

На правах рукописи

ГУЖИКОВА Анастасия Андреевна

**МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ ПОГРАНИЧНОГО
ИНТЕРВАЛА КАМПАНА - МААСТРИХТА
ЮГО-ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛИТЫ**

25.00.02 – палеонтология и стратиграфия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2016

Работа выполнена на кафедре геофизики в ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель:

Первушов Евгений Михайлович

доктор геолого-минералогических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Аркадьев Владимир Владимирович

доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры осадочной геологии Института наук о Земле ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

Метелкин Дмитрий Васильевич

доктор геолого-минералогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры Общей и региональной геологии ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва).

Защита состоится 09 июня 2016 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 003.068.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), в конф.-зале

Отзывы в двух экземплярах, оформленные в соответствии с требованиями Минобрнауки России, просим направлять по адресу:

просп. Ак. Коптюга, 3, Новосибирск, 630090,

факс: (383) 333-25-13, 330-28-07,

e-mail: ObutOT@ipgg.sbras.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ИНГГ СО РАН:

<http://www.ipgg.sbras.ru/ru/education/committee/Guzhikova2016>

Автореферат разослан «15» апреля 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 003.068.01, к.г.-м.н.

Обут
Ольга Тимофеевна

Введение

Актуальность работы. Проблема глобального трассирования уровня нижней границы маастрихта от точки глобального стратотипа границы (ТГЦГ, GSSP, «золотой гвоздь») яруса в разрезе Терсис (Франция) (Odin, Lamaurelle, 2001) является актуальной задачей стратиграфии верхнего мела. Значительные успехи в прослеживании подошвы маастрихта, достигнутые в Северо-Западной, Южной Европе и Северной Америке, практически, не коснулись территорий Европейской России и ближнего Зарубежья. Проблема нижней границы маастрихтского яруса Восточно-Европейской платформы (ВЕП), как и на территории всей России, возникшая после утверждения «золотого гвоздя» маастрихта в Международной стратиграфической шкале (МСШ), не решена до настоящего времени. Определению уровня подошвы маастрихта по аналогии с GSSP - по появлению аммонита *Pachydiscus neubergicus*, препятствует отсутствие находок этого тетического аммонита на Русской плите (РП), которая принадлежит к Бореальной надобласти. К сожалению, не только по аммонитам, но и по другим палеонтологическим данным, бореальные разрезы ВЕП не сопоставляются напрямую с западотетическим разрезом Терсис. Корреляция возможна только путем хронологической взаимозаменяемости признаков через североευропейские (датские, северогерманские) разрезы. Для контроля изохронности прослеженного таким образом уровня подошвы маастрихта, наряду с биостратиграфическими материалами, необходимо привлечение непалеонтологических признаков – геомагнитных инверсий и изотопных аномалий.

Магнитостратиграфическое изучение пограничного интервала кампана–маастрихта РП актуально также в связи с совершенствованием местных и региональных стратиграфических схем. Магнитостратиграфические схемы являются обязательным атрибутом среднемасштабных геологических съемок нового поколения на территории России, но палеомагнитные данные по кампану–маастрихту ВЕП до последнего времени практически отсутствовали.

Отдельным аспектом магнитостратиграфических исследований является изучение скалярных магнитных характеристик пород, эффективность использования которых для решения задач региональной геологии продемонстрирована при исследовании пород различного возраста и генезиса (Молостовский, Храмов, 2007; Evans, Heller, 2003 и др.). Геологическая информативность и экспрессность получения сведений являются достоинствами петромагнитного метода,

определяющими актуальность его применения для выяснения особенностей состава, строения и формирования терминального мела РП.

Цель работы. Изохронное прослеживание по комплексным (биостратиграфическим, магнитостратиграфическим и изотопным) данным подошвы маастрихта от GSSP яруса до юго-восточной окраины Восточно-Европейской платформы, уточнение схемы верхнего мела Среднего–Нижнего Поволжья и реконструкция условий седиментации в кампанских–маастрихтских бассейнах на территории юго-востока Русской плиты на основе полученных палео- и петромагнитных материалов.

Для достижения поставленных целей необходимо было решить следующие **задачи**: 1. Провести детальное палеомагнитное и петромагнитное опробование опорных разрезов кампана–маастрихта юго-востока РП, в рамках их комплексных исследований, включающих литолого-седиментологические описания, сборы макрофауны и отбор проб по системе «образец в образец» на микропалентологические (фораминиферы, радиолярии, известковый наннопланктон, диноцисты), палеомагнитные, петромагнитные, изотопные и геохимические анализы. 2. Выполнить лабораторную обработку петромагнитных и палеомагнитных образцов, компонентный анализ, построить магнитостратиграфические разрезы. 3. В совокупности с палеонтологическими и физико-химическими материалами провести геологическую интерпретацию палео- и петромагнитных данных.

Фактический материал. За время полевых работ (2012-2014 гг.) при участии автора была собрана коллекция из 740 ориентированных штучков из пяти опорных разрезов кампана–маастрихта на юго-востоке Русской плиты: Большевик, Коммунар, Хвалынский, Нижняя Банновка – в Саратовском Правобережье и плато (Казахстан). Учитывая важность Крымско-Кавказкой области при прослеживании подошвы маастрихта, как связующего звена между Тетическим поясом и Европейской областью, в Крыму проведено магнитостратиграфическое опробование двух разрезов пограничного интервала кампана–маастрихта: Чахмаклы и Токма, которые охарактеризованы белемнитами, планктонными (ПФ) и бентосными фораминиферами (БФ). Суммарная мощность опробованных обнажений составила около 500 м. В общей сложности, палео- и петромагнитным исследованиям подвергнуто более 2000 образцов.

Защищаемые положения.

1. На юго-востоке Русской плиты в разрезах Большевик, Коммунар (г. Вольск, Саратовское Поволжье) и плато Актолагай (юг Прикаспия, Казахстан) обоснован уровень подошвы маастрихта, изохронно

прослеженный по комплексу био-, магнитостраграфических и изотопных данных от GSSP яруса (разрез Терсис, Франция).

2. Уточнена схема верхнего мела для южной части Ульяновско-Саратовского прогиба: в разрезе Нижняя Банновка установлен позднемаастрихтский возраст лохской свиты, относимой ранее к нижнему маастрихту; в разрезе Большевик предложены петромагнитные критерии для идентификации подошвы радищевской свиты.

3. На основе палео- и петромагнитных данных реконструированы особенности седиментации на юго-востоке Русской плиты в кампане и маастрихте: оценены скорости формирования карбонатных отложений и маастрихтской трансгрессии в пределах Вольской и Хвалынской впадин, длительности перерывов в осадконакоплении в вольских разрезах и разрезе Нижняя Банновка; в Саратовском Поволжье (разрезы Большевик и Нижняя Банновка) и на юге Прикаспия (плато Актолагай) установлено обогащение космогенным веществом осадков, формировавшихся в конце маастрихтского века.

