

Багаева Марина Игоревна

**ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И ПЕТРОМАГНЕТИЗМ ВЕРХНЕГО ТИТОНА-
БЕРРИАСА ГОРНОГО КРЫМА: ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ШКАЛЫ ГЕОМАГНИТНОЙ
ПОЛЯРНОСТИ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ**

Специальность: 25.00.01 - Общая и региональная геология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Саратов 2014

Работа выполнена на кафедре общей геологии и полезных ископаемых в ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

Научный руководитель

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой общей геологии и полезных ископаемых геологического факультета ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Официальные оппоненты

Казанский Алексей Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории главного магнитного поля Земли Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук.

Габдуллин Руслан Рустемович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета ФГБОУ ВПО "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова".

Ведущая организация

ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный университет", Институт наук о Земле, г. Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится «21» ноября 2014 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 212.243.08 геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Астраханская 83, 1 учебный корпус, аудитория 53. Факс (8452) 51-69-52.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Саратовского государственного университета (г. Саратов, ул. Университетская, 42) и на сайте <http://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2014/09/03/disser01.09.14.pdf>

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета по указанному адресу.

Автореферат разослан « » октября 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Доктор геолого-минералогических наук



Гончаренко О.П.

Введение

Актуальность работы. Несмотря на внушительный срок геологических исследований в Крыму (более 200 лет) многие аспекты стратиграфии, тектоники, палеогеографии титона-берриаса нуждаются в уточнении или пересмотре. Для успешного решения этих задач актуальным является привлечение новых эффективных инструментов для изучения строения и истории формирования осадочных толщ, к которым относятся методы магнетизма горных пород.

Целесообразность привлечения палеомагнитных определений для уточнения геологического строения пограничного интервала юры-мела Горного Крыма определяется редкостью фаунистических находок и монотонностью литологического строения этого интервала. На основе имеющихся палеонтологических данных невозможно определить с приемлемой точностью положение границ общих стратиграфических подразделений (в т. ч. границу юры-мела, понимаемую, по аналогии с западнотетическими разрезами, в основании зоны Jacobi), а литологические данные не позволяют выделить более двух-трех свит в верхнетитонском– берриасском комплексе, мощность которого исчисляется тысячами метров. Однако проблема детального расчленения и корреляции может быть решена на магнитополярной основе, а определение и уточнение относительного возраста пород (на уровне подъярусов, зон, подзон) возможно путем магнитостратиграфического сопоставления крымских разрезов с западнотетическими стандартными шкалами. Кроме того, магнитостратиграфические схемы являются обязательным атрибутом среднемасштабных геологических съемок нового поколения на территории России, а палеомагнитные данные по серии опорных разрезов служат основой для уточнения и детализации Международной шкалы геомагнитной полярности (GPTS) и востребованы при проведении палеогеодинамических реконструкций. Магнитостратиграфическое изучение пограничного интервала юры-мела Крыма актуально также в связи с привлечением палеомагнитных критериев для обоснования границы юрской и меловой систем, активно обсуждаемого в последнее время вопроса [Барабошкин и др., 2013; Гужиков, 2013б; Wimbledon et. al. 2011; Ogg, Hinnov, 2012; и др.].

Эффективность использования петромагнитных параметров для решения задач региональной геологии многократно продемонстрирована на примере изучения отложений различного возраста и генезиса [Молостовский, 1986, Гужиков, Молостовский, 1995; Evans, Heller, 2003 и многие др.], в том числе и нижнемелового комплекса Горного Крыма [Ямпольская, 2005, Ямпольская и др., 2006]. Экспрессность получения сведений о магнитных свойствах пород является достоинством петромагнитного метода и, наряду с возможностью получения нетривиальной информации, определяют актуальность его применения для выяснения особенностей состава, строения и формирования пограничного интервала юры-мела Горного Крыма.

Цель работы. Построение магнитостратиграфической схемы пограничного интервала юры-мела Горного Крыма, уточнение геологического строения и условий формирования верхнего титона - берриаса Восточного и Центрального Крыма с помощью палео- и петромагнитных данных.

Для достижения поставленных целей необходимо было решить следующие **задачи**:
1. Провести детальные палео- и петромагнитные исследования опорных разрезов верхнетитонских и берриасских отложений Восточного и Центрального Крыма. **2.** Уточнить относительный возраст изученных отложений путем палеомагнитного сопоставления пограничного интервала юры-мела Горного Крыма с возрастными

аналогами Западнотетической области и магнитохронологической шкалой (GPTS). 3. Провести геологическую интерпретацию петромагнитных данных.

Фактический материал. За время полевых работ (2009-2012 гг.) автором была собрана коллекция ориентированных образцов из 17 опорных разрезов титона-берриаса Восточного и Центрального Крыма (Феодосийский и Белогорский районы), более чем с 600 стратиграфических уровней. Суммарная мощность опробованных обнажений составила более 800 м. Также автором были проведены лабораторные исследования (магнитные чистки, петромагнитные измерения) образцов более чем со 100 уровней из палеомагнитной коллекции, собранной в 2002-2003 гг. О.Б. Ямпольской. В общей сложности, палеомагнитным исследованиям подвергнуто более 1000 ориентированных образцов, анизотропия магнитной восприимчивости измерена у 1550 ориентированных образцов, количество образцов, по которым получены различные петромагнитные параметры превышает 2000.

Защищаемые положения.

1. Построена магнитостратиграфическая схема верхнего титона - берриаса Горного Крыма, в которой установлены аналоги всех позднетитонских-берриасских магнитных хронов, увязанные с местными лито- и биостратиграфическими подразделениями. В крымских разрезах, по результатам межрегиональных палеомагнитных корреляций установлены возрастные аналоги и уточнены положения границ некоторых стандартных аммонитовых зон и подзон, в том числе уровень, принимаемый за подошву мела в Западнотетической области. Предложены магнитостратиграфические подразделения, пригодные для средне- и крупномасштабного картирования титонского-берриасского комплекса Горного Крыма.

2. В верхнем берриасе (зоне Boissieri) Восточного Крыма установлен изохронный корреляционный репер глобального масштаба – микрозона обратной полярности, которая должна быть внесена в Международную шкалу геомагнитной полярности (GPTS) в качестве нового субхрона M16n.1r ("Феодосия").

3. На основе палео- и петромагнитных данных уточнено строение титонского-берриасского комплекса Горного Крыма и получены новые сведения об условиях его формирования: реконструированы изменения уровня моря, выявлена неизвестная ранее надвиговая структура, оценены скорости осадконакопления, установлено наличие, наряду с постседиментационными, синседиментационных дислокаций.

Научная новизна. 1. Впервые в Горном Крыму получена магнитостратиграфическая характеристика верхнего титона – берриаса. 2. Доказано наличие в пределах магнитного хрона M16n субхрона M16n.1r («Феодосия»). 3. Впервые обосновано наличие в Восточном Крыму аналогов верхнетитонской зоны Durangites и верхнеберриасской подзоны Alpillensis зоны Boissieri, получены сведения о соответствии слоев с Malbosiceras chaperi зоне Occitanica в Центральном Крыму. 4. В разрезах на территории Восточного Крыма по палеомагнитным данным значительно сужен интервал вероятного положения границы юрской и меловой систем, определяемый в западнотетической области по подошве зоны Jacobi. 5. По данным о магнитной анизотропии обнаружено неизвестное ранее дизъюнктивное нарушение в берриасе Центрального Крыма, установлены направления тектонических деформаций титонских-берриасских пород. 6. В берриасских известняках Центрального Крыма установлено влияние биотурбаций на характер магнитной текстуры пород.

