

На правах рукописи



ТИХОМИРОВА Анна Игоревна

**ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И ГЕОДИНАМИКА
КИСЕЛЕВСКО-МАНОМИНСКОГО И АМУРСКОГО
МЕЗОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОГО
СИХОТЭ-АЛИНЯ**

**25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков
полезных ископаемых**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Хабаровск – 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения РАН.

Научный руководитель:

Диденко Алексей Николаевич

доктор геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты:

Голозубов Владимир Васильевич

доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН

Метелкин Дмитрий Васильевич

доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Магадан)

Защита состоится _____ 2014 года в _____ час. на заседании диссертационного совета ДМ005.012.01 при Институте тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН РАН.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИТиГ ДВО РАН по адресу: 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65 и на сайте: itig@itig.as.khv.ru

Автореферат разослан _____

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.г.-м.н., доцент

Степашко

А.А. Степашко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Введение

Актуальность исследований

Восстановление истории формирования Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса является важной задачей в геологии Дальневосточного региона (Зоненшайн и др., 1990; Парфенов и др., 2003; Геодинамика..., 2006). Многие вопросы, связанные с этапностью, кинематикой аккреционного процесса и другими аспектами тектонической истории пояса являются дискуссионными (Натальин, 1991; Уткин, 1996, 1997, 1999; Парфенов и др., 2003; Геодинамика..., 2006; Голозубов, 2006). Палеомагнитный метод – единственный, позволяющий на количественной основе оценить масштабы горизонтальных перемещений, включая вращение блоков земной коры, реконструировать кинематику дрейфа и взаимное положение блоков на геосфере (Палеомагнитология, 1982; Butler, 1992; Печерский, Диденко, 1995). Подобные оценки являются основой магнитотектонических моделей (Метелкин, Казанский, 2014).

Цели и задачи исследований

Цель исследований – построить магнитотектоническую модель Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса на основе изучения меловых вулканогенных и осадочных пород киселевской свиты Киселевско-Маноминского комплекса и утицкой свиты Амурского комплекса.

Задачи: установить направление компонент естественной остаточной намагниченности (NRM), время их формирования, рассчитать палеошироты и соответствующие палеомагнитные полюсы. Для решения основной задачи необходимо было определить носители магматизма пород киселевской и утицкой свит, стабильные компоненты NRM изучаемых пород, а также оценить достоверность полученных палеомагнитных данных.

Фактический материал и методика исследований

Каменный материал, лабораторное исследование которого положено в основу диссертационной работы, включает 4-е коллекции (427 ориентированных образцов). Результаты изучения 2-х из них: киселевской свиты Киселевско-Маноминского комплекса и утицкой свиты Амурского комплекса дали интерпретируемый результат и представляют фактическую часть работы. Изученные коллекции юрско-меловых пород Буреинского бассейна и триасовых пород Вознесенского

комплекса не дали интерпретируемого результата, установленная в них намагниченность имеет послескладчатый возраст и не пригодна для использования в магнитотектонической модели. В дальнейшем анализе данные по этим коллекциям мы не использовали.

Лабораторные палеомагнитные и петромагнитные исследования выполнены в лаборатории тектоники ИТиГ ДВО РАН (г. Хабаровск). Микрозондовые исследования – в лаборатории физико-химических методов исследования ИТиГ ДВО РАН при участии В.С. Комаровой.

Научная новизна работы

Впервые представлены результаты петро- и палеомагнитных исследований меловых вулканогенных и осадочных пород киселевской свиты Киселевско-Маноминского комплекса и утицкой свиты Амурского комплекса. Установлены характеристические компоненты NRM пород этих свит. Рассчитаны палеошироты, на которых формировались свиты и соответствующие палеомагнитные полюсы. Построены реконструкции палеоположения киселевского блока с момента формирования до современного положения в составе континентальной плиты.

Защищаемые положения

1. В результате петро- и палеомагнитных исследований нижнемеловых осадочных и вулканогенных пород киселевской свиты Киселевско-Маноминского комплекса выделена характеристическая компонента NRM, определены соответствующие ей палеомагнитный полюс ($Plat=18.6^\circ$, $Plong=222.4^\circ$, $dp=5.2$, $dm=9.1^\circ$) и палеоширота ($18\pm 5^\circ$ с.ш.). Их сопоставление с палеомагнитными данными по стабильной Евразии (Torsvik et al., 2008) и Сибири (Метелкин и др., 2008) для этого времени свидетельствует о крупноамплитудных горизонтальных перемещениях пород свиты в составе Киселевского блока с раннего по поздний мел.

2. В результате петро- и палеомагнитных исследований верхнемеловых вулканогенных пород утицкой свиты Амурского комплекса выделена характеристическая компонента NRM, определены соответствующие ей палеомагнитный полюс ($Plat=81.6^\circ$, $Plong=208.2^\circ$, $dp=10.8$, $dm=12.5^\circ$) и палеоширота ($53.7\pm 10.8^\circ$ с.ш.). Их сопоставление с палеомагнитными данными по стабильной Евразии (Torsvik et al., 2008) и Сибири (Метелкин и др., 2008) для этого времени свидетельствует об автохтонном положении Амурского комплекса с позднего мела.

3. На основе вновь полученных и литературных данных разработана магнитотектоническая реконструкция становления Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса для мелового времени

(135–70 млн. лет), согласно которым Киселевский блок: 1) в интервале 135–105 млн. лет перемещался в составе плиты Изагаги в северо-западном направлении со скоростью 15–20 см/год, пройдя расстояние более 5 тысяч километров от района современной Гавайской горячей точки до восточной окраины Евразии (район Корейского п-ова); 2) в интервале 105–70 млн. лет блок в составе фрагмента аккреционного комплекса перемещался вдоль трансформной окраины Евразии на север со скоростью 4–5 см/год до своего современного положения в составе Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса.