Научная новизна. 1. Впервые получены магнитостратиграфические данные по опорным разрезам пограничного интервала кампана–маастрихта Саратовского Правобережья (Вольск и Хвалынский), Южного Прикаспия (плато Актолагай) и Горного Крыма (Чахмахлы, Токма). 2. Впервые получены изотопные данные по кампану – маастрихту Саратовского Поволжья и Прикаспия. 3. Впервые подошва маастрихта на Русской плите обоснована по комплексу био- и магнитостратиграфических данных. 4. Впервые обосновано наличие верхнего маастрихта на юге Саратовского Правобережья. 5. Впервые для терминального мела Саратовского Поволжья, на основе палеомагнитных данных, проведены расчеты скоростей осадконакопления, длительности перерывов, скорости трансгрессии. 6. Впервые рассчитаны палеомагнитные полюса для кампана–маастрихта юго-востока Русской плиты. 7. Впервые в ряде разрезов установлены интервалы, обогащенные космогенным веществом.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные данные позволили решить фундаментальную стратиграфическую проблему – изохронно проследить уровень подошвы маастрихта от GSSP яруса до юго-востока РП. Уточненная стратиграфическая схема маастрихта Саратовского Поволжья необходима для проведения геологических работ в регионе. Палео- и петромагнитные данные позволили решить задачи, связанные с детальным расчленением, корреляцией разрезов и реконструкциями условий формирования пород.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались автором на Всероссийских совещаниях «Меловая система России» (Геленджик, 2012; Владивосток, 2014), Международной школе-семинаре «Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород» (Казань, 2013), Всероссийском совещании «Геологические науки - 2014» (Саратов, 2014), Всероссийской молодежной конференции «Трофимуксовские чтения – 2015» (Новосибирск, 2015), Всероссийской школе-семинаре по проблемам магнетизма и палеомагнетизма горных пород, (Москва–Борок, 2015), семинаре «Актуальные проблемы стратиграфии, седиментологии и эволюции биосферы» (Новосибирск, 2015). Результаты исследований привлечены в научные отчеты по проектам РФФИ (№ 12-05-00196-а) и Минобрнауки России (госзадание в сфере научной деятельности № 1757). По теме диссертации опубликовано 15 работ, из которых 3 в журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация, объемом 177 страниц, состоит из 5 глав, введения и заключения. Она содержит 2 таблицы и 39 рисунков. Список литературы включает 185 наименований.

Благодарности. Автор благодарен за помощь научному руководителю Е.М. Первушову. Автор глубоко признателен В.Н. Беньямовскому (ГИН РАН), Е.Ю. Барабошкину (МГУ), В.С. Вишневской (ГИН РАН), Л.Ф. Копаевич (МГУ), Г.Н. Александровой (ГИН РАН), М.Н. Овечкиной (Геологическая служба Израиля, Иерусалим; ПИН РАН), результаты работ которых обеспечили биостратиграфическую базу диссертационного исследования, Б.Г. Покровскому (ГИН РАН) за проведение изотопных исследований, В.А. Цельмовичу и А.Ю. Куражковскому (г/о «Борок» ИФЗ РАН) за микрозондовые определения, В.Э. Павлову и Р.В. Веселовскому (ИФЗ РАН) за предоставленную возможность работы на криогенном магнитометре, А.Ю. Казанскому за обсуждение палеомагнитных аспектов работы. Глубокую признательность автор выражает коллегам по лаборатории Петрофизики СГУ А.Ю. Гужикову, А.Г. Маникину, В.А. Грищенко, А.М. Суринскому, М.И. Багаевой, В.А. Фомину за помощь на всех этапах работы. Глубокую признательность автор выражает РФФИ за поддержку исследований (проекты № 12-05-00196а и № 16-35-00219-мол_а).

Глава 1. История изучения пограничного интервала кампана-маастрихта и проблема глобальной корреляции подошвы маастрихта

Кратко рассмотрена история изучения пограничного интервала кампана-маастрихта в Западной Европе (от первых попыток А. Орбини в 1842 г. подразделить верхнемеловые отложения на ярусы до утверждения

в 2001 г. границы кампана-маастрихта в МСШ по появлению аммонита *Pachydiscus neubergicus* с лимитотипом в карьере Терсис во Франции) и на ВЕП (от П.М. Языкова, впервые расчленившего верхний мел РП, до современных отечественных исследователей). По сей день объем и границы данных ярусов понимаются отечественными и зарубежными исследователями по-разному. Отдельный подраздел посвящен актуальности определения положения границы кампанского и маастрихтского ярусов на РП, которая вновь возникла после фиксации подошвы маастрихта в МСШ на более высоком уровне, по сравнению с его традиционным положением. Рассмотрена также история магнитостратиграфических исследований кампана–маастрихта (в основном - зарубежных данных, потому что на Русской плите, из-за чрезвычайно слабой величины естественной остаточной намагниченности исследуемых пород, надежных магнитостратиграфических результатов долгое время получить не удавалось).

Глава 2. Методика работ

Приведены сведения о методических подходах к полевым работам и лабораторным исследованиям, анализу и интерпретации данных.

В качестве **объектов исследования** выбраны опорные разрезы морских кампанских–маастрихтских отложений, расположенные в разных структурных зонах юга Русской плиты (Ульяновско-Саратовский прогиб и Прикаспийская впадина) и в Юго-Западном Крыму. Полевое комплексное изучение объектов включало в себя детальное геологическое описание и отбор палеонтологических, палеомагнитных, литолого-минералогических и геохимических проб по системе «образец в образец».

Петромагнитные и магнито-минералогические исследования включали измерения магнитной восприимчивости (K) и ее анизотропии (АМВ), величин естественной остаточной намагниченности (J_n), опыты магнитного насыщения с последующими определениями поля насыщения (H_s), остаточной намагниченности насыщения (J_{rs}), остаточной коэрцитивной силы (H_{cr}), термокаппаметрию, дифференциальный терромагнитный анализ (ДТМА), микрозондовые исследования. Анализировался ряд расчетных параметров: параметр Кенигсбергера (фактор Q), отношение K/J_{rs} , параметр $S = |J_{r(-300)}/J_{rs}|$ и др.

