 190-184 м) имеет мощность 6 м, а в скважине С-124 (инт. 190-183.5 м) ее мощность 6.5 м. В этих отложениях выделены слои с диноцистами, позволяющими датировать их маастрихтом [Гнибиденко и др., 2015; Лебедева и др., 2017]. Они образуют магнитозону нормальной полярности NK_2mt (рис. 2). Для верхнемеловых отложений характерен морской тип осадконакопления. В исследуемых скважинах верхнемеловые отложения с большим перерывом перекрываются палеогеновыми.

Юг Кулундинской впадины. На юге Кулундинской впадины (скв. 23 и 19) были изучены континентальные отложения верхнего мела – леньковская и сымская свиты, представленные глинами, переслаиванием глин и песков, песками. Ранее в публикации 2017 г. [Гнибиденко и др., 2017], согласно геолого-стратиграфической разбивке геолога Г.Г. Русанова, для отложений верхнего мела использовалась ганькинская свита. К настоящему времени Н.К. Лебедевой и О.Б. Кузьминой получены новые биостратиграфические данные [Лебедева и др., 2019], на основании которых в верхнем мелу выделены леньковская и сымская свиты континентального генезиса, которые являются стратиграфическими аналогами морских кузнецовской, славгородской и ганькинской свит, картируемых на юге Западно-Сибирской равнины (Омская впадина, Бакчарский бассейн и др. районы). По палинологическим данным [Лебедева и др., 2019], возраст леньковской свиты оценивается как сеноман-турон, а сымской – кампан–маастрихт.

Палеомагнитный разрез леньковской свиты (интервал 375–297 м) характеризуется нормальной полярностью с тремя интервалами обратной намагниченности мощностью 14.3 и 7 м в скв. 23 и одним интервалом обратной намагниченности мощностью 5 м в скв. 19, а для сымской свиты в скв. 23 (интервал 297–230 м) и в скв. 19 (интервал 340–258 м) характерна обратная полярность (рис. 2).

Пограничные отложения палеогена. Омская впадина. Талицкая свита с перерывом залегает на верхнемеловых отложениях и вскрыта только в скв. 8 (Омская впадина). Она представлена алевритами глинистыми и песками т/з светло-серыми глинистыми и характеризуется комплексом диноцист (рис. 2), который позволяет датировать ее серединой зelandia [Яковлева и др., 2012]. Отложения накапливались в относительно мелководном морском бассейне. В скв. 10 и 2 на ганькинской свите с перерывом залегает нижняя часть **люлинворской свиты** (нижнелюлинворская подсвита) – переслаивание песчаников зеленых кварц-глауконитовых, глин серых и светло-серых, песков светло-серых и опок алевритистых глауконитовых [Яковлева и др., 2012; Лебедева, Кузьмина, 2018]. Отложения содержат стратиграфически важные виды диноцист, что позволяет датировать их

частью танета (верхний палеоцен). Отложения характеризуются обратной полярностью (рис. 2). Осадконакопление происходило в мелководном морском бассейне.

Бакчарский бассейн. В скважинах С-114 и С-124, пробуренных в Бакчарском бассейне, отложения палеоценового возраста по результатам последних биостратиграфических исследований не обнаружены. В публикации 2015 г. в скв. С-114 и С-124 [Гнибиденко и др., 2015] возраст палеоценовых отложений (люлинворская свита) биостратиграфически не обоснован, а определен как палеоцен по геолого-стратиграфическим материалам. По последним биостратиграфическим данным [Лебедева и др., 2017] в скв. С-114 на ганькинской свите с большим перерывом залегает **юрковская свита** (песчаники), являющаяся фаціальным аналогом тавдинской свиты и представляющая регрессивные фации тавдинского моря [Унифицированные..., 2001]. Свита содержит комплекс диноцист с *Rhombodinium ornatum* (*Kisselevia ornata*) и спорово-пыльцевой комплекс *Castanopsis pseudocingulum*, *Castanea crenataeformis*, *Nyssa crassa*, что позволяет датировать ее средним эоценом (бартон) [Лебедева и др., 2017]. Осадки накапливались в мелководной прибрежной обстановке с пониженной соленостью. Свита характеризуется обратной полярностью геомагнитного поля [Гнибиденко и др., 2015] (рис. 2).