Апробация работы

Результаты по теме диссертационной работы представлены на 11-ти российских и международных научных конференциях, совещаниях и семинарах, в частности: на международной конференции «Problems of Geocosmos» (2012, Санкт-Петербург), 2-х всероссийских конференциях «Косыгинские чтения» (2011, 2013, Хабаровск), Сахалинской молодежной научной школе «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз» (2010, Южно-Сахалинск), Краевом конкурсе молодых учёных и аспирантов в секции "Науки о жизни и Земле"

(2011, Хабаровск), 2-х научных совещаниях «Геодинамическая эволюция литосферы ЦАПП (от океана к континенту)» (2010, 2013, Иркутск), конференции молодых ученых «Океанологические исследования» (2013, Владивосток).

По теме диссертации опубликовано в соавторстве 14 печатных работ, из них 3 статьи в реферируемых научных журналах списка ВАК.

Благодарности

Выражаю глубокую признательность и искреннюю благодарность моему научному руководителю – доктору геолого-минералогических наук Диденко Алексею Николаевичу, за терпение, мудрость, понимание и всестороннюю помощь в работе над диссертацией.

Крайне признательна коллегам, оказавшим неоценимую помощь, консультации и критические замечания – И.П. Войновой, В.А. Гурьянову, В.Ю. Забродину, А.С. Каретникову, Г.Л. Кирилловой и А.С. Развозжаевой, а также академику РАН А.И. Ханчуку за внимание и поддержку нашей работы.

Искренне признательна С.В. Зябреву и А.В. Кудымову за ознакомление с разрезами киселевской и утицкой свит, всем консультантам за предложения и замечания, которые существенно

способствовали улучшению качества представляемой диссертации.

Автор благодарна Е.Ю. Диденко, В.С. Комаровой, Т.Л. Корякиной, А.В. Косынкину, О.М. Меньшиковой и А.Ю. Пескову за помощь при подготовке диссертационной работы, выполнении полевых экспедиционных работ, лабораторных исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (12-III-B-08-188, 13-III-B-08-199).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *Введении* приводится общая характеристика работы: обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследований. Кратко изложены научная новизна, теоретическое и практическое значение, обозначена степень личного участия автора в получении основных научных результатов работы. Сформулированы основные защищаемые положения.

Глава 1. Геологическое описание района исследований, существующие тектонические модели, палеомагнитная изученность региона

Значительную часть восточной окраины Евразийского континента образуют покровно-складчатые структуры Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса (рис. 1) (Парфенов, 1984; Геодинамика..., 2006). Пояс разделен рифтовой впадиной Татарского пролива миоценового возраста (Зоненшайн и др., 1990; Maquyama et al., 1997) на Сихотэ-Алиньскую и Хоккайдо-Сахалинскую системы, ранее составлявшие единое целое. Структуры Хоккайдо-Сахалинской системы занимают территорию островов Хоккайдо (Япония), Сахалин (Россия) и ограничены с востока современной Курило-Камчатской островной дугой, маркирующей границу Тихоокеанской и Охотоморской литосферных плит. Сихотэ-Алиньская складчато-покровная система расположена на территории России от берегов Японского моря на юге до Охотского моря на севере. Западным ограничением является раннепалеозойский Буря-Ханкайский орогенный пояс. На севере структуры Сихотэ-Алиньской системы торцово сочленяются со структурами Монголо-Охотского складчато-покровного пояса, на юге – они ограничены впадиной Японского моря.

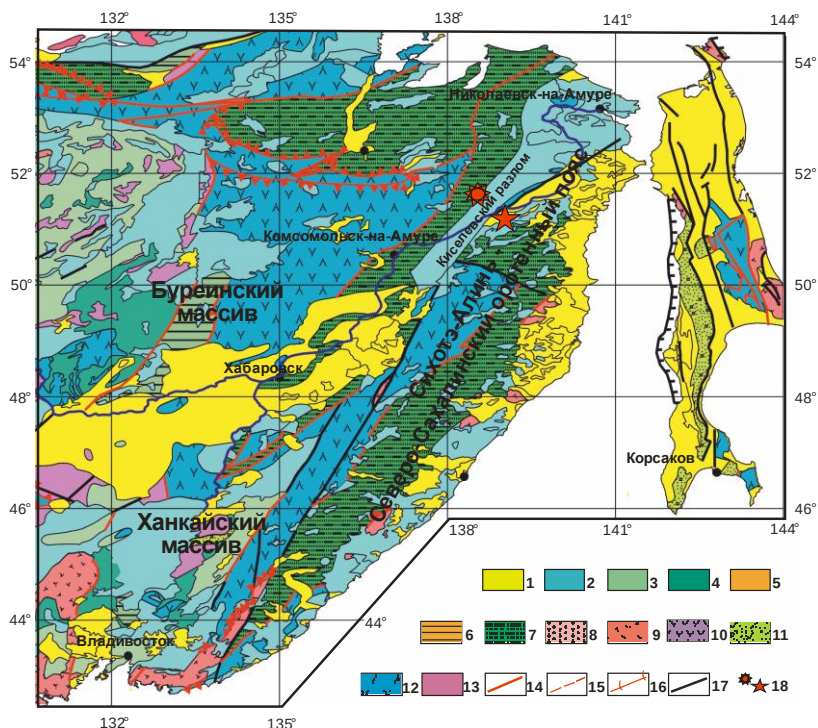


Рис. 1. Геологическая схема Сихотэ-Алиньского орогенного пояса и прилегающих территорий по (Naumova V.V. et al., 2006) с изменениями.

Условные обозначения: 1-5 – перекрывающие породы: 1 – кайнозой, 2 – мезозой, 3 – девон-пермь, 4 – венд-силур, 5 – рифей; 6-13 – террейны: 6 – пассивная континентальная окраина, 7 – турбидиты континентальной окраины, 8 – дуга континентальной окраины, 9 – островная дуга, 10 – океаническая кора, 11 – аккреционная призма А, в основном турбидиты, океанические породы в меньшем количестве или отсутствуют, 12 – аккреционная призма В, в основном океанические породы, турбидитов меньше, 13 – метаморфические; 14-16 – пост-аккреционные разломы: 14 – направление смещения неизвестно, 15 – сдвиг, 16 – надвиг; 17 – другие разломы, 18 – район исследования: утицкая свита (9-ти угольная звезда); киселевская свита (5-ти угольная звезда).