В изученных отложениях магнитные минералы представлены, в основном, магнетитом или близкими к нему минералами. В наиболее слабромагнитных разностях (писчий мел, мелоподобные мергели, опоки) ведущую роль в формировании намагниченности играют магнетитовые сферулы и микрочастицы железа космического генезиса. Геологическая интерпретация петромагнитных данных по разрезам проводилась в соответствии с принципами, изложенными в работах (Гужиков,

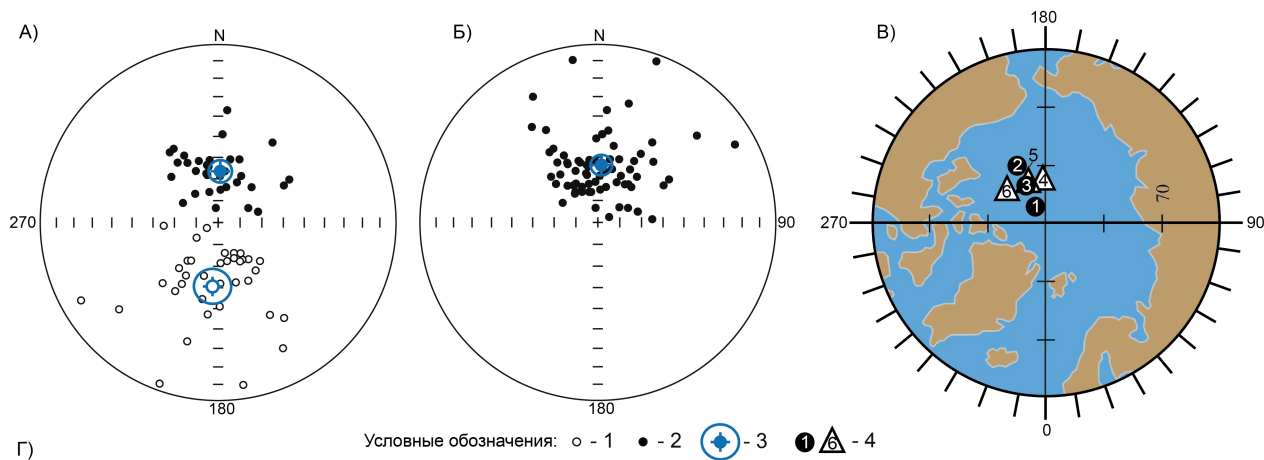
Молостовский, 1995; Молостовский, Храмов, 1997; Evans, Heller, 2003 и др.).

Палеомагнитное изучение коллекции проводилось по стандартной методике (Храмов и др., 1982 и др.) и заключалось в последовательных магнитных чистках переменным полем (до 30-60 мТл) и температурой (до 500°С) с последующими замерами естественной остаточной намагниченности.

В результате компонентного анализа данных были выделены **характеристические компоненты (ChRM)**. Проекции **ChRM**, группирующиеся в северных и северо-западных румбах нижней полусферы, считались соответствующими прямой (N), а обособившиеся в южных секторах верхней полусферы – обратной (R) полярности геомагнитного поля. Примерно, четверть образцов от общего объема коллекции были забракованы, потому что по ним невозможно было даже предположительно судить о знаке полярности. Однако эти образцы спорадически рассеяны по разрезам и результаты по ним не сказываются на общем впечатлении о палеомагнитной структуре колонок. Данные по наиболее стабильным в палеомагнитном отношении образцам из вольских разрезов были использованы для расчета виртуальных геомагнитных полюсов (ВГМП) (рисунок 1). Для обоснования **древней природы намагниченности** использовался тест обращения, сравнение полученных ВГМП с одновозрастными полюсами для стабильной Европы, проверялась индифферентность геомагнитных инверсий к особенностям вещественного состава пород, анализировались величины палеомагнитных кучностей, фактора Q и других параметров, зависящих от генезиса J_n ; обращалось внимание на сходство магнитополярной структуры одновозрастных отложений в удаленных разрезах.

Практически все изученные породы очень слабомагнитны, но, благодаря измерениям на криогенном магнитометре, удалось получить надежные результаты, на основе которых были составлены представления о магнитополярной структуре разрезов. Показательно, что результаты магнитных чисток после замеров J_n на магнитометрах JR-6 и 2G-Enterprises обнаружили хорошую сходимость.

Аппаратура и программное обеспечение. В полевых условиях для измерений К использовались приборы КТ-6 и КТ-10, в лабораторных – мультчастотный каппабридж MFK1-FB. Остаточная намагниченность измерялась на спин-магнитометре JR-6 и на криогенном магнитометре 2G-Enterprises (в ИФЗ РАН, Москва). Для термокаппаметрического анализа была задействована печь СНОЛ 6/11-В, для ДТМА – термоанализатор магнитных фракций ТАФ-2 («магнитные весы»).



| | | n | D _{cp} | I _{cp} | k | α ₉₅ | Lat | Lon | dp | dm | B ₉₅ |
|---|---|----|-----------------|-----------------|-------|-----------------|------|-------|---|--------|-----------------|
| 1 | N | 36 | 1.3 | 66.5 | 21.9 | 5.2 | 86.9 | 211.6 | 8.6 | 7.0 | 7.8 |
| 2 | R | 36 | 185.4 | -60.5 | 9.35 | 8.3 | 78.8 | 206.1 | 12.6 | 9.6 | 11.0 |
| 3 | N+R | 72 | 3.5 | 63.6 | 13.06 | 4.8 | 82.8 | 207.4 | 7.6 | 6.0 | 6.8 |
| 4 | 75.4 млн. лет (осреднение 5 млн. лет) (Besse, Courtillot, 2002) | | | | | | 81.3 | 188.6 | Тест обращения (McFadden, McElhinny, 1990) | | |
| 5 | 77.9 млн. лет (осреднение 10 млн. лет) (Besse, Courtillot, 2002) | | | | | | 81.4 | 206.1 | У (°) | Ук (°) | Кп. |
| 6 | 79.1 млн. лет (осреднение 5 млн. лет) (Besse, Courtillot, 2002) | | | | | | 81.0 | 232.5 | 4.4 | 10.1 | С |

n – число образцов в выборке;

D_{cp} , I_{cp} – среднее палеомагнитное склонение и наклонение, соответственно;

k – кучность;

α_{95} – радиус круга доверия вектора;

Lat , Lon , dp , dm , B_{95} – широта, долгота, полуоси овала

погрешности и радиус круга доверия, соответственно, для среднего ВГМП.

Рисунок 1 – Стереопроекции совокупностей ChRM, соответствующих N- и R- полярности (А), нормализованных к N- полярности (Б), палеомагнитных полюсов (В); палеомагнитная статистика (Г) для кампана разрезов Большевик и Коммунар.

Полусферы: 1 – верхняя, 2 – нижняя; 3 – среднее палеомагнитное направление и круг доверия; 4 – палеомагнитные полюса (номер полюса соответствует номеру строчки в таблице «Г»).