Юг Кулундинской впадины. В скважинах на юге Кулундинской впадины отложения палеоценового возраста по результатам последних исследований, также, как и в Бакчаре, не обнаружены. В публикации 2017 г. палеогеновые отложения в скв. 19 и 23 представлены талицкой и люлинворской свитами [Гнибиденко и др., 2017]. Однако на основании новых биостратиграфических данных, полученных Н.К. Лебедевой и О.Б. Кузьминой [Лебедева и др., 2019], вместо морских талицкой и люлинворской свит выделена островновская свита континентального генезиса (рис. 2), которая картируется в Кулундинском и Предалтайском литофаціальных районах Западно-Сибирской равнины и является фаціальным аналогом талицкой, люлинворской и тавдинской свит [Унифицированные..., 2001]. Так, в скв. 19 верхний мел перекрыт отложениями, содержащими спорово-пыльцевой комплекс предположительно, ранне – среднеэоценового возраста с *Tricolporopollenites pseudocingulum*, *Castanopsis pseudocingulum*, *Castanea crenataeformis*, а в скв. 23 на верхнемеловой сымской свите залегают отложения, содержащие среднеэоценовые спорово-пыльцевые комплексы - *Tricolporopollenites cingulum*, *Castanopsis pseudocingulum*, *Castanea crenataeformis* (лютет-бартон) и *Tricolporopollenites cingulum*, *Tricolporopollenites liblarensis*, *Quercus gracilis* (бартон) [Лебедева и др., 2018; 2019]. Палиноморф, характерных для морских отложений, в скв. 19 и 23 не обнаружено. Осадконакопление происходило в условиях континентального (озерного) водоема. Таким образом, на юге Кулундинской впадины меловые отложения перекрыты **островновской свитой** континентального генезиса

[Унифицированные..., 2001]. В изученных скважинах вскрыта часть этой свиты, соответствующая нижнему(?)–среднему эоцену (лютет–бартон). Отложения представлены глинами коричневато-серыми, серыми, темно-серыми и голубовато-серыми алевритистыми (иногда аргиллитоподобными), с углистым рассеянным веществом и песками от бурого до серого оттенка, тонко- и мелкозернистыми, кварц-полевошпатовыми. Эта свита в скв. 23 и 19 характеризуется обратной полярностью с одним интервалом нормальной полярности мощностью 3.5 м в скв. 23 (рис. 2).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика отбора образцов пород и методика палеомагнитных исследований детально освещены в ряде публикаций последних лет [Гнибиденко и др., 2012, 2015, 2017]. Всего на юге Западной Сибири в трех ее локальных седиментационных бассейнах изучено в общей сложности 1600 метров керна, который отобран из семи скважин (756 ориентированных «верх–низ» штуфов, из которых изготовлено 2416 образцов–кубиков). Исследования включали в себя изучение магнитной восприимчивости (χ), величины естественной остаточной намагниченности (NRM, EOH), определения фактора Кенигсбергера ($Q_n = J_n/J_i$), пошаговую магнитную чистку температурой и переменными магнитными полями, компонентный магнитный анализ NRM. Для определения минералов–носителей намагниченности были выполнены термомагнитный анализ (ТМА), дифференциальный термомагнитный анализ (ДТМА), получены кривые насыщения естественной остаточной намагниченности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обобщая петромагнитные и палеомагнитные данные по семи скважинам, изученным в трех локальных бассейнах юга Западной Сибири, отметим, что исследуемые верхнемеловые и палеогеновые отложения по петромагнитным свойствам весьма неоднородны. Самыми низкими значениями магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности обладают глины, алевриты и пески юга Кулундинской впадины (скв. 23, 19). Магнитная восприимчивость этих пород меняется в пределах $1.0\text{--}33 \times 10^{-5}$ ед. СИ, а естественная остаточная намагниченность имеет значения от долей единицы до 8.5 мА/м. Самыми высокими магнитными параметрами обладают глины, алевриты и песчаники, вскрытые в двух скважинах С-114 и С-124 Бакчарского бассейна. Магнитная восприимчивость этих пород варьирует от 25 до 120×10^{-5} ед. СИ, а естественная остаточная намагниченность изменяется от 1.5 до 55 мА/м при средних значениях 70×10^{-5} ед. СИ и 30 мА/м соответственно. Магнитные характеристики исследуемых пород, изученные нами в трех скважинах Омской впадины (8, 10 и 2), имеют промежуточные значения магнитных параметров между таковыми в Бакчарском бассейне и юге Кулундинской впадины.