Один из объектов Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинского орогенного пояса – киселевская свита Киселевско-Маноминского комплекса нами изучалась в береговом разрезе левобережья р. Амур у села Киселевка, где она представлена плитчатыми кремнями, чередующимися со щелочными вулканитами и известняками. Структура

изученного вулканогенно-кремнистой толщи пород представляет собой пакет из 4-х тектонических пластин, сложенных ленточными и массивными кремнями, чередующимися с телами базальтовых потоков различной мощности. Пластины отделяются друг от друга зонами срывов, выражающимися интенсивным разлинзованием и рассланцеванием кремней. К зонам срывов приурочены и складчатые деформации. Падение залегания слоев в пластинах варьируется преимущественно от западного до северного направления с углами от 20 до 80 градусов. В зонах срывов, к которым приурочены и складчатые деформации, встречаются запрокинутые залегания (Кайдалов и др., 1990; Войнова и др., 1994; Зябрев, 1994; Кайдалов и др., 2007). На основе петро- и геохимического изучения вулканогенных пород киселевской свиты (Войнова и др., 1994; Диденко и др., 2014) предполагается, что эти породы формировались во внутримантийной океанической обстановке, так как петро- и геохимические характеристики изученных вулканических пород блока близки таковым вулканитов Гавайской горячей точки.

Вторым объектом исследований являлись сеноман-туронские (Кайдалов, 1990; Кайдалов и др., 2007) породы утицкой свиты Амурского комплекса. Основной объем утицкой свиты в данной части ее разреза выполняют осадочные породы: конгломераты, песчаники и алевриты. В подчиненном количестве находятся туфы среднего состава, андезиты и андезибазальты, базальты (Кайдалов и др., 1990; Медведева, Кириллова, 2007; Кайдалов и др., 2007). Падение слоев утицкой свиты в изученном разрезе на север и северо-восток имеет северные и северо-восточные румбы, при углах падения – от 30 до 70°.

В районе исследования породы утицкой свиты отделены от пород киселевской свиты Киселевским разломом, который прослеживается от побережья оз. Удиль на юг на расстояние около 100 км. Разлом считается (Кудымов, 2010) продолжением Центрально-Сихотэ-Алиньского сдвига, что согласуется с проведенными наблюдениями непосредственно в зоне контакта утицкой и киселевской свит – установлена сдвиго-надвиговая природа разлома, по которому образования киселевской свиты надвинуты на породы силасинской и утицкой свит с вертикальной амплитудой смещения более 2 км (Кайдалов и др., 2007).

С целью «уменьшить расхождение во взглядах на тектоническую эволюцию северо-восточной Евразии» (Баженов и др., 199, стр. 181) предпринимались палеомагнитные работы: Захаров, Сокорев (1991),

Баженов и др. (1999), Otofujii et al. (1995, 2003), Bretshtein et al. (1997, 2003), Uno et al. (1999), Сокарев, Кулинич (2012). Однако существовавший до последнего времени набор мезозойских палеомагнитных данных по региону не позволял сколь-нибудь уверенно говорить о крупномасштабных горизонтальных перемещениях террейнов, образующих сейчас Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинский орогенный пояс.

Глава 2. Методика палеомагнитных и петромагнитных исследований, использованная аппаратура

Для определения состава и структуры носителей магнетизма осадочных и вулканогенных пород, их магнитной жесткости были изучены следующие характеристики: 1) температурные зависимости намагниченности насыщения (J_s -T) от комнатной температуры до 600-700°C с определением точек Кюри (T_c) на весах Кюри; 2) петли гистерезиса, намагниченность насыщения (J_s), намагниченность остаточного насыщения (J_{rs}), коэрцитивная сила (H_c) и остаточная коэрцитивная сила (H_{cr}) на установке для снятия параметров петли гистерезиса; 3) состав и структура магнитных минералов в аншлифах 10 образцов на растровом электронном микроскопе EVO-40HV Zeiss с энергодисперсионным анализатором X-MAX 80.

У всех образцов была измерена начальная магнитная восприимчивость (k) на каппа-мосте MFK1-FA. Рассчитывались направления и величины главных осей эллипсоида k . Измерения остаточной намагниченности проводились на спин-магнитометре JR-6A, помещенном в кольца Гельмгольца. С 2012г. измерения выполнялись на СКВИД-магнитометре 755-4K SRM.

Все образцы палеомагнитных коллекций были подвергнуты ступенчатой температурной чистке (Т-чистка) от 100 до 690°C с числом шагов от 17 до 21 в электропечи, помещенной в 4 пермаллоевых экрана (степень компенсации магнитного поля до 15 нТл).

Глава 3. Петромагнитная и палеомагнитная характеристики вулканогенных и осадочных пород киселевской свиты Киселевско-Маноминского комплекса

По результатам термомагнитного анализа (ТМА) алевролитов было установлено, что их магнитная фракция представлена в основном гематитом. Гистерезисные параметры свидетельствуют о многодоменной структуре магнитных минералов в образце. ТМА базальтов показал, что их магнитная фракция представлена в основном магнетитом и катион-дефицитным магнетитом. Также ТМА ряда образцов базальтов позволяет говорить и гомогенизации продуктов высокотемпературного распада исходных титаномагнетитов базальтов, имевшего место на постмагматической стадии (Печерский и др., 1975; Dunlop, Ozdemir, 1997). Гистерезисные параметры свидетельствуют о псевдооднодоменной структуре магнитных минералов в этом образцах.