Магнитные чистки температурой проводились в печи конструкции В.П. Апарина; переменным магнитным полем – на установке LDA-3AF и криогенном магнитометре 2G-Enterprices (ИФЗ РАН, Москва). Для анализа данных АМВ использовалась программа Anisoft 4.2, для компонентного анализа – программа Remasoft 3.0.

Глава 3. Результаты исследований

Изложены результаты комплексных био- и магнитостратиграфических исследований разрезов кампана–маастрихта Саратовского Поволжья (Большевик, Коммунар, Хвалынский и Нижняя Банновка), юга Прикаспия (плато Актолагай, Казахстан) и Горного Крыма (Чахмахлы, Токма, Бахчисарайский район), включающие их детальное геологическое описание, биостратиграфические разбивки, изотопные данные и магнитостратиграфические разрезы, состоящие из палеомагнитных колонок, графиков палеомагнитных склонений, наклонений и петромагнитных параметров (K , J_n , J_{rs} , H_{cr} , Q , K/J_{rs} и др.). Приведены типичные результаты компонентного анализа данных по каждому разрезу (стереографические изображения изменения направлений J_n в ходе магнитных чисток, диаграммы Зийдервельда, графики размагничивания), стереографические распределения $ChRM$, ВГМП и АМВ, таблицы с палеомагнитной статистикой и результатами полевых тестов, доказательства древней природы намагниченности.

Глава 4. Решение стратиграфических задач на основе палеомагнитных и петромагнитных данных по пограничному интервалу кампана–маастрихта юго-востока Русской плиты

Представлены сопоставления изученных разрезов кампана–маастрихта по био-, магнитостратиграфическим и изотопным данным между собой, со шкалой геомагнитной полярности (GPTS) (Gradstein et al., 2012), GSSP маастрихта (Терсис, Франция) и разрезами кампана–маастрихта других регионов. По результатам корреляций максимально точно, по аналогии с Терсисом, определен уровень нижней границы маастрихта в разрезах Большевик, Коммунар (г. Вольск), плато Актолагай, в разрезах Нижняя Банновка, плато Актолагай и Чахмахлы уточнен возраст отложений. По результатам петромагнитного изучения разрезов в пределах Вольской впадины предложен петромагнитный критерий идентификации подошвы радищевской свиты в тех случаях, когда ее определение по литологическому признаку затруднительно. Петромагнитная дифференциация разреза Актолагай может быть востребована при обосновании свитного деления терминального мела Южного Прикаспия.

Обоснование уровня нижней границы маастрихта. Хорошая фаунистическая охарактеризованность разрезов **Большевик** и **Коммунар (г. Вольск)** позволяет заключить, что уровень подошвы маастрихта должен располагаться в низах карсунской свиты (Беньямовский и др., 2013). Это обстоятельство дает возможность надежно идентифицировать в вольских разрезах аналоги магнитных хронов 32n2, 32n1, 31r и провести их палеомагнитную корреляцию с GSSP маастрихта (рисунок 2). Изотопные определения $\delta^{13}\text{C}$, полученные для низов карсунской свиты, фиксируют отрицательный шифт в основании зоны LC19, аналогичный тому, который выявлен в Терсисе на уровне нижней границы маастрихта (рисунок 2). Таким образом, подошву маастрихта, которую на Русской плите нельзя было определить по биостратиграфическим данным точнее, чем в интервале, соответствующим двум зонам по БФ (LC19 и LC20), по результатам палеомагнитной и изотопной корреляции удалось обосновать с максимальной точностью.

В структуре палеомагнитной колонки кампана–маастрихта **Актолагай** наиболее уверенно выделяются аналоги хронов 33 и 29r в низах и верхах разреза, соответственно (рисунок 3). Маломощные R-зоны в нижней части зоны *B. lanceolata* (зона LC18 по БФ), предположительно, отождествляются с хроном 32r. По большей части зоны *B. lanceolata* не удалось получить магнитополярных определений, но в пачке XIV выделяется маломощная зона обратного знака, которая, возможно, является фрагментом более мощной магнитозоны, соответствующей хрому 31r. Теоретически возможная мощность R-зоны в разрезе мала, но это обстоятельство хорошо согласуется с данными М.И. Овечкиной по наннопланктону об отсутствии на Актолагае зон UC18 и UC19, отвечающих значительной части 31r. По результатам палеомагнитной корреляции подошва маастрихта должна располагаться в пределах хрона 32n2, аналог которого в Актолагае, к сожалению, не установлен, из-за пропуска в определениях полярности (рисунок 3). Вариации на графике *K* отражают изменения концентраций ферромагнетиков в породе, обусловленных колебаниями уровня моря вследствие тектонического и/или эвстатического фактора. Показательно, что их ритмичный характер хорошо согласуется с главными секвенциями (регрессивно-трансгрессивными циклами) (Gradstein et al., 2012) (рисунок 3). Если принять точку зрения о глобальном падении уровня Мирового океана на рубеже кампанского и маастрихтского веков, то подошву маастрихта на Актолагае следует совместить с границей петромагнитных ритмов, также расположенную внутри пачки XI, в нижней части зоны LC19 и средней части зоны *B. lanceolata*. Примечательно, что уровень подошвы

маастрихта, намеченный по магнитостратиграфическим материалам, практически совпал с нижней границей яруса, обоснованной в разрезе по БФ и палинологическим данным.

Уточнение возраста отложений. Новые био- и магнитостратиграфические данные по разрезу **Нижняя Банновка** изменили представления о раннемаастрихтском возрасте лохской свиты на юге Саратовского Правобережья (рисунок 4). Маастрихтский возраст лохской свиты не вызывает сомнений, потому что обоснован данными по бентосным фораминиферам и радиолариям. Поэтому и сопоставление бizonальной палеомагнитной колонки лохской свиты с палеомагнитной шкалой представляется однозначным: нижняя часть R -зоны, приуроченная к зоне $B. \text{langei}$, может быть аналогом только хрона 32г, а магнитозона N_2 , характеризующая карбонатно-терригенную толщу (пачки 11-12), соответствует хрону 31n или совокупности хронов 31n и 30, но, в любом случае, верхнему маастрихту (рисунок 4).

Сопоставление био- и магнитостратиграфических материалов по кампану **плато Актолагай** с шкалой геомагнитной полярности позволяет заключить, что нижняя Rn -зона является аналогом магнитного хрона C33г, поскольку другие крупные R -интервалы в кампане неизвестны (рисунок 3). Из этого следует, что низы разреза, охарактеризованные обратной полярностью, относятся к среднему кампану (исходя из трехчленного деления кампана в Международной стратиграфической шкале). Этот вывод подтверждается результатами палеомагнитного сопоставления разреза Туаркыра (Гужиков и др., 2003), где установлено, что магнитозоне переменной полярности, аналогичной актолагайской Rn , соответствует средний кампан (рисунок 3). Вывод, базирующийся на палеомагнитных данных, подтверждает заключение Г.Н. Александровой о среднекампанском возрасте этой части разреза, базирующееся на палинологических определениях.