В упрощенном виде для оценки величины анизотропии было использовано соотношение χ_{\max}/χ_{\min} , которое ввел Т. Нагата [Нагата, 1965]. Исследованные породы обладают невысокой степенью анизотропии магнитной восприимчивости, коэффициент анизотропии для всех исследованных пород колеблется в пределах 1–1.04, т.е. составляет менее четырех сотых процента, и почти не различается в разных типах пород.

Естественная остаточная намагниченность и ее сохранность всецело зависят от свойств носителя палеомагнитной информации – магнитных минералов. Поэтому палеомагнитные исследования практически не отделимы от петромагнитных исследований, так как последние позволяют получить информацию о составе и концентрации магнитных минералов, размере магнитного зерна, магнитной жесткости и позволяют сделать заключение о палеомагнитной стабильности, генезисе минералов-носителей намагниченности и степени их вторичных изменений. В результате мы получаем информацию, зафиксированную в момент образования породы или во время иного известного датируемого события. Значение Q_n меньше единицы указывает на генезис природы намагниченности, в данном случае – ориентационной (детритной) природы NRM [Молостовский, Храмов, 1997]. Об этом свидетельствует также литологический состав пород. Это осадочные породы – глины, алевролиты, аргиллиты и песчаники. Заметим также, что изменения всех петромагнитных параметров по разрезу не коррелируют с изменением знака полярности, а это свидетельствует о независимости направления ChRM от концентрации, состава и структуры магнитных зерен.

Была исследована зависимость NRM от χ . В скв. С-114 и С-124 Бакчарского железорудного бассейна и в скв. 19 в Кулундинской впадине эта зависимость носит четкий линейный характер, что свидетельствует о зависимости этих параметров преимущественно от концентрации магнитных частиц [Гнибиденко и др., 2015, 2017]. В скв. 23, где значения фактора Кенигсбергера лежат в пределах 0.5–0.1, распределение указанных параметров ближе к облачному.

По набору и генезису магнитных минералов-носителей намагниченности породы трех исследуемых бассейнов мало отличаются друг от друга. Основными носителями намагниченности в этих породах являются, главным образом, терригенные магнетит, гематит, титаномагнетит, а в породах Бакчарского бассейна также гидроксиды железа – гетит и гидрогетит [Гнибиденко и др., 2015, 2017].

Компонентный состав NRM был изучен по результатам ступенчатого температурного размагничивания и размагничивания переменным магнитным полем в результате чего была выделена характеристическая компонента [Гнибиденко и др., 2012, 2015, 2017]. По этой компоненте построены частные палеомагнитные, а с привлечением комплексных данных –

магнитостратиграфические разрезы верхнего мела и палеогена для семи исследованных скважин в трех структурно-фациальных зонах.

Были сопоставлены между собой разрезы верхнего мела и палеогена Омско-Ларьяжской (Омская впадина – 3 скв.), Томской (Бакчарский железорудный бассейн – 2 скв.) и Кулундинской (юг Кулундинской впадины – 2 скв.) структурно-фациальных зон и разработан региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых и пограничных палеогеновых отложений юга Западной Сибири, который охватывает аналоги биостратиграфических подразделений от альбского яруса до бартона включительно (рис. 2). Региональный магнитостратиграфический разрез иллюстрирует магнитополярную зональность верхов альбского, сеноманского, туронского, коньякского, сантонского, кампанского, маастрихтского ярусов позднего мела и зеландского, танетского, лютетского и бартонского ярусов палеогена. Достоверность полученных палеомагнитных данных определяется компонентным составом естественной остаточной намагниченности и возможностью выделения ее первичной компоненты, а также сходством палеомагнитного рисунка исследуемых отложений в изученных скважинах с магнитохронологической шкалой [Ogg et al., 2016] и с разрезами одновозрастных отложений других регионов.

В составленном региональном разрезе юга Западной Сибири зафиксированы четыре магнитозоны верхнего мела: две – нормальной $NK_{1-2}(al-st)$ и NK_2mt , две – обратной (R_1K_2km и R_2K_2mt) полярности и четыре магнитозоны обратной полярности палеогена – R_1E_1zl , R_2E_1t , $R_1E_2t-i?$, R_1E_2l-b . В каждой нормальной и обратной магнитозоне верхнего мела выделены интервалы противоположной намагниченности. Для привязки палеомагнитного разреза к региональной стратиграфической схеме были использованы, как было показано выше, палеонтологические данные [Яковлева и др., 2012; Лебедева и др., 2017, 2018, 2019; Лебедева, Кузьмина, 2018]. Таким образом, положение и последовательность магнитозон в магнитостратиграфическом разрезе контролируется биостратиграфическими данными.