Сопоставление данных о составе и структуре магнитных минералов базальтов, изученных на электронном микроскопе с микроанализатором, с данными ТМА показало: 1) первичные магнитные минералы – это титаномагнетиты различного размера от первых до 100 мк; 2) согласно оценкам, сделанным по величине TiO_2/FeO^* , доля ульвошпинельного компонента в первичных титаномагнетитах составляла от 0.25 до 0.75 при среднем около 0.65; 3) магнитные свойства базальтов в настоящее время связаны с продуктами высокотемпературного распада первичных титаномагнетитов, вероятно на постмагматической стадии. Точки Кюри вновь образованных носителей намагниченности по данным J_s-T составляют от 450 до 600°C. Так как высокотемпературный распад проходил на постмагматической стадии, мы можем считать стабильную компоненту NRM изученных базальтов и андезибазальтов первичной в палеомагнитном отношении.

Распределение NRM изученных образцов бимодальное: в первой, слабомагнитной, группе в основном осадочные породы (от $1.26 \cdot 10^{-3}$ до $2.10 \cdot 10^{-2}$ А/м), во второй, сильномагнитной, группе – базальты и андезибазальты (от $2.12 \cdot 10^{-2}$ до 5.83 А/м). Аналогичное поведение отмечается и для величины k измеренных образцов: слабомагнитная группа по NRM имеет значения k от $2.21E-04$ до $1.03E-03$ ед. СИ, более магнитная группа – от $3.07E-04$ до $1.29E-02$ ед. СИ.

Для изученных вулканических и осадочных пород киселевской свиты преимущественных направлений главных осей их эллипсоидов k не наблюдается.

Отношение Кенигсбергера (Q_n) почти у 45% изученных образцов более единицы, что свидетельствует о достаточной магнитной жесткости и потенциальной палеомагнитной стабильности.

Распределение коэффициента анизотропии начальной магнитной восприимчивости $A_k = (1 - k_{\min}/k_{\max})$ близко к нормальному с модовым значением около 1%. Магнитная текстура плоскостного типа является первичной и для осадочных пород, и для вулканитов из потоков. Среднее значение коэффициента $E_k = (k_{\text{int}} \times k_{\text{int}}) / (k_{\min} \times k_{\max})$ составляет 1.004. На основании этого можно заключить, что породы Киселевско-Маноминского комплекса сильных стрессовых деформаций не испытали, за исключением образцов из приконтактных тектонических зон.

По результатам Т-чистки палеомагнитной коллекции осадочно-вулканогенных пород киселевской свиты Киселевско-Маноминского террейна выявлено около 20% образцов не пригодных для компонентного анализа. Образцы были отбракованы из-за нестабильного поведения NRM в ходе Т-чистки. Основная же часть образцов коллекции показала удовлетворительную палеомагнитную стабильность.

Анализ NRM показал присутствие двух статистически значимых компонент. Первая разрушается Т-чисткой до 300–400°C и имеет направление $Dec = 351.7^\circ$, $Inc = 58.5^\circ$, близкое к направлению современного геомагнитного поля в районе работ – $Dec = 347.7^\circ$ и $Inc = 58.5^\circ$. Вторая компонента NRM, высокотемпературная, выделяется при Т-чистке до 560–620°C. Среднее направление по всем образцам ($n=112$) в географической и стратиграфической системах координат составляет $Dec=291.8$, $Inc=6.8$ и $Dec=275.3$, $Inc=-31.9$.

Для дальнейшего анализа мы рассчитали среднее направление только по тем сайтам, для которых $\alpha_{95} \leq 30^\circ$, таких оказалось 11 с общим количеством образцов 73, среднее направление для которых в географической и стратиграфической системах координат представлено в таблице 1.

Таблица 1. Таблица высокотемпературной компоненты NRM для вулканогенных и осадочных пород киселевской свиты.

№ точки (сайта)	тип породы	Аз. пад./ уг. пад., °	n/N	D _g , °	I _g , °	K	α ₉₅ , °	D _s , °	I _s , °
D09/31	алевролиты	335/60	17/9	296.0	20.0	42.4	8.0	293.0	-28.0
D09/32	алевролиты	15/60	5/4	314.0	-15.0	16.9	23.0	286.0	-32.0
D09/34	базальты	10/75	10/8	304.0	6.0	63.6	7.0	293.0	-21.0
D09/35	базальты	320/60	13/10	285.0	6.0	94.3	5.0	271.0	-41.0
D09/39	песчаники, алевролиты	270/35	8/8	283.0	0.0	192.6	4.0	286.0	-33.0
D09/41	песчаники и алевролиты	340/40	8/7	298.0	-5.0	102.1	6.0	287.0	-32.0
D10/01	алевролиты	340/75	5/4	278.7	-3.2	194.7	6.6	254.6	-28.1
D10/02	алевролиты	335/65	5/3	286.3	0.7	34.9	21.2	266.1	-36.4
D10/03	алевролиты	325/45	13/6	286.8	-5.5	16.9	16.8	273.3	-38.4
D10/04	базальты	120/80	11/7	358.1	39.0	21.2	13.4	69.7	30.9
D10/05	красные кремнии	300/60	12/7	277.4	13.0	19.5	14.0	270.0	-41.8
Среднее по пригодным образцам			73	285.9	-0.4	5.8	6.8		
			73			11.3	4.9	278.0	-34.3
Среднее пригодным по сайтам			11	286.4	-2.1	6.3	19.8		
			11			33.3	8.0	275.8	-33.8
Примечание: n – количество отобранных образцов (количество точек отбора); N – количество использованных образцов (точек отбора), использованных при расчете среднего; D _g , I _g – палеомагнитные склонение и наклонение в географической системе координат; D _s , I _s – палеомагнитные склонение и наклонение в стратиграфической системе координат; K, α ₉₅ – кучность и радиус овала доверия вокруг среднего, соответственно, по (Fisher, 1953).									

Среднее направление по 11 сайтам в стратиграфической системе координат с Dec=263.6°, Inc=-33.8°, k=33.3, α₉₅=8.0° использовано в дальнейших расчетах. Во-первых, для этого направления имеется позитивный тест складки в модификации (Enkin, 2003) – кучность в стратиграфической системе координат существенно выше как на уровне образцов, так и на уровне сайтов. Во-вторых, в разрезе киселевской свиты имеются образцы с прямой и обратной полярностью, но так как последние по количеству явно преобладают (>90%), тест

обращения имеет неопределенный характер. Среднее направление высокотемпературной компоненты осадочных и вулканогенных пород в стратиграфической системе координат на уровне сайтов принимается за характеристическую остаточную намагниченность, близкую по времени образования возрасту изучаемых пород – около 135 млн. лет.