Теоретическая и практическая значимость. Созданная магнитостратиграфическая схема верхнего титона-берриаса Горного Крыма необходима для проведения среднемасштабных геологосъемочных работ в регионе, служит инструментом для

выполнения детальных (зональных и инфразональных) межрегиональных корреляций и основой для уточнения и детализации соответствующего интервала GPTS. Полученные магнитостратиграфические сведения усиливают позиции использования палеомагнитного критерия в качестве одного из первичных маркеров границы юрской и меловой систем.

Массив петромагнитных данных, в том числе о магнитной текстуре пород, может быть использован для реконструкций условий формирования пород и востребован при интерпретации материалов магнитометрических съемок.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались автором на Международных семинарах по геомагнетизму (Борок, 2009; Санкт-Петербург, 2012; Казань, 2013), на Всероссийских совещаниях «Меловая система России» (Ульяновск, 2010; Геленджик, 2012), на Всероссийском совещании «Саксовские чтения» (Новосибирск, 2011), на молодежной конференции «Современные вопросы геологии. 4-е Яншинские чтения» (Москва, 2011), на Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых «Трофимуковские чтения-2013» (Новосибирск, 2013), на Всероссийских научных конференциях студентов, аспирантов и молодых специалистов «Геологи XXI века» (Саратов, 2010-2011). Результаты исследований были привлечены в научные отчеты по проектам, финансируемым Российским Фондом Фундаментальных Исследований (№ 11-05-00405-а) и Минобрнауки России (№ государственной регистрации 01201172353). В настоящее время продолжаются исследования по проекту РФФИ «Магнитостратиграфия берриаса Горного Крыма» (14-05-31152-мол_а), руководителем которого является автор.

По теме диссертации опубликовано 23 работы, из которых 4 в журналах, входящих в перечень ВАК и/или в международные базы данных Web of Sciences и Scopus.

Структура и объем работы. Диссертация, объемом 173 страницы, состоит из 5 глав, введения и заключения. Она содержит 4 таблицы и 50 рисунков. Список литературы включает 110 наименований.

Благодарности. Искреннюю благодарность за всестороннюю помощь в создании работы, терпение, внимательность и поддержку автор выражает своему научному руководителю А.Ю. Гужикову. Автор глубоко признателен А.А. Гужиковой, А.Г. Маникину, В.А. Грищенко, А.М. Суринскому, Н.Д. Архипову, А.М. Михайлову, С. Послушаевой (все СГУ) за помощь на всех этапах работы и постоянную моральную поддержку. Автор благодарит В.В. Аркадьева (СПбГУ) – главного организатора комплексных исследований берриаса Крыма, Е.Ю. Барабошкина (МГУ), В.К. Пискунова (ГИН РАН), В.А. Перминова (Феодосийский центр эколого-натуралистического творчества учащейся молодежи “Интеллект”), а также С.В. Рудько (ГИН РАН), Ю.Н. Савельеву, О.В. Шурекову (ФГУ НПП «Геологоразведка»), Е.С. Платонова (ВСЕГЕИ) за помощь в проведении полевых исследований. Отдельная благодарность сотрудникам лаборатории геодинамики и палеомагнетизма (ИНГГ СО РАН) (Н.Э. Михальцову, В.Ю. Брагину) и Главного геомагнитного поля и Петромагнетизма (ИФЗ РАН) (В.Э. Павлову, Р.В. Веселовскому, А.В. Шацилло) за помощь в проведении лабораторных исследований, советы и дружественное отношение. Глубокую признательность автор выражает РФФИ и Минобрнауки России за финансовую поддержку исследований.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В главе кратко рассмотрена **история изучения пограничного интервала юры и мела** в Тетической и Бореальной надобластях, а также проблема обоснования положения границы этих систем в Международной и Общей стратиграфических шкалах. Особое внимание уделено **истории изучения отложений титона–берриаса Горного Крыма**. Большая часть главы посвящена аналитическому обзору имеющихся **магнитостратиграфических данных по верхнему титону и берриасу различных регионов**. В Тетической надобласти имеется много магнитополярных данных по разрезам с микрофаунистическим (тинтиниды, наннопланктон) обеспечением, расположенным на территории Иберийского полуострова [Ogg et. al., 1984; Mazaud et. al., 1985], Альп [Channell et. al., 2010; Lukeneder et al., 2010] (в том числе по стратотипу берриаса в Юго-Восточной Франции [Galbrun, 1985]), Апеннин [Lowrie, Channell, 1983; Housa et al., 2004; Speranza et al., 2005], Карпат [Housa et al., 1996a, b; Housa et al., 1999a, b; Grabowski, Pszczółkowski, 2006; Michalik et al., 2009; Grabowski et al., 2010a, b], Северного Кавказа [Еремин, 1991; Guzhikov, Eremin, 1999]. Особое значение для решения проблемы детальных межрегиональных корреляций имеют данные по разрезу Puerto Escano [Pruner et al., 2010] в Бетской Кордильере (Южная Испания), где магнитозоны увязаны, как с аммонитовыми, так и с кальпионелловыми детальными подразделениями. По Североевропейской и Бореальной областям имеются данные по Русской плите [Пименов, Ямпольская, 2008], Южной Англии [Ogg et al., 1994], Северу Сибири (полуостров Нордвик) [Хоша и др., 2007; Брагин и др., 2013]. Проанализированы также материалы интерпретации линейных магнитных аномалий [Gradstein et al., 2012] и данные по скважинам глубоководного бурения [Ogg, 1983; Sager et al., 2005]. Отдельное место в главе уделено обзору имеющихся немногочисленных данных по палео- и петромагнетизму титона-берриаса Горного Крыма [Молостовский и др., 1977; Молостовский и др., 1989; Ямпольская, 2005; Ямпольская и др., 2009].

Глава 2. МЕТОДИКА РАБОТ

В главе приведены сведения о методических подходах к полевым работам, лабораторным исследованиям, анализу и интерпретации данных.

В качестве **объектов исследования** были выбраны опорные разрезы верхнетитонского подъяруса и берриасского яруса Восточного и Центрального Крыма. Ориентированные штUFFы отбирались, в основном, с интервалом 0,9 - 1 м. Палео- и петромагнитное опробование проводилось параллельно с геологическим (седиментологическим) описанием разрезов, сбором макрофауны и отбором проб на микрофаунистический (фораминиферы, остракоды, диноцисты, кальпионеллы), литолого-минералогический и другие виды анализов (по принципу «образец в образец»).

Петромагнитные и магнито-минералогические исследования включали измерения магнитной восприимчивости (K), ее частотных зависимостей (FD-фактор) и анизотропии (AMB), величин естественной остаточной намагниченности (J_n), опыты магнитного насыщения с последующими определениями остаточной намагниченности насыщения (J_{rs}), остаточной коэрцитивной силы (H_{cr}), термокаппаметрию, дифференциальный термомагнитный анализ (ДТМА). Анализировался ряд расчетных параметров (параметр Кенигсбергера, отношение K/J_{rs} , являющееся показателем среднего размера ферромагнитных зерен и др.).