Разработанный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена сопоставлен с магнитохронологической шкалой [Ogg et al., 2016] (рис. 2, 3). Первая снизу крупная магнитозона $NK_{1-2}(al-st)$ охватывает отложения от верхов альба до кампана. Три верхние магнитозоны R_1K_2km , R_2K_2mt и N_2K_2mt занимают интервал нижнего кампана и маастрихта. Магнитозона $NK_{1-2}(al-st)$ идентифицируется с хроном C34 шкалы магнитной полярности [Ogg et al., 2016], магнитозона R_1K_2km соответствует хрону C33r, магнитозона R_2K_2mt адекватна хрону C31r, а магнитозона N_2K_2mt занимает нижнюю часть верхнего маастрихта – хроно C30. Две палеогеновые магнитозоны обратной полярности – R_1E_1zl и R_2E_1t могут быть сопоставлены с этой шкалой таким образом: палеоценовая магнитозона обратной полярности R_1E_1zl может соответствовать хрону или

фрагменту хрона C26r, а магнитозона R_2E_{1t} – хрону или фрагменту хрона C25r. Две другие магнитозоны обратной полярности $R_1E_{2t-i?}$, R_1E_{2l-b} на данный момент не могут быть сопоставлены с хронами магнитохронологической шкалы. Отметим здесь, что длительная магнитозона нормальной полярности $NK_{1-2}(al-st)$, включающая отложения от верхов альба до кампана, соответствует гиперзоне – по рангу магнитополярных подразделений, а магнитозоны R_1K_{2km} , R_2K_{2mt} и N_2K_{2mt} адекватны ортозонам.

Совместное применение комплексных палеомагнитных и биостратиграфических данных позволило выявить стратиграфический перерыв между кампаном и маастрихтом (славгородской и ганькинской свитами) по выпадению из палеомагнитной последовательности в региональном магнитостратиграфическом разрезе аналогов хронов C33n и C32 [Ogg et al., 2016]) – 7 млн. лет. Перерыв между мезозоем и кайнозоем (верхним мелом – маастрихтом и палеогеном) изменяется от 6 млн. лет на западе (Омская впадина) – выпадают хроны C30–C27 до ~ 26–28 млн. лет на востоке (Бакчарский бассейн, выпадают хроны – C29–C19), (юг Кулундинской впадины, выпадают хроны – C30–C19).

В региональном магнитостратиграфическом разрезе в магнитозоне, идентифицируемой нами как гиперзона $NK_{1-2}(al-st)$, выделяется пять узких интервалов обратной намагниченности (R -микрозон – рис. 2, 3). В альбском ярусе выделена R -микрозона и в верхах альбского яруса также документируется R -микрозона. Более мощная R -микрозона обратной полярности фиксируется в среднем–верхнем туроне. Следующая выше R -микрозона выделена в низах ипатовского горизонта. Самая верхняя R -микрозона обратной полярности фиксируется в верхах нерасчленённого коньяк-сантона. Наличие магнитозон обратного знака в туроне–сантоне противоречит традиционной точке зрения о монополярной структуре мелового суперхрона C34, но в известной степени, согласуется с данными по разновозрастным отложениям Восточного Кавказа, Западного Копетдага, Туаркыра [Фомин, 2003, Фомин, Молостовский, 2001; Гужиков и др., 2003; 2007], а также Поволжья [Guzhikova et al., 2019]. Эти микрозоны могут иметь важное корреляционное значение в пределах региона. Полученные данные по кампана-маастрихту соответствуют общепринятым представлениям о режиме позднемелового геомагнитного поля и могут быть детально сопоставлены с магнитостратиграфическими разрезами и схемами кампана-маастрихта Русской плиты [Гужиков и др., 2017; Гужикова, Беньямовский, 2018; Guzhikov et al., 2020], Северного Средиземноморья [Gardin et al, 2012].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для юга Западной Сибири в результате комплексных (палеомагнитных, палеонтологических и геолого-стратиграфических) исследований в трех ее районах: Омской впадине (скв. 8, 10, 2), Бакчарском железорудном бассейне (скв. С-114, С-124), южной части

Кулундинской впадины (скв. 23 и 19) разработан региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена. В этом разрезе зафиксированы четыре верхнемеловые магнитозоны: две нормальной $NK_{1-2}(al-st)$ и NK_{2mt} и две обратной RK_{2km} и RK_{2mt} полярности, идентифицируемые с аналогами известных магнитных хронов C34, C33r, C31r, C30n, и четыре палеогеновые магнитозоны обратной полярности – R_1E_1zl , R_2E_1t , $R_1E_2t-i?$ R_1E_2l-b , (первые две – предполагаемые аналоги магнитных хронов C26r, C25r) [Ogg et al., 2016]. В некоторых магнитозонах нормальной и обратной полярности верхнего мела выделены маломощные интервалы (микрзоны) противоположной намагниченности.