Координаты соответствующего палеомагнитного полюса составляют: $Plat=18.6^\circ$, $Plong=222.4^\circ$, $dp=5.2$, $dm=9.1^\circ$, $\alpha_{95}=6.9^\circ$, и находится он в тропических широтах северного полушария в западной части Тихого океана, палеоширота формирования пород киселевской свиты составляла $18\pm5^\circ$ с.ш.

Глава 4. Петромагнитная и палеомагнитная характеристики вулканогенно-осадочных пород утицкой свиты Амурского комплекса

По данным ТМА алевролитов и песчаников однозначно определить основной носитель магнетизма этих пород не представляется возможным. Крайне низкая концентрация первичного носителя намагниченности и появление вторичного магнитного минерала в процессе лабораторного нагрева характеризует эти породы как малопригодные для палеомагнитных исследований, особенно с применением температурной магнитной чистки. Андезиты, андезибазальты по данным ТМА демонстрируют стабильность к лабораторным нагревам – отношение величин намагниченности насыщения после и до нагрева близко 1.

Распределение NRM и k бимодальное. В первую, слабомагнитную, группу, входят в основном осадочные и, отчасти, вулканогенные породы – риолиты ($5.1\cdot10^{-5}<NRM<1\cdot10^{-2}$ А/м, $1.1\cdot10^{-5}<k<2\cdot10^{-3}$); во вторую, магнитную – исключительно образцы андезибазальтов и базальтов ($1\cdot10^{-1}<NRM<6$ А/м, $2.5\cdot10^{-3}<k<1.3\cdot10^{-1}$ ед. СИ).

Распределение величины Q_p свидетельствует о значительном преобладании индуктивной намагниченности над остаточной у значительной части изученных пород утицкой свиты и, соответственно, об их невысокой палеомагнитной стабильности.

Величина A_k изученных образцов имеет размах от 0.56 до 13.52%, его распределение отчетливо бимодально с растянутым "хвостом" почти до 14%. Первую группу с модовым значением $A_k\sim1\%$ составляют образцы осадочных и вулканических пород, вторую – с $A_k\sim3.5\%$ выполняют образцы осадочных пород.

Образцы осадочных и вулканогенных пород попадают, в основном, в область плоскостного типа анизотропии, но встречаются также образцы с преобладаем линейного типа. Магнитная текстура плоскостного типа является первичной и для осадочных пород, и для вулканитов из потоков. Среднее значение коэффициента $E_k = (k_{int} \times k_{int}) / (k_{min} \times k_{max})$ составляет 1.006 при медианном – 1.003. На этом основании мы заключаем, что основная часть изученных пород утицкой свиты стрессовых деформаций не испытала, за исключением образцов из приконтактных тектонических зон у Киселевского разлома.

На распределениях главных осей эллипсоидов по отдельным образцам осадочных пород утицкой свиты в географической и стратиграфической системах координат наблюдается достаточно тесное группирование вокруг своих средних значений направления минимальных, средних и максимальных осей. Причем, после введения поправки за залегание пород среднее направление минимальной оси становится практически вертикальным – $D=255^\circ$, $I=86^\circ$ с параметром концентрации (аналог кучности в статистике Р. Фишера (Fisher, 1953)), равным 12.9. Средние направления максимальной и средней осей практически горизонтальны – $D=62^\circ$, $I=4^\circ$ с $K=18.7$ и $D=152^\circ$, $I=1^\circ$ с $K=10$.

Анализ полученных данных позволяет нам сделать два вывода. Во-первых, наблюдаемая магнитная структура в осадках утицкой свиты свойственна первичной магнитной структуре осадочных пород, и, следовательно, вторичных стрессовых деформаций, способных изменить первичную текстуру, они не испытали (за исключением приконтактовых к Киселевскому разлому зон). Во-вторых, гидрологические условия осадконакопления пород утицкой свиты существенным образом отличались от таковых для киселевской свиты. В качестве возможного фактора, способствовавшего группированию направлений максимальных осей эллипсоидов к осадочных пород утицкой свиты, мы выделяем палеотечение в бассейне осадконакопления, направление которого, по нашим данным, могло быть в ENE-WSW румбах ($50-70 - 230-250^\circ$).

Для изученных вулканических пород утицкой свиты преимущественных направлений главных осей их эллипсоидов к не наблюдается.

По результатам Т-чистки осадочных и вулканогенных пород утицкой свиты выявлено 73% образцов (152 образца из 208), не пригодных для компонентного анализа. В эту группу попали образцы галек из слоя внутриформационных конгломератов, поэтому прямой тест

палеомагнитной надежности – тест конгломератов – провести не удалось. Образцы были отбракованы из-за нестабильного поведения NRM в ходе Т-чистки. Иное поведение в ходе Т-чистки демонстрируют образцы андезитов и андезибазальтов. Среднее направление выделенной высокотемпературной компоненты вулканогенных пород утицкой свиты в стратиграфической системе: Dec = 13.4°, Inc = 69.8°, α_{95} = 7.3°, полученное после введения поправки за залегание пород, приняли за характеристическую остаточную намагниченность, время образования которой близко возрасту изучаемых пород – сеноман-турон (~ 95 млн. лет).

Палеоширота, на которой формировались породы утицкой свиты, составляла в среднем 53.7° с.ш. (от 43.8 до 65.4° с.ш.). Координаты соответствующего палеомагнитного полюса составляют: Plat=81.6°, Plong=208.2°, dp=10.8, dm=12.5°, α_{95} =11.6°, находится он в высоких широтах в акватории Северного Ледовитого океана.