Анализ широкого спектра петромагнитных параметров, при знании **вида и генезиса минералов - носителей магнитных свойств** позволяет получить актуальную и, зачастую, нетривиальную информацию об условиях формирования отложений [Молостовский, 1986; Гужиков, Молостовский, 1995; Молостовский, Храмов, 1997; Tarling, Hroudá, 1993; Evans, Heller, 2003]. Доминирующим минералом - носителем намагниченности в изученных отложениях является магнетит и/или близкие к нему минералы. В некоторых интервалах разреза берриаса Центрального Крыма, наряду с магнитомягкой фазой, существенную роль в формирование намагниченности вносят магнито жесткие минералы - гематит и/или сильно дегидратированные гидроокислы железа. Породы, в которых магнито жесткие ферромагнетики доминируют, встречаются в единичных случаях.

Палеомагнитное изучение коллекции проводилось по стандартной методике [Палеомагнитология, 1982; Молостовский, Храмов, 1997] и заключалось в последовательных магнитных чистках температурой (до 550-600°C с шагом в 50 °C) и переменным полем (до 50 мТл с шагом 5 мТл) 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. Данные по наиболее стабильным в палеомагнитном отношении образцам были использованы для расчета виртуальных геомагнитных полюсов (ВГМП). С целью обоснования **древней природы намагниченности** использовался ряд **полевых тестов** и методов (складки, обращения, кругов переманчивания); координаты рассчитанных ВГМП сравнивались с одновозрастными полюсами для Горного Крыма, определенными ранее; проверялась индифферентность геомагнитных инверсий к литологическим, петромагнитным характеристикам и другим особенностям вещественного состава; анализировались показатели АМВ, величины палеомагнитных кучностей, параметра Кенигсбергера и других параметров, зависящие, в той или иной степени, от генезиса Jn; использовался «критерий внешней сходимости», заключающийся в проверке сходства магнитополярной структуры верхнего титона – берриаса Крыма и других регионов.

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, а у ряда образцов на криогенном магнитометре 2G Enterprises. Для термокаппаметрического анализа была задействована печь СНОЛ 6/11-В, для ДТМА – термоанализатор магнитных фракций ТАФ-2 («магнитные весы»). Магнитные чистки температурой проводились в печи конструкции В.П. Апарина; переменным магнитным полем – на установке LDA-3AF.

Анализ данных АМВ осуществлялся при помощи программы Anisoft 4.2. Компонентный анализ палеомагнитных данных – с помощью программы Remasoft 3.0 путем анализа и интерпретации диаграмм Зийдервельда, графиков размагничивания и стереографических проекций Jn. Тест обращения проводился по методике, предложенной П.Л. Макфадденом и М.В. Макелхинни [McFadden, McElhinny, 1990], количественная интерпретация результатов теста складки проводилась по методике, предложенной П.Л. Макфадденом [McFadden, 1990].

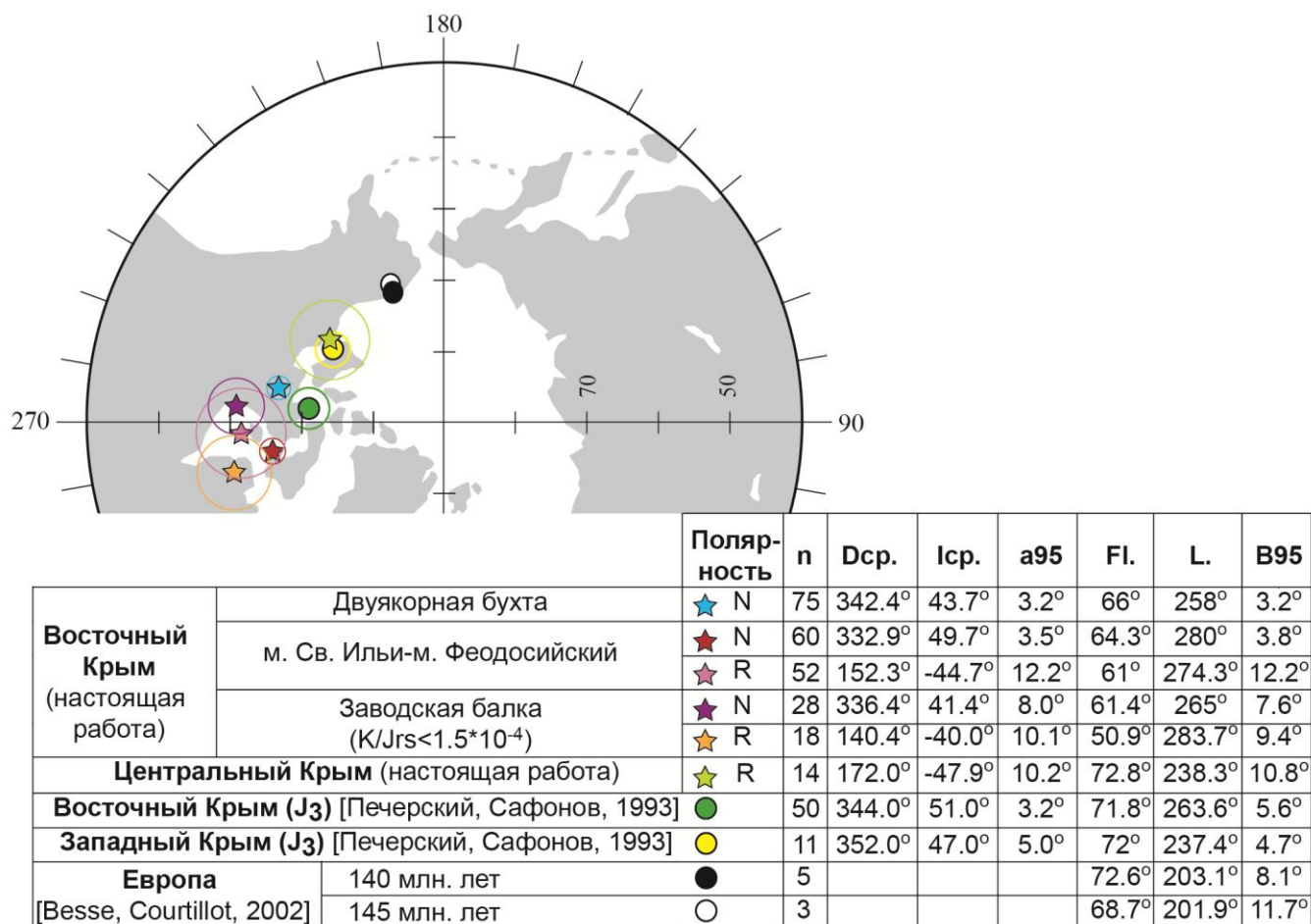


Рисунок 1 - Стереографическое изображение палеомагнитных полюсов, рассчитанных по верхнетитонским-берриасским отложениям Восточного и Центрального Крыма (настоящая работа), и верхнеюрского полюса для Восточного и Центрального Крыма [Печерский, Сафонов, 1993], стандартного полюса для Европы [Besse, Courtillot, 2002]

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

Глава содержит результаты исследований верхнетитонских-берриасских отложений Восточного и Центрального Крыма в виде детальных геологических описаний обнажений; магнитостратиграфических разрезов, включающих литолого-седиментологические колонки, биостратиграфические разбивки, магнитополярные колонки, ранжированные на магнитозоны, графики палеомагнитных склонений и наклонов; сводные петромагнитные разрезы с кривыми K, Jn, гистерезисных (Jrs, Hcr и др.) и расчетных параметров (Q, K/Jrs и др.). В этом же разделе приведены типичные результаты компонентного анализа данных по каждому разрезу (стереографические изображения изменения направлений Jn в ходе магнитных чисток, диаграммы Зийдервельда, графики размагничивания), стереографические распределения ChRM, ВГМП (рисунок 1а) и АМВ, таблицы с палеомагнитной статистикой (рисунок 1б) и результатами полевых тестов.