Созданный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири позволил выявить стратиграфические перерывы в осадочной толще – между кампаном и маастрихтом (славгородской и ганькинской свитами) и оценить его объем – 7 млн. лет, а также между мезозоем и кайнозоем (верхним мелом – маастрихтом и палеогеном), объем которого изменяется от 6 млн. лет на западе (Омская впадина) – до ~ 26–28 млн. лет на востоке (Бакчарский бассейн, юг Кулундинской впадины). Помимо этого, разработанный разрез может быть использован для оценки скорости осадконакопления и ввиду планетарности инверсий – для местной, региональной, межрегиональной и глобальной корреляции отложений и геологических событий.

Работа выполнена при поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0012 «Закономерности и особенности литосферных процессов Сибири на основе мониторинга магнитного и теплового полей, данных сейсмологии и лабораторных экспериментов».

ЛИТЕРАТУРА

Гнибиденко З.Н., Лебедева Н.К., Шурыгин Б.Н. Палеомагнетизм меловых отложений юга Западно-Сибирской плиты (по результатам изучения керна скважины 8) // Геология и геофизика, 2012. Т. 53. № 9. С. 1169-1181.

Гнибиденко З.Н., Лебедева Н.К., Шурыгин Б.Н. Региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых отложений юга Западной Сибири (Омская впадина). Доклады РАН. 2014. Т. 458. № 1. С. 83–87.

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., 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.

Гужиков А.Ю. Новые био-магнитостратиграфические данные по кампанским-маастрихтским отложениям классического разреза Нижняя Банновка (юг Саратовского Правобережья) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2017. Т. 25. № 1. С. 24–61.

Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю., Фомин В.А. Магнитостратиграфическая шкала меловой системы: современное состояние, проблемы построения и перспективы развития. // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Сб. науч. Трудов /Под ред. Е.М. Первушова. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2007. С. 69-86.

Гужиков А.Ю., Молостовский Э.А., Назаров Х., Фомин В.А., Барабошкин Е.Ю., Копаевич Л.Ф. Магнитостратиграфические данные по верхнему мелу Туаркыра (Туркменистан) и их значение для общей палеомагнитной шкалы. – Физика Земли, 2003, №9. С.31-44.

Гужикова А.А., Беньямовский В.Н. Магнитостратиграфия кампана-маастрихта по разрезам Поволжья (вблизи г. Вольск) // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 3. С. 346-356.

Лебедева Н.К., Александрова Г.Н., Шурыгин Б.Н., Овечкина М.Н., Гнибиденко З.Н. Палеонтологическая и магнитостратиграфическая характеристика верхнемеловых отложений по скважине 8 Русско-Полянского района (юг Западной Сибири) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2013. Т. 21. № 1. С. 43-73.

Лебедева Н.К., Кузьмина О.Б. Палинотратиграфия верхнемеловых и палеогеновых отложений юга Западной Сибири на примере скважин Русско-Полянского района, Омский прогиб // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 1. С. 85-114.

Лебедева Н.К., Кузьмина О.Б., Соболев Е.С., Хазина И.В. Новые данные по стратиграфии верхнемеловых и кайнозойских отложений Бакчарского железорудного месторождения (юг Западной Сибири). Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2017, том 25, № 1, С. 62-84.

Лебедева Н.К., Кузьмина О.Б., Хазина И.В., Русанов Г.Г., Глинских Л.А. Палинологическая характеристика меловых-кайнозойских отложений, вскрытых скважиной Алейская 23 на юге Кулундинской впадины (Западная Сибирь) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. (г. Новосибирск, 23-27 апреля 2018 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология": Сб. материалов в 6 т., т. 1. - Новосибирск: СГУГиТ, 2018, С. 175-182.

Лебедева Н.К., Кузьмина О.Б., Хазина И.В., Русанов Г.Г., Глинских Л.А. Палинostrатиграфия и генезис верхнемеловых и кайнозойских отложений южной части Кулундинской впадины (Алтайский край) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2019. Т. 27. № 6. С.