В сводной палеомагнитной колонке разрезов верхов кампана–маастрихта **Чяхмахлы** и **Токма в Горном Крыму** (из которых Чяхмахлы полон в стратиграфическом отношении) намечается две магнитозоны: нижняя - обратной полярности и верхняя – нормальной (рисунок 4).

Учитывая, что изученные интервалы разрезов соответствуют, в основном, маастрихтскому ярусу (Alekseev, Koraevich, 1997), эти магнитозоны, вполне однозначно опознаются нами как аналоги совокупности хронов 31 и 30, соответственно (рисунок 4). С этой точки зрения уровень границы кампана–маастрихта, прослеживаемый по аналогии с GSSP яруса, находится ниже изученной части разреза

«Чакмахлы», а не в подошве разреза, как предполагалось ранее на основе микрофаунистических данных (Alekseev, Kopaevich, 1997).

Дополнительные критерии для определения границ местных стратиграфических подразделений. Петромагнитные данные создают предпосылки для индивидуализации свит и обоснования свитных границ, поскольку отражают изменения в породах структурно-текстурных особенностей пара- и ферромагнитных фракций и, по сути, являются разновидностью литостратиграфических подразделений, что весьма актуально для литологически однородного карбонатного терминального мела Русской плиты. Подошву радищевской свиты в карьере **Большевик** (верхний маастрихт) целесообразно проводить по смене преимущественно диамагнитных пород ($K \leq 0$) парамагнитной толщей (K , в основном, > 0) (Гужикова, 2015б), т. е., по крайней мере, ближе к 17 пачке, а не по подошве 21 пачки, как это предлагалось ранее (Олферьев и др., 2009а, б) (рисунок 2). Фактически, в стратиграфической схеме ВЕП (Стратиграфическая схема ..., 2004) подошва радищевской свиты определена по основанию зоны LC22 по БФ, маркирующей основание верхнего маастрихта на РП, но исключительно палеонтологическое обоснование свитной границы, в определенной степени, противоречит положениям Стратиграфического кодекса России (2006). Используя установленный петромагнитный признак для опознания радищевской свиты, легко убедиться, что в разрезе **Коммунар** радищевская свита не представлена (парамагнитные породы в верхах разреза отсутствуют), что подтверждается и результатами палеомагнитной корреляции (рисунок 2). В разрезе **Хвалынский**, в однородной толще писчего мела, также легко опознается рубеж, на котором происходит смена диамагнитных пород на преимущественно парамагнитные, что, согласно предложенному критерию, должно соответствовать границе карсунской и радищевской свит.

Петромагнитные вариации по разрезу кампана–маастрихта **Актолага** достаточно выразительны (рисунок 2). Петромагнитные ритмы, отчетливо выраженные на графике K , подчеркиваются другими петромагнитными параметрами и могут быть востребованы в качестве дополнительных критериев при разработке местной стратиграфической схемы верхнего мела юга Прикаспия.

Глава 5. Реконструкции некоторых условий осадконакопления в кампанских-маастрихтских бассейнах юго-востока Русской плиты и Горного Крыма на основе палеомагнитных и петромагнитных данных

Оценка длительности перерыва в осадконакоплении.

Сопоставление палеомагнитных колонок изученных разрезов, с учетом биостратиграфических материалов, со шкалой геомагнитной полярности позволяет оценить продолжительность перерывов в осадконакоплении. В разрезах **Большевик** и **Коммунар** длительность перерыва в осадконакоплении на границе сенгилеевской и карсунской свит составляет не менее 6.5 миллионов лет (рисунок 2). В разрезе **Нижняя Банновка** на границе кампана и маастрихта установлен крупный hiatus, продолжительностью не менее 4.2 млн. лет (рисунок 4).

Оценка темпов формирования разных типов пород.

Сопоставление полученных данных с GPTS позволяет рассчитать примерные скорости седиментации путем деления мощности пород магнитозоны на длительность, соответствующего ей магнитополярного хрона, которые существенно варьируют для литологических разностей. Мергели низов карсунской свиты в карьере **Большевик**, охваченные зонами R_2 – аналогом хрона 32N1r и N_2 – аналогом 32N1n (рисунок 2), согласно подобным расчетам, характеризуются минимальными скоростями осадконакопления ~ 5 мм/тыс. лет и ~ 7 мм/тыс. лет, соответственно. Для одновозрастного писчего мела в **Хвалынске** это значение составляет около 36 мм/тыс. лет.

Оценка скорости маастрихтской трансгрессии на севере Саратовского Правобережья. В разрезе **Большевик** (г. Вольск) подошва зоны LC20 приурочена к верхам хрона 32n1r, а в разрезе **Хвалынский** кровля LC20 соответствует середине хрона 32n1r. Исходя из глобальной изохронности геомагнитных инверсий, заключаем, что границы зон по БФ диахронны (уровни подошвы и кровли зоны LC20 древнее в Хвалынске, чем в вольских разрезах). Диахронность границ микрофаунистических зон связана с фациальной зависимостью БФ. Фораминиферы, вероятно, распространялись вслед за развитием трансгрессии. Если это так, то по временному сдвигу (0,25–0,5 млн. лет) между одноименной границей по БФ и расстоянию между Хвалынском и Вольском (~ 70 км), можно рассчитать скорость трансгрессии моря на территории севера Саратовского Правобережья в начале маастрихтского века. Рассчитанная таким образом скорость получается порядка первых десятков см/год.

Петромагнитные данные, как возможный индикатор повышенных концентраций космогенных частиц. По аномально высоким значениям J_n (до $0.53 \cdot 10^{-3}$ А/м) и фактора Q (до 1.99), в разы превышающим фоновые значения ($J_n = 0.01\text{--}0.06 \cdot 10^{-3}$ А/м, $Q < 0.25$), при неизменных значениях K , в верхах маастрихта разреза **Большевик** выявлен уровень с повышенной концентрацией космогенного вещества

(рисунок 2). Результаты микрозондовых исследований показали, что во всех пробах с данных уровней присутствуют частицы чистого железа, никеля, интерметаллидов (FeNi, FeCr, FeCrW) и магнетитовые микросферы, размерностью от 3 до 10 мкм (рисунок 2), которые являются индикаторами метеоритного вещества (Печерский и др., 2015; Сунгатуллин и др., 2015). В аномальном петромагнитном горизонте метеоритных микрочастиц оказалось в 3-6 раз больше, чем в пробах с других уровней. Уровень с повышенной концентрацией вещества, предположительно космогенной природы, возможно, является латерально устойчивым, поскольку ранее, по данным ДТМА и микрозондовых исследований, аналогичные частицы были выявлены в кровле маастрихта в других разрезах Саратовского Правобережья: сел Ключи и Тепловка Новобураасского района (Molostovsky et. al., 2006).