В **Восточном Крыму** (г. Феодосия) магнитополярная характеристика вернего титона – нижнего берриаса (зоны Jacobi) получена по разрезам Двукорная бухта, мыс Святого Ильи, мыс Феодосийский (суммарная мощность изученного интервала ~ 350 м) и верхнего берриаса (зоны Voissieri) по разрезу Заводская балка (видимая мощность – 75 м). Индекс палеомагнитной достоверности разрезов Восточного Крыма составляет 6 (из

7 возможных) по Ван дер Во [Van der Voo, 1993], 8 (из 10) по Н. Д. Опдайку и Дж. Е. Т. Чэйннеллу [Opdyke, Channell, 1996] и 7 (из 8) по А.Н. Храмову [Дополнения ..., 2000].

Верхнетитонский–нижеберриасский интервал характеризуется преимущественно слабой и умеренной естественной магнитностью ($K=0.4\text{--}100.7\cdot 10^{-5}$ ед. СИ, $J_n=0.06\text{--}62.9\cdot 10^{-3}$ А/м), в целом возрастающей вверх по разрезу. Магнитные свойства отложений определяются, в основном, магнетитом и минералами близкими к нему. График K/J_n фиксирует наибольшую среднюю размерность ферромагнитных частиц в пределах нижнего берриаса. Для исследуемых отложений типичен параметр Кенигсбергера (фактор Q) $\ll 1$, что более характерно для ориентационной намагниченности. На некоторых уровнях в верхах разреза, где $Q = 1\text{--}1.5$, нельзя исключить химическую природу J_n . Верхний берриас отмечен высокими значениями K и J_n ($26\text{--}110.4\cdot 10^{-5}$ ед. СИ и $0.5\text{--}71.4\cdot 10^{-3}$ А/м, соответственно) и присутствием суперпарамагнитного магнетита, фиксируемого значениями FD-фактора 2– 4.5%.

В Центральном Крыму (Белогорский район, бассейн р. Сары-Су) магнитополярные данные получены по серии разрозненных обнажений среднего (зона Occitanica) и верхнего (зона Boissieri) берриаса: овраг Енисарай, сс. Новокленово, Балки, Межгорье, общей мощностью ~ 300 м. Индекс палеомагнитной достоверности полученных данных составляет 6 (из 7 возможных) по классификации Ван дер Во [Van der Voo, 1993] и 7 (из 8) по критериям А.Н. Храмова [Дополнения ..., 2000].

Нижняя (карбонатная) часть разреза слабомагнитна ($K = 0.2\text{--}8\cdot 10^{-5}$ ед. СИ, $J_n = 0.002\text{--}0.2\cdot 10^{-3}$ А/м). Вышележащие терригенные отложения отмечены более высокими величинами K (от 11 до $25\text{--}33\cdot 10^{-5}$ ед. СИ). Параметр K/J_n , минимален в глинах свиты бечку, а максимален в известняках нижней части и терригенно-карбонатных разностях верхней части сводного разреза. Главные носители намагниченности представлены магнитомягкой фазой, но в слабомагнитных известняках из низов разреза, наряду с ней, отчетливо фиксируется и магнито жесткая (гематитовая) составляющая.

В главе приведены стереограммы с распределениями эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости в разрезах титона-берриаса Горного Крыма по 1336 образцам из 17 опорных разрезов.

Глава 4. РЕШЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ ПО ВЕРХНЕМУ ТИТОНУ-БЕРРИАСУ ГОРНОГО КРЫМА

Глава включает описание магнитостратиграфической схемы верхнего титона-берриаса Горного Крыма и результаты решений геологических задач на ее основе.

Магнитостратиграфическая схема (рисунок 2) представляет собой чередование 13 субзон: семи прямой (N) и шести обратной (R) полярности. Субзоны, выявленные на уровне границы юры и мела индексированы как титонские-берриасские (**N_{1t-b}**, **R_{1t-b}** и **N_{2t-b}**). Нижележащие (титонские) и вышележащие субзоны (берриасские) обозначены как **N_{1t}**, **R_{1t}** и **R_{1b}**, **N_{1b}**, соответственно. Субзоны **N_{1t}-N_{1b}** обнаружены в Восточном Крыму в пределах двукорной свиты. Субзоны **R_{2b}**, **N_{2b}** установлены в Центральном Крыму в пределах свиты бечку. Субзоны **R_{3b}**, **N_{3b}** и **R_{4b}** выделяются в султановской свите Восточного Крыма, в свитах бечку и кучкинской Центрального Крыма.

Субзона **N_{1t}** соответствует зоне Microcanthun (верхний титон) и является аналогом магнитного хрона M20n. Субзона **R_{1t}** расположена в нижней части зоны Durangites и идентифицируется как аналог хрона M19r. Субзоны **N_{1t-b}**, **R_{1t-b}**, **N_{2t-b}** приурочены к пограничному интервалу Durangites/Jacobi и отождествляются с хроном M19. **R_{1t-b}** при этом отвечает субхрону Бродно (M19n.1r), а **N_{1t-b}** и **N_{2t-b}**, субхронам M19n2n и

R_{4b} охватывает верхи зоны Boissieri и соответствует магнитному хрону M15r, субзону **N_{4b}**(?), возможно, следует отождествлять с хроном M15n.

Уточнение стратиграфического возраста отложений. Изначально слои с находками *Paraulacosphinctes* cf. *senoides* Tavera и *P.* cf. *transitorius* (Oppel) в разрезе Двужорная бухта (Феодосия) были отнесены к подзоне Transitorius зоны Microcanthum, хотя представители рода *Paraulacosphinctes* также известны и из зоны Durangites. Проведенное магнитоstrатиграфическое сопоставление титона–берриаса Крыма и Южной Испании [Pruner et al., 2010] позволяет сделать однозначный вывод о принадлежности этого интервала к зоне Durangites, потому что слои с *P.* cf. *transitorius* охвачены субзоной **R_{1t}**, которая может быть только аналогом хрона M19r, поскольку другие крупные магнитозоны в верхней части титона неизвестны.

Магнитному хрону M15r, аналоги которого зафиксированы в разрезах Заводская балка и с. Пасечное, в Западной Европе отвечает подзона Alpillensis зоны Boissieri [Aguado et. al., 2000]. Следовательно, аналоги этой подзоны присутствуют и в Восточном, и в Центральном Крыму.