Глава 5. Анализ данных и меловая история развития региона

Для оценки палеомагнитной надежности двух вновь полученных палеомагнитных направлений для Киселевско-Маноминского и Амурского комплексов был применен ряд необходимых и достаточных тестов – геологические, геофизические и петромагнитные, анализ позволил сделать следующие выводы:

1) палеомагнитное направление и соответствующий ему палеомагнитный полюс киселевской свиты удовлетворяют практически всем критериям (6-й пункт с натяжкой – наличие в коллекции прямо и обратно намагниченных пород) и могут быть отнесены к разряду высоконадежных ключевых определений с индексом не ниже 5 по шкале (Van der Voo, 1990) и 1 по шкале (Печерский, Диденко, 1995). Здесь следует подчеркнуть также, что древняя компонента NRM киселевской свиты получена как по осадочным, так и по вулканическим породам;

2) палеомагнитное направление и соответствующий ему палеомагнитный полюс утицкой свиты полностью удовлетворяют только 3 из 7 критериев по (Van der Voo, 1990). Главное, нет прямых геофизических тестов, использованы только вулканические породы, сконцентрированные в небольшой части разреза свиты. Палеомагнитное направление и соответствующий ему палеомагнитный полюс утицкой свиты могут быть отнесены к разряду определений с индексом 3

по шкале (Van der Voo, 1990) и 0.1 по шкале (Печерский, Диденко, 1995).

Анализ положений палеомагнитных полюсов (рис. 2) позволяет говорить о следующем. Положение палеомагнитного полюса утицкой свиты с возрастом примерно 95 млн. лет, полученное в настоящей работе, располагается у участков ТКМП стабильной Евразии (Torsvik et al., 2008) и Сибири (Метелкин и др., 2008) соответствующего возраста. Пересчитанное (ожидаемое) палеомагнитное направление со среднего полюса для 100 и 90 млн. лет ТКМП стабильной Евразии составляет $Dec=8.9^\circ$, $Inc=73.5^\circ$ и очень близко наблюдаемому палеомагнитному направлению – $Dec=13.4^\circ$, $Inc=69.8^\circ$ с $a_{95}=7.3^\circ$. Это сходство, полагаем, свидетельствует о первичности выделенного палеомагнитного направления в андезибазальтах утицкой свиты и ее автохтонности относительно поздне меловой окраины Евразийского палеоконтинента, в составе которого она в дальнейшем испытала незначительное смещение к югу с одновременным разворотом по часовой стрелке на $10\text{--}15^\circ$.

Полученный в настоящей работе палеомагнитный полюс для нижнемеловых пород Киселевского блока, так же как и полюсы для меловых пород о. Сахалин (Abrajevich et al., 2012), располагается вдали от направлений возможного перемагничивания (Баженов и др., 1999). Все они закономерно по времени (ранний–поздний мел) находятся в субмеридиональной полосе от тропических до высоких широт. Подобное закономерное, на наш взгляд, расположение полюсов является свидетельством общей для Сахалина и Киселевско-Маноминского комплекса, в значительной мере, истории крупноамплитудных горизонтальных перемещений. Пересчитанное (ожидаемое) палеомагнитное направление со среднего полюса для 140 и 130 млн. лет ТКМП стабильной Евразии составляет $Dec=26.1^\circ$, $Inc=74.5^\circ$, что существенно отличается от наблюдаемого палеомагнитного направления – $Dec=95.8^\circ$, $Inc=33.8^\circ$ с $a_{95}=8.0^\circ$. Это, полагаем, свидетельствует об аллохтонной природе пород киселевской свиты относительно стабильной (континентальной) Евразии.

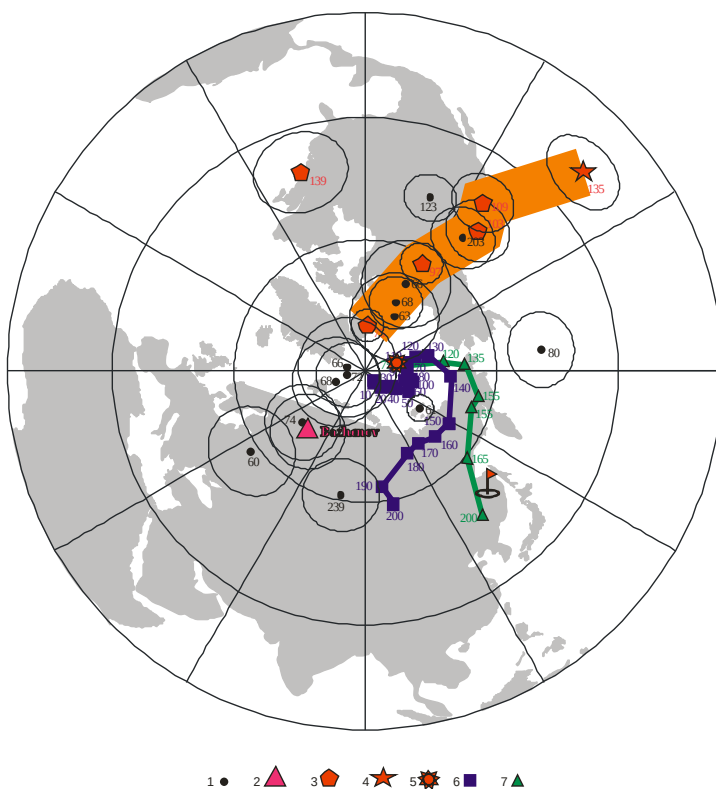


Рис. 2. Положения палеомагнитных полюсов мезозойских пород Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса: 1 – полюсы из Мировой базы палеомагнитных данных; 2 – полюс регионального перемагничивания (Баженов и др., 1999); 3 – мезозойские полюсы Приморья и Сахалина (Abrajevich et al., 2012); 4 – палеомагнитный полюс киселевской свиты; 5 – палеомагнитный полюс утицкой свиты; 6 – ТКМП стабильной Европы (Torsvik et al., 2008); 7 – ТКМП для Сибири (Метелкин и др., 2008). Вокруг фигуративных точек полюсов обозначен овал доверия α_{95} . Равноплощадная стереографическая проекция Шмидта.