В верхах маастрихта плато **Актолагай** также зафиксированы аномально высокие значения $J_n = 1.14 \cdot 10^{-3}$ А/м и фактора $Q = 2.83$, на один-два порядка превышающие значения этих параметров в перекрывающих и подстилающих породах (рисунок 3). Результаты микрозондовых исследований свидетельствуют в пользу того, что этот интервал соответствует импактному событию: в пробах найдены самородные металлы Zn, Al, W, Fe, Sn, интерметаллиды – FeNi и CuZn, а также ассоциации «космических» магнетитовых шариков (до 10 мкм). Данный вывод подтверждают и геохимические материалы, фиксирующие в районе аномального уровня повышение содержаний Ni, Co, Mo, Zn, Rb, Pb, Cu, Fe – возможных индикаторов космогенного вещества (Юдович, Кетрис, 2011).

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

Характерной особенностью верхнемаастрихтской карбонатно-терригенной толщи в разрезе «**Нижняя Банновка**» являются выразительные тенденции к возрастанию J_n и J_{rs} , в сочетании с отчетливым трендом к убыванию значений параметра K/J_{rs} снизу-вверх по разрезу (рисунок 4). Микрозондовые исследования фиксируют в этой части разреза магнетитовые сферулы и частицы железа. Аналогичные

петромагнитные тренды отмечены в разновозрастных карбонатно-терригенных породах Горного Крыма (рисунок 4). Подобное совпадение петромагнитных тенденций в удаленных разрезах, расположенных в различных геоструктурах, наводит на мысль об их общей причине. Можно предположить, что в маастрихте нарастала интенсивность метеоритной бомбардировки Земли. Повышенное содержание ферромагнитных космогенных частиц субмикронной размерности в осадке обусловило уменьшение K/J_{rs} , пропорциональное среднему размеру ферромагнитных зерен, и возрастание J_n , за счет соответствующей ориентировки метеоритной пыли по геомагнитному полю.

Заключение

Главным итогом диссертационного исследования стали глобальные корреляции пограничного интервала кампана–маастрихта по комплексу макро- и микропалеонтологических, палеомагнитных и изотопных данных, в результате которых наиболее точно прослежен уровень подошвы маастрихтского яруса от GSSP маастрихта Терсис во Франции до юго-востока Русской плиты. Этот уровень в разрезах Большевик, Коммунар (г. Вольск) расположен внутри магнитозоны прямой полярности - аналога магнитного хрона 32N2, совпадает с отрицательным шифтом по ^{13}C , приурочен к нижней части зоны *Neoflabellina praereticulata* - *N. reticulata* (LC19) по бентосным фораминиферам и верхней части зоны *Belemnella lanceolata*, к нему приурочена находка аммонита *Hoploscaphites constrictus*. На плато Актолагай подошва маастрихта определяется по резкому изменению характера вариаций магнитной восприимчивости по разрезу, обусловленному эвстатическим падением на рубеже кампанского и маастрихтского веков, по исчезновению бентосных фораминифер *Pseudogavelinella clementiana laevigata* и появлению *Pileussella cayexi* (внутри зон LC19 и *Belemnella lanceolata*).

Кроме того, решен ряд актуальных геологических задач: 1. Установлен позднемаастрихтский возраст карбонатно-терригенной толщи лохской свиты в разрезе Нижняя Банновка, относимой ранее к нижнему маастрихту. 2. Обоснован среднекампанский возраст слоев в разрезе плато Актолагай. 3. Оценены длительности перерывов в осадконакоплении между сенгилеевской и карсунской свитами в Саратовском Правобережье, на границе кампана-маастрихта в Нижней Банновке, в верхах маастрихта на плато Актолагай. 4. Рассчитаны скорости формирования разных типов отложений и скорости распространения маастрихтской трансгрессии на севере Саратовского

Правобережья. 5. Выявлены повышенные концентрации космогенного вещества в осадках, формировавшихся в конце маастрихтского века на юго-востоке Русской плиты и в Горном Крыму. 6. Предложен петромагнитный критерий для определения подошвы радищевской свиты в пределах Вольской впадины, когда ее опознание по литологическому признаку затруднительно. Данные об уточнении возраста местных стратиграфических подразделений и предложения по использованию петромагнитных данных в качестве критериев для опознания границ свит должны быть учтены в региональной стратиграфической схеме верхнего мела Восточно-Европейской платформы.

Дальнейшие перспективы своих магнитостратиграфических исследований автор связывает с изучением других опорных разрезов кампана–маастрихта и остальных ярусов верхнего мела Русской плиты.

Основные публикации по теме диссертации

Статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК:

1. **Гужикова, А.А.** Петромагнитные индикаторы уровней, обогащенных космогенным веществом, в маастрихте Поволжья и Прикаспия / А.А. Гужикова, В.А. Цельмович, В.С. Аткин // Известия Сарат. ун-та. Новая серия. Сер. Науки о Земле. – 2016. - Т. 16. - Вып. 1. – С. 19-24.

2. Куражковский, А.Ю. О возможных изменениях напряженности геомагнитного поля в титоне – берриасе и кампане – маастрихте / А.Ю. Куражковский, Н.А. Куражковская, М.И. Багаева, **А.А. Гужикова** // Известия Сарат. ун-та. Новая серия. Сер. Науки о Земле. – 2015. - Т. 15. - Вып. 2. - С. 41-46.

3. Первушов, Е.М. Пограничный интервал сантонских – кампанских пород в пределах Жирновского поднятия (Волгоградская область) / Е.М. Первушов, В.Б. Сельцер, Е.А. Калякин, **А.А. Гужикова** // Известия Сарат. ун-та. Новая серия. Сер. Науки о Земле. – 2015. - Т. 15. - Вып. 1. – С. 71 – 76.

Работы, опубликованные в других изданиях:

1. **Гужикова, А.А.** Магнитостратиграфия кампана-маастрихта Саратовского Поволжья / А.А. Гужикова // «Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент»: материалы Всероссийской школы-семинара по проблемам палеомагнетизма и магнетизма горных пород. Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. 9-12 ноября 2015 г. – Ярославль: Филигрань, 2015. – С. 54 – 59.

2. **Гужикова, А.А.** Результаты магнитостратиграфических исследований кампана-маастрихта Поволжья / А.А. Гужикова // «Трофимуковские чтения – 2015». Всероссийская молодежная научная конференция с участием иностранных ученых / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние,

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. 11-17 октября 2015 г. : материалы конференции. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – С. 31 – 34.