Магнитоstrатиграфические подразделения, рекомендуемые для геологического картирования. Картирование магнитоstrатиграфических подразделений (магнитозон) успешно реализовывалось в нашей стране, начиная с 70-х гг [Молостовский, 1986; Молостовский, Храмов, 1997]. Представление палеомагнитной информации на геологической карте возможно двумя способами. Первый заключается в изображении на карте, как литологических тел, так и изохронных магнитоstrатиграфических уровней и реализует идею о двойной легенде геологических карт. Второй – подразумевает перенос магнитозон на геологическую карту в качестве составных частей свит. Применительно к пограничному интервалу юры–мела Горного Крыма последний способ представляется более предпочтительным, потому что границы стратон, выделенных, в соответствии со стратиграфическим кодексом РФ [2006], как по палео- (векторным), так и по петромагнитным (скалярным) признакам, могут быть совмещены с поверхностями разделов свит, и, таким образом, отпадает необходимость дополнительной нагрузки карты в виде границ магнитозон и двойной легенды. Индексация магнитных зон, предназначенных для картирования, дана в соответствии с требованиями кодекса [Стратиграфический ..., 2006]: обозначения полярности, возраста (ярусная и свитная принадлежность), порядковый номер зоны снизу-вверх, краткая характеристика скалярных магнитных свойств. Подразделение верхнего титона – берриаса Восточного и Центрального Крыма на свиты принято по данным В.В. Аркадьева [Аркадьев и др., 2012]. Предлагаемые к картированию восемь магнитоstrатиграфических подразделений (рисунок 2), по сути, выполняют функции подсвит и маркирующих горизонтов, их предлагается использовать в качестве картируемых подразделений при проведении средне- и крупномасштабных съемок.

Расчет скоростей осадконакопления. Для сводного разреза верхнего титона–берриаса Восточного Крыма скорость осадконакопления варьирует в широких пределах: от ~ 30 м/млн. лет (M15r) до ~ 500 м/млн. лет (M19n1r) (рисунок 3а). Высокие скорости образования отложений (порядка сотен метров за миллион лет) характерны для флишевых отложений [Рудько, 2014], которыми сложен участок разреза, соответствующий верхам хрона M19n. В целом для позднего титона фиксируется тенденция к возрастанию скорости с достижением максимума на рубеже титона–берриаса. Интересно, что аналогичный тренд к увеличению скорости осадконакопления в титоне, вплоть до начала берриаса, зафиксирован в Карпатах и Южных Альпах [Grabowski et al., 2010a], хотя нельзя исключить возможность простого совпадения.

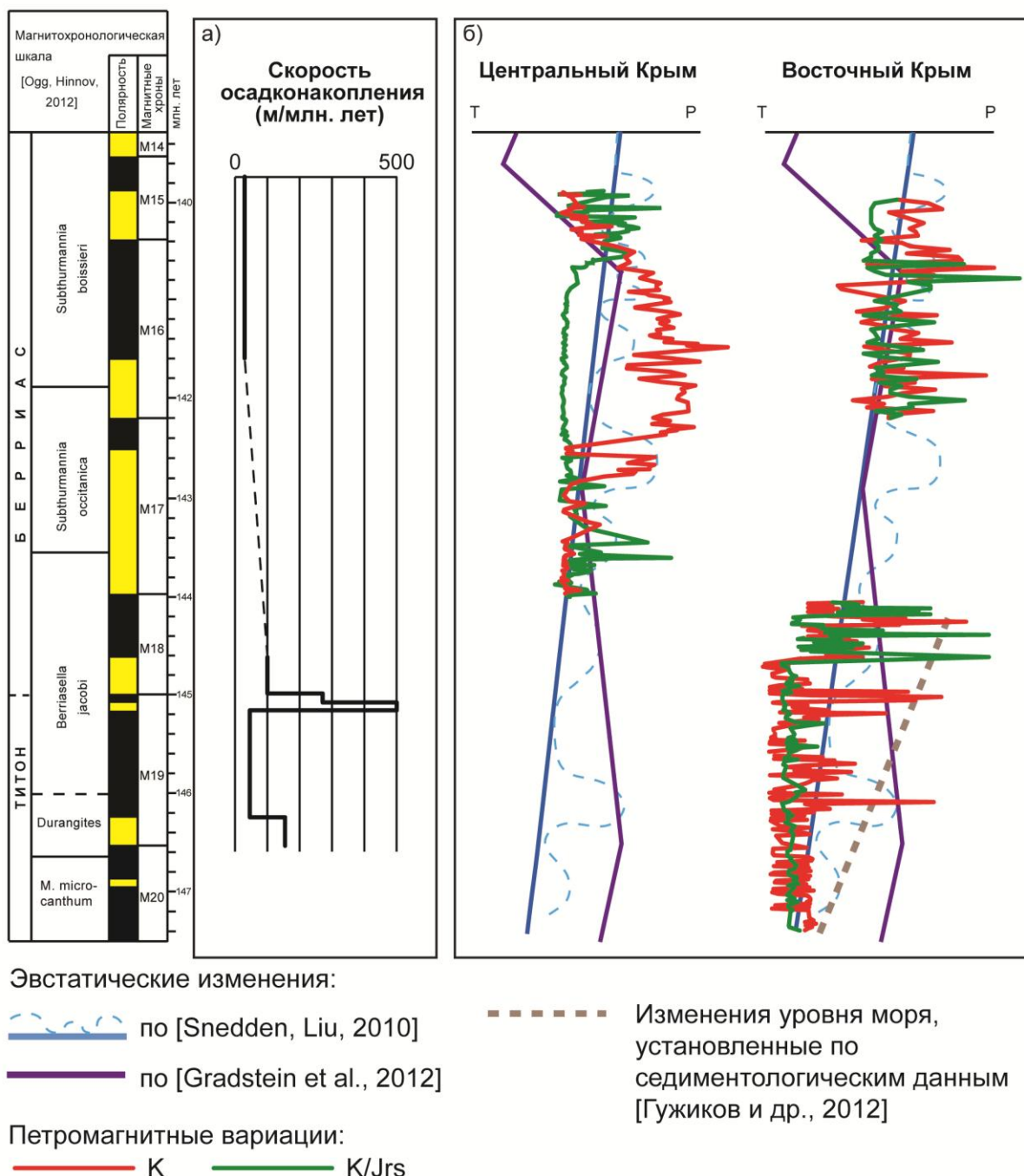


Рисунок 3 - а) Скорости осадконакопления в позднем титоне - берриасе, рассчитанные на основе палеомагнитных данных по Восточному Крыму; б) сопоставление петромагнитных вариаций в разрезах верхнего титона - берриаса Горного Крыма с изменениями уровня моря по данным разных авторов

Обоснование выделения субхрона M16n.1r в международной шкале геомагнитной полярности. Микрозона обратного знака внутри магнитозоны N3b – аналога хрона M16n, выявленная в верхнем берриасе (зона Boissieri) Восточного Крыма (рисунок 2), представляет особый интерес, как новый изохронный корреляционный репер глобального масштаба. Аналогичная микрозона, занимающая такое же положение по отношению к биостратиграфическим (подзона Paramimounum) и магнитохронологическим (низы хрона M16n) подразделениям, была выделена ранее в стратотипе берриаса во Франции [Galbrun, 1985] и, вероятно, в итальянском разрезе Bosso [Satolli et al., 2007]. Наличие кратковременной эпохи обратной полярности в хроне M16n подтверждается и материалами морских магнитных съемок [Tomimaga, Sager, 2010]. Микрозона обратной полярности, прослеживаемая от Крыма до

Французских Альп, полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к выделению новых магнитополярных подразделений, как по количеству образцов, так и по латеральной устойчивости, и должна быть внесена в международную шкалу геомагнитной полярности в ранге субхрона M16n.1r. Следуя традиции [Houša et. al., 1997] предлагается назвать новую микрозону (субхрон M16n.1r) "Феодосией".