В наблюдаемых палеоширотах и палеосклонениях для пород киселевской свиты и меловых объектов Сахалина (рис. 3) прослеживается тренд увеличения от экваториально-тропических северного полушария до современных и их постепенное сближение с ожидаемыми в интервале 80–60 млн. лет. Отчетливо проявляется вращение по часовой стрелке (до 70–80°) относительно восточной

окраины Евразии, стабильной в меловое время. Для пород утицкой свиты наблюдается иная ситуация – ожидаемые и наблюдаемые палеошироты и палеомагнитные склонения практически совпадают.

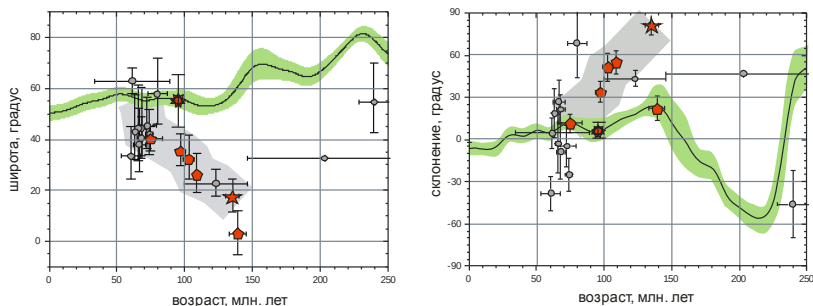


Рис. 3. Сопоставление наблюдаемых палеоширот и палеосклонений киселевской (пятиугольная звезда), утицкой свит (9-ти угольная звезда), мезозойских объектов Приморья и Сахалина (пятиугольник) и расчетных с полюсов (зеленая линия) стабильной Евразии (Torsvik et al., 2008) (круг).

Петрогеохимические (Войнова и др., 1994; Диденко и др., 2014 б) и текстурно-структурные (переслаивание с радиоляриевыми кремнистыми образованиями, наличие гиадокластитов и шаровой отдельности в лавах) характеристики базальтов киселевской свиты свидетельствуют о формировании их в водной среде – на океанических островах и гайотах, вероятно, во внутриплитных океанических условиях (Диденко и др., 2014 а, б; Ступина, 2010), а также подтверждают вывод об океанической внутриплитной природе базальтов свиты. Состав, облик и морфология пород киселевской свиты, по мнению многих исследователей (Войнова и др., 1994; Кириллова, Анойкин, 2011; Ханчук, 1994; и др.), весьма сходны с образованиями внутриокеанических плит. Наши петро- и геохимические исследования (Диденко и др., 2014 б) полностью это подтвердили.

Реконструкция геодинамических условий формирования пород утицкой свиты, по петрохимическим характеристикам осадочных пород показала, что они соответствуют породам, формировавшимся в условиях активных континентальных окраин (Медведева, Кириллова, 2007; Кайдалов и др., 2007).

На основании вышерассмотренных палеомагнитных данных для меловых пород киселевской и утицкой свит Северного Сихотэ-Алиня и Сахалина, геолого-геохимической информации об их генезисе, а также

имеющихся палеогеодинамических реконструкций для Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогена (Ханчук, Кемкин, 2003; Парфенов и др., 2003; Геодинамика ... 2006; и др.) предлагается следующая модель меловой истории развития региона (рис. 4). В качестве основы представляемой здесь региональной модели взяты глобальные плитные реконструкции (Seton et al., 2012), построенные на основе синтеза кинематических данных по океаническим плитам и рассчитанным абсолютным движениям жестких в тектоническом отношении плит относительно системы горячих точек.

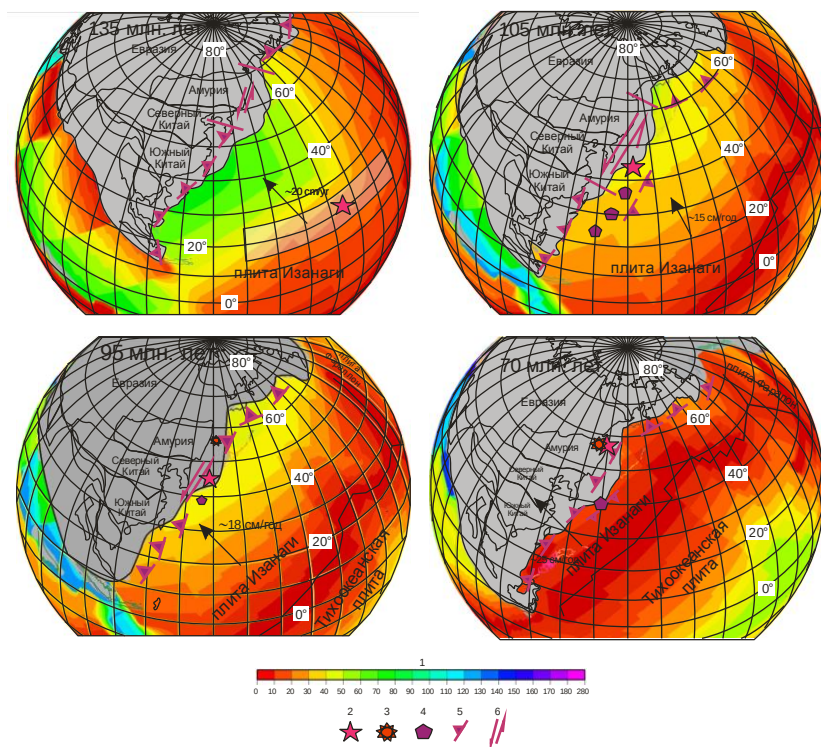


Рис. 4. Геодинамическая реконструкция восточной окраины Азии начиная с 135 млн лет с использованием кинематических реконструкций (Seton et al., 2012): 1 – шкала с датировками линейных геомагнитных аномалий, принятых в качестве граничных изохрон (Muller et al., 1997); 2 – киселевская свита; 3 – утицкая свита; 4 – о. Сахалин; 5 – островные дуги; 6 – сдвиговые перемещения. Светлый прямоугольник – участок плиты Иизанаги, в составе которой формировался Киселевский блок.