Молостовский Э.А., Храмов А.Н. Магнитостратиграфия и ее значение в геологии // Саратов. Изд. Саратовского университета. 1997. 179 с.

Нагата Т. Магнетизм горных пород. М., Изд-во «Мир», 1965. 346 с.

Поспелова Г.А., Ларионова Г.Я., Анучин А.В. Палеомагнитные исследования юрских и нижнемеловых пород Сибири // Геология и геофизика. 1967. № 9. С. 35-38.

Унифицированные региональные стратиграфические схемы палеогеновых и неогеновых отложений Западно-Сибирской равнины. Объяснительная записка и схема. Новосибирск, Изд-во СНИИГГиМСа, 2001, 84 с.

Фомин В.А. Магнитостратиграфия верхнемеловых отложений Восточного Кавказа, Западного Копетдага и Туаркыра. Автореферат канд. дисс. Саратов. 2003. 21 с.

Фомин В.А., Молостовский Э.А. Магнитостратиграфия сеноманских отложений Западного Туркменистана // Бюлл. МОИП, отд. геол. 2001. Т. 7. Вып. 4. С. 62-70.

Фомин В.А., Еремин В.Н. Магнитостратиграфия верхнемеловых отложений южных районов СССР // Вопросы стратиграфии палеозоя, мезозоя и кайнозоя/Под ред. Г.В. Кулевой и В.Г. Очева. Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та. 1993. С. 134-142.

Яковлева А.И., Александрова Г.Н., Гнибиденко З.Н. Уточнение возраста люлинворской свиты палеогена на юге Западной Сибири по палинологическим и палеомагнитным данным // Бюлл. МОИП, отд. геол. 2012. Т. 87. Вып. 3. С. 53-87.

Gardin S., Galbrun B., Thibault N., Coccioni R., Premoli I. S. Bio-magnetochronology for the upper Campanian Maastrichtian from the Gubbio area, Italy: new results from the Contessa Highway and Bottaccione Sections // Newsletters on Stratigraphy. 2012. Vol. 45/1, P. 75–103.

Guzhikov A.Y., Guzhikova A.A., Manikin A.G., Grishchenko V.A. Magnetostratigraphy of the Maastrichtian from Volga Right Bank Area Near Saratov (Lower Volga Region) // In: Yanovskaya T., Kosterov A., Bobrov N., Divin A., Saraev A., Zolotova N. (eds) Problems of Geocosmos–2018. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. 2020. P. 83-105. (First Online: 14 July 2019)

Guzhikova A.A., Guzhikov A.Y., Pervushov E.M., Ryabov I.P., Surinskiy A.M. Existence of the Reversal Polarity Zones in Turonian-Coniacian from the Lower Volga (Russia): New Data // In: Nurgaliev D., Shcherbakov V., Kosterov A., Spassov S. (eds) Recent Advances in Rock Magnetism, Environmental Magnetism and Paleomagnetism. Springer Geophysics. Springer, Cham. 2019. P. 353-369.

Ogg J. G., Ogg G.M. and Gradstein F. M. A Concise Geologic Time Scale. 2016. Elsevier, 240 pp.

СПИСОК РИСУНКОВ

Рис. 1. Схема расположения изученных скважин, вскрывших верхнемеловые и пограничные палеогеновые отложения, юга Западной Сибири. Условные обозначения: А – Омская впадина (3 скв.), Б – юг Кулундинской впадины (2 скв.), С – Бакчарский железорудный бассейн (2 скв.), 1, 2 – границы Западно-Сибирской плиты.

Рис. 2. Магнитостратиграфические разрезы изученных скважин и опорный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири. Полярности геомагнитного поля: 1 – нормальная, 2 – обратная, 3 – отсутствие данных. Ярус, горизонт, свита: Зел – зеландий; Тал – талицкий; Тан/Т – танет; Тав – тавдинский; Л – люлинворская. Омская впадина – [Гнибиденко и др., 2012, 2014; Лебедева и др., 2013]; Бакчарский бассейн – [Гнибиденко и др., 2015; Лебедева и др., 2017]; юг Кулундинской впадины – [Гнибиденко и др., 2017; Лебедева и др., 2019].