Глава 5. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПЕТРОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ ПО ТИТОНУ-БЕРРИАСУ ГОРНОГО КРЫМА

В главе, руководствуясь принципами геологической интерпретации петромагнитных данных [Гужиков, Молостовский, 1995; Молостовский, Храмов, 1997; Tarling, Hrouda, 1993; Borradaile, Henry, 1997; Chadima, 2008], реконструированы некоторые особенности формирования титонских-берриасских отложений Горного Крыма.

Петромагнитные свойства – индикаторы колебаний уровня моря (рисунок 3б).

Носители намагниченности в берриасских глинах Центрального Крыма (верхи зоны Occitanica и зона Boissieri) имеют, в основном, обломочную природу. Повышенные значения К при этом можно трактовать, как повышенные концентрации терригенного материала в условиях мелководной обстановки, а выразительный тренд к убыванию величин этих параметров вверх по разрезу – как неуклонное повышение уровня моря. Скачкообразное увеличение размерности ферромагнитных зерен в верхах Boissieri, фиксируемое по возрастанию К/Jrs можно связать с резким обмелением бассейна (низкая К при этом может быть связана с увеличением скорости осадконакопления, приводящим к разубоживанию ферромагнитного сигнала). Интерпретация петромагнитных кривых в пределах пачек, сложенных известняками (нижняя часть зоны Occitanica) не может быть проведена по аналогии с терригенными породами, потому что магнитные свойства карбонатных толщ нельзя однозначно увязать с алло-или аутигенными ферромагнетиками. Исходя из разумного предположения о терригенном генезисе более крупных ферромагнитных частиц, можно заключить, что отложения, отмеченные низкими значениями К/Jrs (снижением среднего размера магнитной фракции), формировались в условиях спада интенсивности терригенного сноса в связи с повышением уровня моря.

На территории Восточного Крыма в разрезе верхнего титона - нижнего берриаса (зона Jacobi) существенное возрастание К/Jrs (среднего размера ферромагнитных зерен), сопровождающееся увеличением К, можно связать с уменьшением глубины бассейна. Верхи берриаса (зона Boissieri), представленные в разрезе Заводская балка, характеризуются максимальными значениями параметров, отражающих концентрацию и размерность зерен ферромагнетиков, что, вероятно, связано с активизацией терригенного сноса сильномагнитного материала во время позднеберриасской орогении [Никишин и др., 1997].

Сделанные выводы об изменениях уровня моря согласуются с данными седиментологического и палеоэкологического анализов [Гужиков и др., 2012], не просто дублируя, а детализируя имеющуюся информацию, позволяя выявить на грубых трендах к углублению или обмелению палеобассейна более тонкую ритмичность (рисунок 3б).

Геологическая интерпретация данных АМВ. Дифференцированный анализ магнитных текстур (МТ) по различным литологическим разностям позволил определить, что для всех титонских-берриасских глин характерна плоскостная

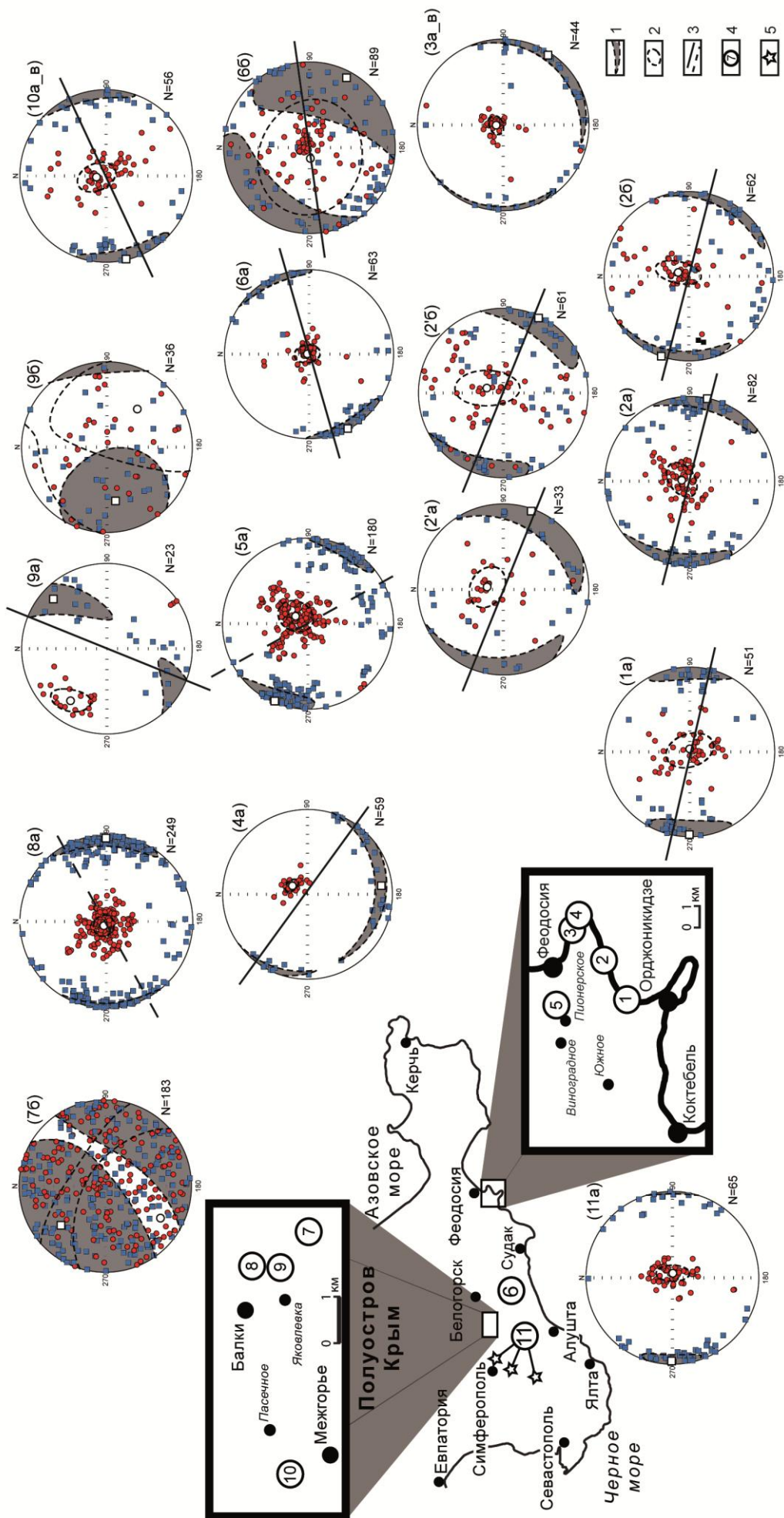


Рисунок 4 - Схемы расположения изученных разрезов и стереограммы АМВ по ним. 1,2 – овалы доверия для К1 и К3, соответственно; 3 – линии преимущественного простирания пластов (пунктиром недостоверные). а, б, в – глины, известняки, мергели, соответственно; 4,5 - местоположение разрезов на карте. Цифры на схемах расположения и в номерах стереограмм соответствуют разрезам: 1 - п. Орджоникидзе, 2 - Двужоркная бухта, 3 - мыс Феодосийский, 4 - мыс Святого Ильи, 5 - Заводская балка, 6 - пр. Тонас и Кучук-Узень (все Восточный Крым); 7 - овраг Енисарай, 8 - обнажение 2940 у с. Балки, 9 - обнажение 2952 у с. Балки, 10 - сс. Межгорье и Пасечное, 11 - сс. Верхоречье, Партизанское и п. Марьино

анизотропия, осложненная в той или иной степени упорядоченностью длинных осей магнитных эллипсоидов (K1) в определенных направлениях (рисунок 4). Степень упорядоченности K1 пропорциональна величине параметра $L = (K1/K2) \cdot 100\%$ (lineation). По различиям в значениях L (от 0.4 до 1.4%) и особенностям распределения проекций коротких осей магнитных эллипсоидов (K3) глины разделены на три подтипа.