3. **Гужикова, А.А.** Магнитостратиграфическая корреляция пограничного интервала кампана-маастрихтарайона г.Вольска (Саратовская обл.) и карьера Терсис (ЮЗ Франция) / А.А. Гужикова, В.Н. Беньямовский, Е.Ю. Барабошкин, А.Ю. Гужиков, Е.А. Калякин, Л.Ф. Копаевич, М.Н. Овечкина, Е.М. Первушов, В.Б. Сельцер // «Геологические науки – 2014»: материалы всероссийской научно-практической конференции (10-12 апреля 2014 года). – Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2014. – С. 36 – 38.

4. **Гужикова, А.А.** Петромагнитные данные, как возможный индикатор повышенных концентраций космогенных частиц в маастрихте карьера «Большевик» (г. Вольск, Саратовская обл.) / А.А. Гужикова, В.А. Цельмович, А.Ю. Гужиков, А.Ю. Казанский, А.Ю. Куражковский // «Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии» : сб. научн. трудов / под ред. Е.Ю. Барабошкина, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой, М.А. Афонина, М.В. Черепановой. – Владивосток: Дальнаука. 2014. – С. 110 – 113.

5. **Гужикова, А.А.** Новые магнитостратиграфические данные по кампану Саратовского Правобережья / **А.А. Гужикова**, М.И. Багаева // «Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент»: Мат-лы междуна. школы-семинара «Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород». – Казань: «Казанский университет», 2013. – С. 71 – 76.

6. Гужиков, А.Ю. К вопросу о нижней границе маастрихта в Саратовском Поволжье / А.Ю. Гужиков, В.Н. Беньямовский, Е.Ю. Барабошкин, **А.А. Гужикова**, Е.А. Калякин, Л.Ф. Копаевич, Е.М. Первушов, В.Б. Сельцер, Е.В. Яковишина // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Сб. научн. трудов / под ред. Е.Ю. Барабошкина, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой, М.А. Афонина, М.В. Черепановой. Владивосток: Дальнаука. 2014. – С. 103 – 106.

7. Гужиков, А.Ю. Предварительные био- и магнитостратиграфические данные по кампану-маастрихту плато Актолагай (Казахстан) / А.Ю. Гужиков, Е.Ю. Барабошкин, В.Н. Беньямовский, Г.Н. Александрова, Е.Е. Барабошкин, **А.А. Гужикова**, Л.Ф. Копаевич // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Сб. научн. трудов / под ред. Е.Ю. Барабошкина, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой, М.А. Афонина, М.В. Черепановой. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – С. 107 – 110.

8. Гужиков, А.Ю. Предварительные палео- и петромагнитные данные по кампану-маастрихту плато Актолагай (Казахстан) / А.Ю. Гужиков, Г.Н. Александрова, Е.Ю. Барабошкин, Е.Е. Барабошкин, В.Н. Беньямовский, **А.А. Гужикова** // «Геологические науки – 2014». 10-12 апреля 2014 г. : Материалы

всероссийской научно-практической конференции. – Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2014. – С. 34 – 36.

9. Первушов, Е.М. Новые данные по стратиграфии верхнего мела Саратовского Поволжья и палеоструктурный анализ / Е.М. Первушов, В.Б. Сельцер, Е.А. Калякин, **А.А. Гузикова** // «Геологические науки – 2014». Материалы всероссийской научно-практической конференции (10-12 апреля 2014 года). – Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2014. – С. 54-56.

10. Гузиков, А.Ю. Значение новых комплексных биостратиграфических, палеомагнитных и изотопных исследований вольского карьера «Большевик» Саратовской области для решения проблемы нижней границы маастрихта в ОСШ России / А.Ю. Гузиков, В.Н. Беньямовский, Е.Ю. Барабошкин, В.Б. Сельцер, **А.А. Гузикова**, Б.Г. Покровский, Е.А. Калякин, Л.Ф. Копаевич // ПАЛЕОСТРАТ-2015. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. Москва, 26-28 января 2015 г.: Программа и тезисы докладов. Алексеев А.С. (ред.). – М.: Палеонтологический ин-т им. А.А. Борисяка РАН, 2015. – С. 30.

11. Первушов, Е.М. Сантон Вольской впадины (Саратовское Правобережье) / Е.М. Первушов, В.Б. Сельцер, Е.А. Калякин, Е.В. Попов, **А.А. Гузикова** // ПАЛЕОСТРАТ-2016. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. Москва, 26–28 января 2016 г. Алексеев А.С. (ред.). Программа и тезисы докладов. – М.: ПИН РАН, 2016. – С. 63 – 64.

12. **Guzhikova, A.A.** Magnetostratigraphy of the Campanian deposits of Saratov Volga region (new data) / A.A. Guzhikova, V.A. Fomin // International Workshop on paleomagnetism and rock magnetism. Book of abstracts. – Kazan: Tatpoligraph publishing house, 2013. – P. 24.