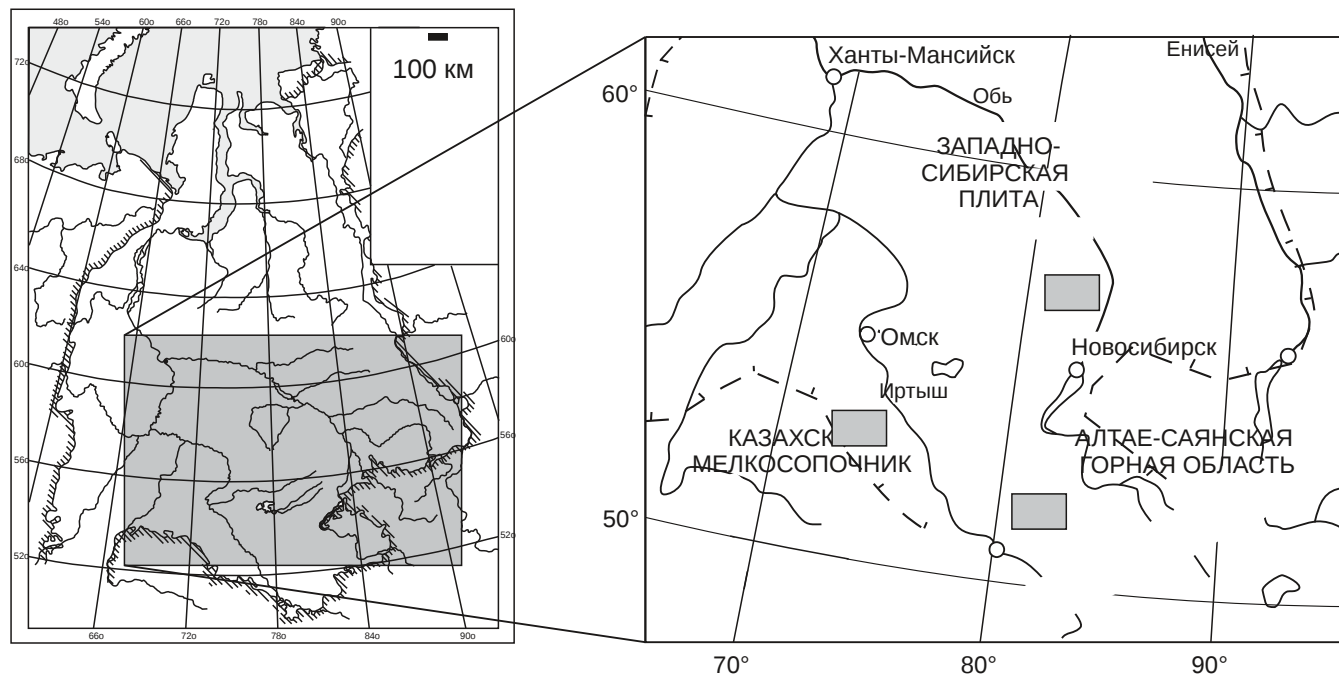
Рис. 3. Сопоставление регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири с магнитохронологической шкалой Огга [Ogg et al., 2016]. Усл. обозн. на рис. 2.

СПИСОК РИСУНКОВ

Рис. 1. Схема расположения изученных скважин, вскрывших верхнемеловые и пограничные палеогеновые отложения, юга Западной Сибири. Условные обозначения: А – Омская впадина (3 скв.), Б – юг Кулундинской впадины (2 скв.), С – Бакчарский железорудный бассейн (2 скв.), 1, 2 – границы Западно-Сибирской плиты.

Рис. 2. Магнитостратиграфические разрезы изученных скважин и опорный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири. Полярности геомагнитного поля: 1 – нормальная, 2 – обратная, 3 – отсутствие данных. Ярус, горизонт, свита: Зел – зеландий; Тал – талицкий; Тан/Т – танет; Тав – тавдинский; Л – люлинворская. Омская впадина – [Гнибиденко и др., 2012, 2014; Лебедева и др., 2013]; Бакчарский бассейн – [Гнибиденко и др., 2015; Лебедева и др., 2017]; юг Кулундинской впадины – [Гнибиденко и др., 2017; Лебедева и др., 2019].