В известняках, которые в отличие от пластичных глин практически не деформируются, либо проявляются слабые тенденции к упорядочиванию K1 и группированию проекций K3 близко к центру (рисунок 4, стереограммы 2б, 2'б, 6б), либо фиксируются хаотичное распределение осей (рисунок 4, стереограммы 7б, 9б).

Массовые данные по АМВ титона–берриаса Горного Крыма являются первыми материалами подобного рода для этого региона. Проведенный качественный анализ магнитных текстур еще не исчерпал их информационного потенциала, но уже позволил получить некоторые нетривиальные геологические результаты.

Определение направлений деформаций пород в разных районах Горного Крыма вследствие тектонических подвижек. Плоскостная анизотропия обусловлена деформациями пластичных глин и степенью их интенсивности – от минимальной в разрезах мыс Феодосийский, мыс Святого Ильи и обнажения 2940 у с. Балки (рисунок 4, стереограммы 3а_в, 4а, и 8а, соответственно) до максимальной в обнажении 2952 у с. Балки (рисунок 4, стереограмма 9а). Глины с субширотной ориентировкой длинных осей распространены в титоне–берриасе Центрального и Восточного Крыма повсеместно, что говорит об обусловленности МТ общей причиной регионального характера – коллизионным сжатием в субмеридианальном направлении. Этот вывод согласуется с представлениями о геодинамике Крымского полуострова [Никишин и др., 1997].

Выявление по данным о магнитной анизотропии, в сочетании с микрофаунистическими данными, неизвестного ранее дизъюнктивного нарушения (клиппа) близ с. Балки (Центральный Крым). Сильное смещение проекций коротких осей от центра и перпендикулярная ему ориентировка проекций длинных осей в направлении СВ-ЮЗ в обнажении 2952 близ с. Балки (рисунок 4, стереограмма 9а), свидетельствует о том, что глины здесь подверглись сильному локальному сжатию по оси ЮВ-СЗ [Tarling, Hrouda, 1993; Lanza, Meloni, 2006]. Известняки, залегающие на этих глинах, содержат комплекс фораминифер, отличный от такового в нижележащих терригенных породах, но идентичный микрофаунистическому комплексу в более древних известняках (данные А.А. Федоровой, ФГУП "Геологоразведка", Санкт-Петербург). Совокупность перечисленных особенностей позволяет сделать вывод, что тектоническое сжатие сформировало здесь надвиговую структуру. Известняки являются экзотической глыбой (клиппом) более древних пластов. Важно отметить, что палеонтологических данных оказалось недостаточно для доказательства аллохтонной природы известняков, и окончательный вывод о существовании надвига был сделан, благодаря данным о магнитной текстуре глин.

Обоснование наличия в глинистых разностях как синседиментационных деформаций, так и тектонических, возникших в уже литифицированных породах.

В пользу тектонических постседиментационных движений как главного фактора, определившего облик магнитных текстур глин, свидетельствуют:

- Примерное совпадение направлений, вдоль которых ориентированы K1, с преимущественным простираем слоев (рисунок 4). Отклонения от этой закономерности в обнажении 2940 у с. Балки (рисунок 4, стереограммы 8а), возможно

связаны с неточностями в определении элементов залегания, ввиду отсутствия твердых разностей слоев с четко выраженными поверхностями напластования.

- Прямая связь степени упорядоченности K_1 с углами падения пластов: слабая анизотропия характерна для субгоризонтального залегания с углами падения от 6 до 15° (рисунок 4, стереограммы 3а_в, 4а, 8а), а явно выраженной анизотропии K_1 соответствуют наклоны пластов 12-50° (рисунок 4, стереограммы 1а, 2а, 9а, 10а_в).

- Одинаковый характер АМВ в титонских-берриасских и барремских-аптских глинах (рисунок 4, стереограмма 11а), свидетельствующий, по крайней мере, о послеаптском возрасте тектонических сжатий.

Однако, в изученных глинах присутствуют также синседиментационные деформации, возникшие на стадии нелитифицированного осадка. Об этом свидетельствуют результаты теста складки по разрезу Заводская балка, которые либо некорректны, либо указывают на послескладчатую природу намагниченности. Подобные результаты, учитывая закономерное чередование магнитозон прямой и обратной полярности в разрезе и положительные результаты теста обращения, свидетельствующие о древней природе ChRM, могут быть объяснены только деформациями полужидкого осадка, в котором ферромагнитные частицы имели возможность доориентироваться по геомагнитному полю уже после изменения положения слоев. Схожие закономерности отмечены в разрезе Двужкорная бухта.

Установление факта отражения биотурбаций в магнитной анизотропии. Хаотичное распределение осей эллипсоидов магнитной восприимчивости в нижнеберриасских известняках Центрального Крыма (рисунок 4, стереограммы 7б, 9б) связано с образованием магнетита в биотурбациях, которыми изобилуют карбонатные породы в изученном разрезе. Биогенный магнетит содержится в организмах многих ракообразных [Баскирк, О'Брайен, 1989], кроме того, биотурбации могут заселяться магнетитпродуцирующими бактериями [Stolz et. al., 1986]. Произвольная конфигурация ихнофоссилий и их неравномерное распределение в объеме образца, предопределяет хаотичный характер магнитной текстуры.

Заключение

Итогом выполненных исследований стало создание магнитостратиграфической схемы пограничного интервала юры-мела (верхнего титона-берриаса) Центрального и Восточного Крыма, в которой установлены магнитозоны – аналоги всех познетитонских-берриасских магнитных хронов. Путем сопоставления схемы с магнитостратиграфическими разрезами титона-берриаса Северного Средиземноморья прослежены изохронные уровни от Западного Тетиса до Восточного Перитетиса, а в Горном Крыму обосновано наличие возрастных аналогов ряда стандартных зон и подзон верхнего титона – берриаса. Выделены пригодные для средне- и крупномасштабного картирования магнитостратиграфические стратоны, с использованием геомагнитных инверсий (границ магнитозон) и петромагнитных признаков в качестве критериев для обоснования их границ.