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать 28.03.2016

Формат 60x84/16. Бумага офсет №1. Гарнитура Таймс

Печ.л. 0,9. Тираж 100. Зак. №

ИНГТ СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

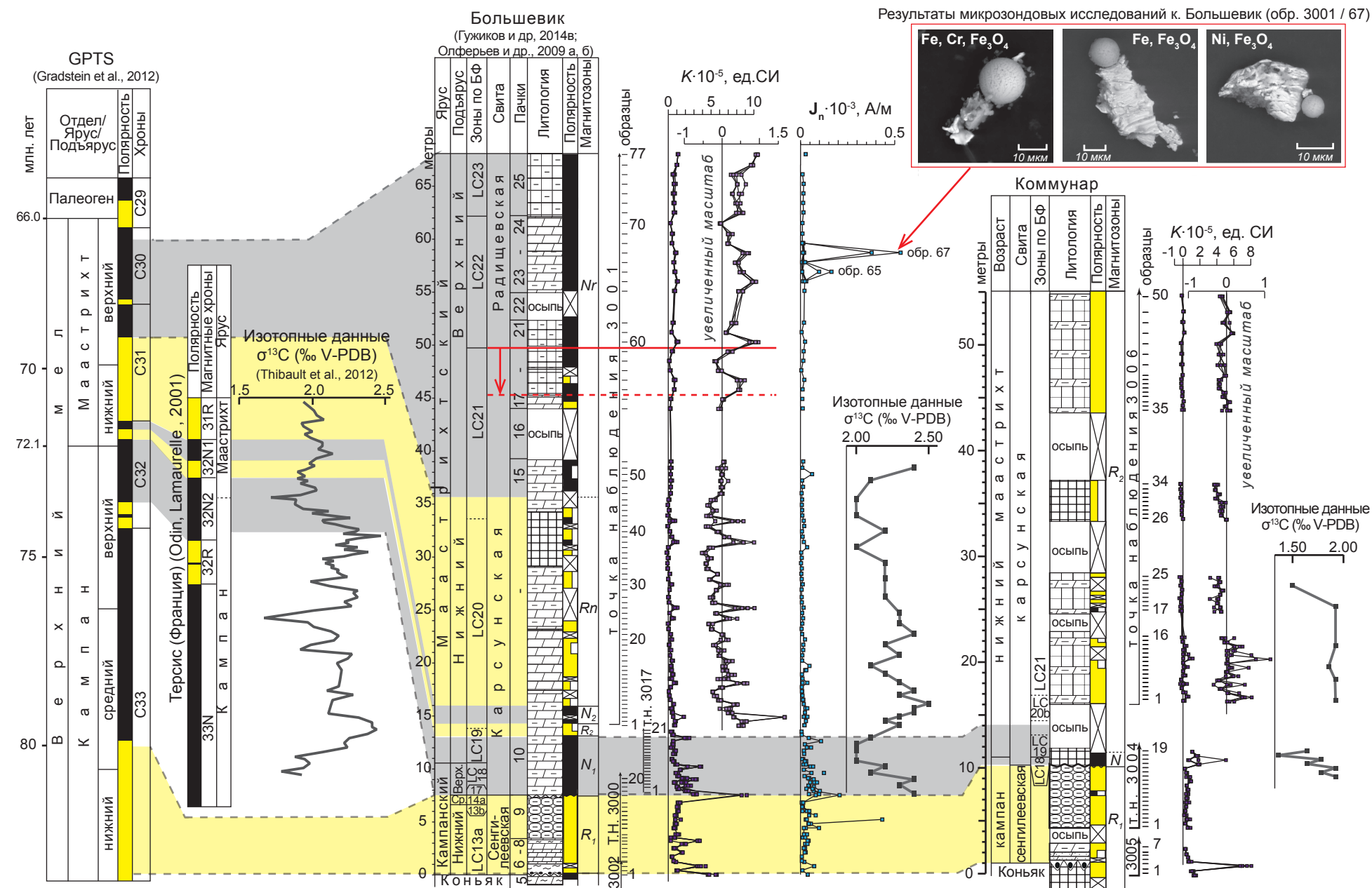


Рисунок 2 – Магнитостратиграфическое сопоставление пограничного интервала кампана-маастрихта карьеров Большевик и Коммунар (г. Вольск) с магнитохронологической шкалой и разрезом Терсис (Франция) по изотопным, палео- и петромагнитным данным.

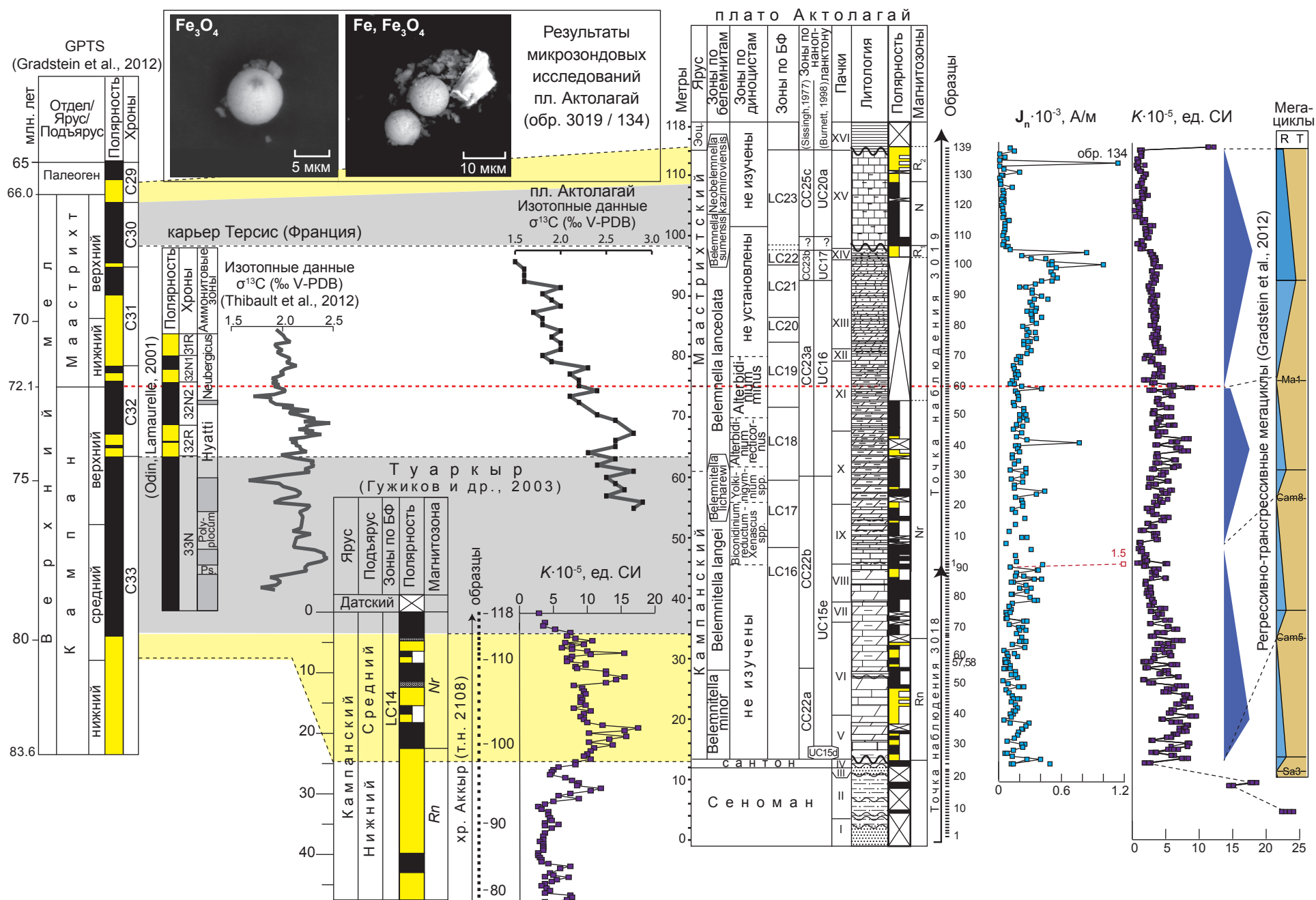


Рисунок 3 – Магнитостратиграфическое сопоставление разреза кампана-маастрихта плато Актолагай с магнитохронологической шкалой и разрезами Терсис (Франция) и Туаркыр (Туркменистан) (по палео-, петромагнитным и изотопным данным). Справа – сопоставление вариаций магнитной восприимчивости по разрезу Актолагай с глобальными регрессивно-трансгрессивными циклами.