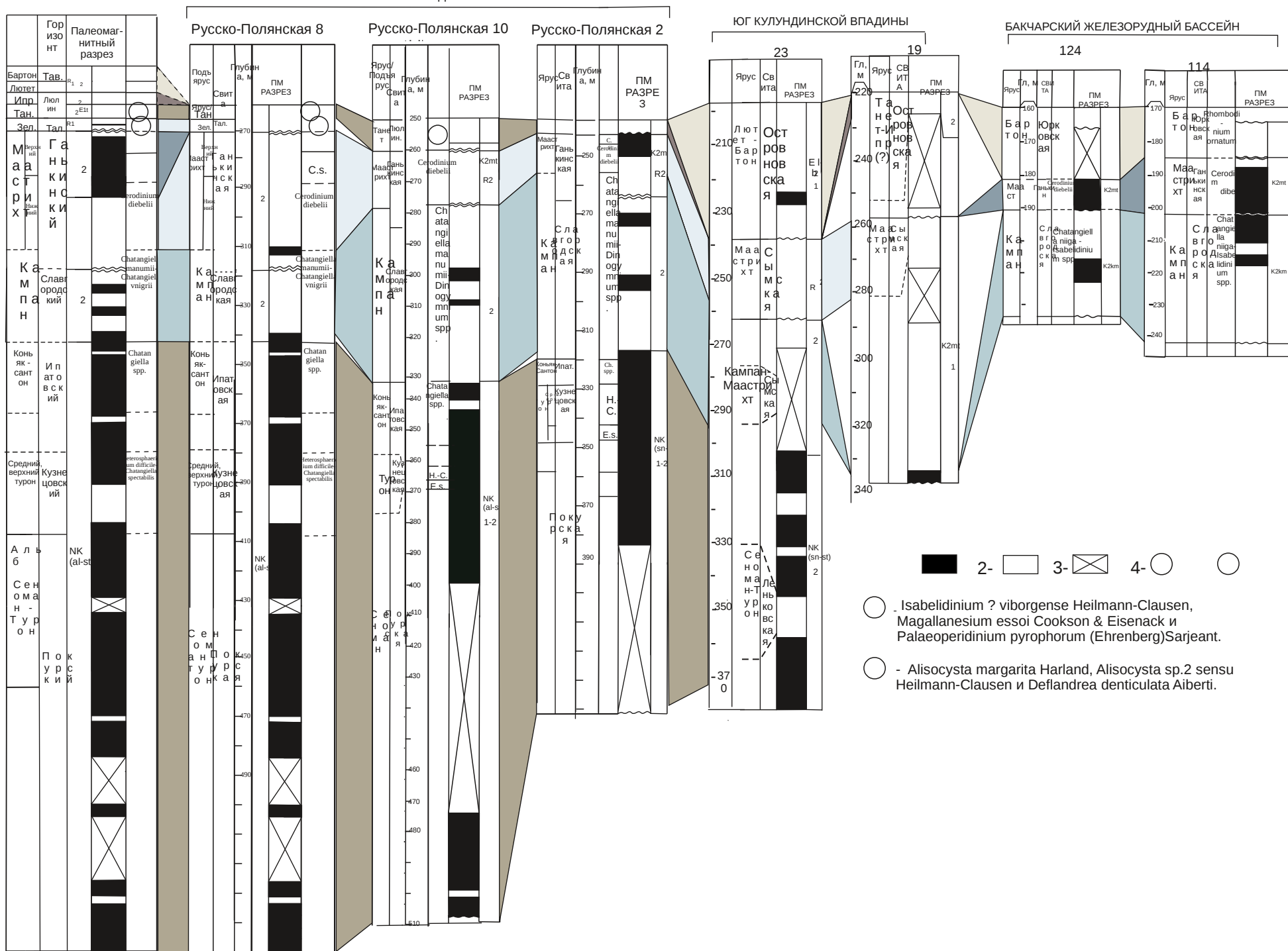
Рис. 3. Сопоставление регионального магнитостратиграфического разреза верхнего мела и пограничных слоев палеогена юга Западной Сибири с магнитохронологической шкалой Огга [Ogg et al., 2016]. Усл. обозн. на рис. 2.



1 -  2 - 

СКВАЖИНЫ

ОМСКАЯ ВПАДИНА



Geological column of the Paleogene period in the Krasnodar Krai. The column is divided into several columns: 'Миллионы лет' (Millions of years), 'Период/век эпоха' (Period/century/epoch), 'Магнито-хронологическая шкала' (Magnetic chronology scale), 'Горизонт' (Horizon), 'Палеомагнитный разрез' (Paleomagnetic section), and 'Легенда' (Legend). The time scale ranges from 0 to 110 million years. The geological column includes the Eocene, Oligocene, and Miocene epochs. The magnetic chronology scale shows alternating magnetic zones (C18 to C34). The paleomagnetic section shows alternating magnetic zones (R1 to R21). The legend indicates the color coding for the geological units.