Проведенные исследования позволили детально уточнить палеомагнитную шкалу берриасского яруса: детализировать тонкую структуру магнитного хрона M16n, за счет внесения в него субхрона M16n.1r ("Феодосия"). Выявление нового субхрона важно, как в геофизическом плане (выявление неизвестной ранее особенности режима берриасского геомагнитного поля), так и в стратиграфическом аспекте (обоснование нового изохронного корреляционного уровня, устойчивого в глобальном масштабе). Палео- и петромагнитные данные были использованы для расчета скоростей

осадконакопления, реконструкций колебаний уровня моря. Отдельно следует отметить полученные впервые сведения о магнитной текстуре пограничных отложений юры и мела, анализ которых дал возможность выявить неизвестные ранее дизъюнктивные нарушения в долине р. Сары-Су (Центральный Крым), оценить вклад син- и постседиментационных факторов в деформации осадочных толщ, установить отражение интенсивности биотурбаций в магнитной текстуре отложений и решить некоторые другие задачи, связанные с условиями формирования пород.

Материалы по магнитным свойствам верхнего титона - берриаса Горного Крыма могут быть востребованы также для более корректной геологической интерпретации материалов магнитометрических съемок разного масштаба.

Дальнейшие перспективы палео- и петромагнитных исследований пограничного интервала юры-мела Горного Крыма автор связывает с изучением титона-берриаса Западного Крыма и исследованиями пограничного интервала берриаса-валанжина.

Список публикаций автора

Статьи в рецензируемых журналах списка ВАК:

1. Аркадьев В.В. Био- и магнитостратиграфическая характеристика разреза верхнего берриаса «Заводская балка» (Восточный Крым, Феодосия) / В.В. Аркадьев, **М.И. Багаева**, А.Ю. Гужигов, А.Г. Маникин, В.А. Перминов, О.Б. Ямпольская // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. – 2010. — Вып. 2. – С. 3-16.

2. Гужигов А.Ю. Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому - меловому интервалу Восточного Крыма / А.Ю. Гужигов, В.В. Аркадьев, Е.Ю. Барабошкин, **М.И. Багаева**, В.К. Пискунов, С.В. Рудько, В.А. Перминов, А.Г. Маникин // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2012. – Т. 20. – № 3. – С. 35–71.

3. **Багаева М.И.** Магнитные текстуры, как индикаторы условий формирования титонских-берриасских пород Горного Крыма / **М.И. Багаева**, А.Ю. Гужигов // Известия СГУ. – 2014. – Т. 14. – Вып. 1. – С. 41-47.

Работы, опубликованные в других изданиях:

1. Ямпольская О.Б. Магнитостратиграфическая характеристика пограничных отложений юры-мела Восточного Крыма / О.Б. Ямпольская, А.Ю. Гужигов, Е.Ю. Барабошкин, **М.И. Багаева** // Юрская система России: Третье Всероссийское совещание: научные материалы. – Саратов: Издательский центр «Наука», 2009. – С. 265-267.

2. **Багаева М.И.** Новые данные по био- и магнитостратиграфии пограничных отложений берриаса-валанжина Восточного Крыма / М.И. Багаева, В.В. Аркадьев, Е.Ю. Барабошкин, Е.Ю. Горбенко, А.Ю. Гужигов, А.Г. Маникин, В.А. Перминов // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов: Материалы научной сессии, посвященной В.Н. Саксу, Т. 1. Мезозой. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. – С.23-26.

3. Гужигов А.Ю. Магнитостратиграфическая корреляция границы юры-мела Западной Европы и Горного Крыма / А.Ю. Гужигов, В.В. Аркадьев, **М.И. Багаева**, Е.Ю. Барабошкин, В.А. Перминов // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов: Материалы научной сессии, посвященной В.Н. Саксу, Т. 1. Мезозой. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. – С. 71-74.

4. **Багаева М.И.** Новые палеомагнитные данные по разрезу верхнего берриаса (зона *Fauriella boissieri*) Заводская балка (Феодосия, Крым) в связи с обоснованием нового магнитного субхрона M16n1r / М.И. Багаева // Материалы молодежной

конференции: «Современные вопросы геологии. 4-е Яншинские чтения» – Москва: ГЕОС, 2011. – С. 7-12.

5. Гужиков А.Ю. Магнитостратиграфическая схема берриаса Горного Крыма / А.Ю. Гужиков, В.В. Аркадьев, **М.И. Багаева**, Е.Ю. Барабошкин, А.Г. Маникин, В.А. Перминов // Материалы VI Всероссийского совещания: Меловая система России и ближнего зарубежья. г. Геленджик, 10-15 сентября 2012 г. – Краснодар: Изд-во Кубанского гос. ун-та, 2012. – С. 116-119.

6. **Багаева М.И.** Отражение в анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) условий формирования пород нижнего мела Горного Крыма / М.И. Багаева, А.Ю. Гужиков // Материалы VI Всероссийского совещания: Меловая система России и ближнего зарубежья. г. Геленджик, 10-15 сентября 2012 г. – Краснодар: Изд-во Кубанского гос. ун-та, 2012. – С. 28-30.

7. Аркадьев В.В. Новые данные по био- и магнитостратиграфии берриасских отложений Центрального Крыма / В.В. Аркадьев, Е.Ю. Барабошкин, **М.И. Багаева**, Т.Н. Богданова, А.Ю. Гужиков, А.Г. Маникин, В.К. Пискунов, Е.С. Платонов, Ю.Н. Савельева, А.А. Федорова, О.В. Шурекова // Материалы VII Всероссийского совещания с международным участием: Меловая система России и ближнего зарубежья. Г. Владивосток, о. Русский, кампус ДВФУ, 10-15 сентября 2014 г. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – С. 31-34

8. **Bagaeva M.I.** Magnetostratigraphic data on the Berriasian of the Crimean Mountains / M.I. Bagaeva, O.B. Yampolskaya, A. Yu. Guzhikov // 1 st students' international geological conference. Abstracts. – Krakow, Poland, 2010. – PP. 6-7.

9. **Bagaeva M.I.** Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) and features of formation of Lower Cretaceous rocks of the Mountains Crimean / M.I. Bagaeva // Problems of Geocosmos: 9-th International Conference. Book of Abstracts. – СПб.: СОЛО, 2012. – С. 27-28.

10. Guzhikov A.Yu. Magnetostratigraphy of Jurassic-Cretaceous boundary of Mountains Crimea / A.Yu. Guzhikov, **M.I. Bagaeva** // Problems of Geocosmos: 9-th International Conference. Book of Abstracts. – СПб.: СОЛО, 2012. – С. 39-40.

11. **Bagaeva M.I.** New Magnetostratigraphic data of Berriasian of the Central Crimea / M.I. Bagaeva, A.Yu. Guzhikov // International Workshop on paleomagnetism and rock magnetism. Book of abstracts. – Kazan: Tatpoligraph publishing house, 2013. – P. 5.

12. Guzhikov A. Magnetostratigraphy of the Upper Berriasian “Zavodskaya Balka” section (East Crimea, Feodosiya) / A. Guzhikov, **M. Bagaeva**, V. Arkadiev // Volumina Jurassica. – 2014. – Vol. 12. – No. 1. P. 173-181.

Багаева Марина Игоревна

Палеомагнетизм и петромагнетизм верхнего титона-берриаса
Горного Крыма: значение для шкалы геомагнитной
полярности и решения задач региональной геологии

Специальность: 25.00.01 - Общая и региональная геология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Подписано в печать 21.09.2014
Формат 60×84 1/16. Объем 1,25 п. л. Тираж 100 экз. Заказ № 154-Т

Типография Саратовского университета
410012, Саратов, Большая Казачья, 112а