В интервале 135–105 млн лет назад осадочные и вулканогенные породы киселевской свиты Киселевско-Маноминского комплекса перемещались в составе плиты Изанаги в северо-западном направлении со скоростью 15–20 см/год (Engelbreton et al., 1985; Mauguere, Seno, 1986), пройдя, таким образом, расстояние более 5 тыс. км до восточной окраины Евразии (район Корейского полуострова). В интервале 105–70 млн лет назад в составе фрагмента аккреционного комплекса (Наталин, 1991) породы киселевской свиты перемещались вдоль трансформной окраины Евразии на север (Engelbreton et al., 1985) со скоростью 4–5 см/год (Steinberger, Gairola, 2007) до своего современного положения в составе стабильной (континентальной) Евразийской плиты.

Заключение

В результате проведенных геолого-геофизических исследований были выделены характеристические компоненты NRM пород киселевской и утицкой свит. Установлены палеошироты, на которых формировались породы свит, и координаты палеомагнитных полюсов. Полученные данные свидетельствуют о крупноамплитудных горизонтальных перемещениях пород киселевской свиты и автохтонном положении утицкой свиты.

Разработана магнитотектоническая реконструкция движения Киселевского блока Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса с момента формирования до современного положения в составе стабильной (континентальной) Евразийской плиты для мелового времени.

Полученные в настоящей работе данные согласуются с моделью по (Парфенов и др., 2003; Геодинамика..., 2006; и др.), в рамках которой постулируются крупномасштабные горизонтальные перемещения отдельных блоков, в частности и Киселевско-Маноминского.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах списка ВАК:

1. Диденко А.Н., Ханчук А.И., Тихомирова А.И. Палеомагнетизм киселевского комплекса Киселевско-Маноминского террейна Сихотэ-Алиня: геодинамические следствия: геодинамические следствия // Доклады Академии наук, 2014 а. Т. 454, №4, с. 442-446.

2. Диденко А.Н., Ханчук А.И., Тихомирова А.И., Войнова И.П. Восточный сегмент Киселевско-Маноминского террейна (северный Сихотэ-Алинь): палеомагнетизм и геодинамические следствия // Тихоокеанская геология, 2014 б, Т. 33, №1, с. 20–40.

3. Ступина А.И. Палеомагнетизм юрско-меловых пород киселевского блока Киселевско-Маноминского террейна // Вестник ДВО РАН. 2010. №6. с. 120-124.

Материалы совещаний, тезисы докладов:

1. Ступина А.И., Косынкин А.В., Песков А.Ю., Диденко А.Н. Палеомагнетизм юрско-меловых пород Киселевско-Маноминского террейна // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: V Сахалинская молодежная научная школа, Южно-Сахалинск, 8-11 июня 2010 г.: тезисы докладов ИМГиГ ДВо РАН. – с. 138-141

2. Ступина А.И., Косынкин А.В., Песков А.Ю., Диденко А.Н. Палеомагнетизм Киселевско-Маноминского террейна / Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 8. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2010. – В 2-х томах. – Т. 2. – с. 104-105.

3. Ступина А.И. Палеомагнетизм Киселевско-Маноминского террейна / Молодые ученые – Хабаровскому краю: материалы XIII краевого конкурса молодых учёных и аспирантов, Хабаровск 14-25 января 2011 г. в 2 т. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. Гос. Ун-та, 2011. – Т. 2. – С. 90-94

4. Ступина А.И., Косынкин А.В., Песков А.Ю. Палеомагнетизм пород киселевского блока Киселевско-Маноминского террейна / Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии: VII Косыгинские чтения: материалы всероссийской конференции, 12–15 сентября 2011, г. Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2011. – с.127-129

5. Ступина А.И. Кинематическая модель Киселевско-Маноминского террейна / Молодые ученые – Хабаровскому краю:

материалы XIV краевого конкурса молодых ученых и аспирантов, Хабаровск, 17-24 янв. 2012 г.: в 2 т. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. Гос. Ун-та, 2012. – Т.2. – С. 71-76

6. Ступина А.И., Диденко А.Н. Киселевско-Маноминский террейн: палеомагнетизм и геодинамика / Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 10. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2012. Т. 2 С. 106-108

7. Ступина А.И., Косынкин А.В., Песков А.Ю., Диденко А.Н. Палеомагнетизм юрско-меловых пород Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса / Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: Материалы международного семинара по проблемам палеомагнетизма и магнетизма горных пород, Санкт-Петербург Петродворец, 20-24 сентября 2010 г. – с. 142-148.

8. Тихомирова А.И., Диденко А.Н. Палеомагнетизм и геодинамика Киселевско-Маноминского террейна (северо-восток Сихотэ-Алиньского орогена) / Океанологические исследования: тезисы докладов VI конференции молодых ученых, 15-19 апреля 2013 г., Владивосток, Россия. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – с. 67-68.

9. Тихомирова А.И., Диденко А.Н. Юрско-меловые породы Киселевско-Маноминского террейна (северный Сихотэ-Алинь): палеомагнетизм и геодинамика / Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания. Вып. 11. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2013. – с. 237-240.

10. Ханчук А.И., Диденко А.Н., Тихомирова А.И., Войнова И.П. Палеомагнетизм и геохимия киселевского блока Киселевско-Маноминского террейна (северный Сихотэ-Алинь): геодинамические следствия / Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: VIII Косыгинские чтения: материалы Всероссийской конференции, 17-20 сентября 2013 г., г. Хабаровск. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – с. 111-113

11. Stupina A.I., Didenko A.N. Geodynamic model Kiselevka-Manoma terrane on the basis of paleomagnetic data / 9th International Conference "Problems of geocosmos". Book of Abstracts – спб.: Соло, 2012. – с. 78

Технический редактор Степашко А.А.

Подписано в печать 26.06.2014

Формат 60×84/16. Бумага офсет №1. Гарнитура Таймс

Печ.л. 0,9. Тираж 100. Зак. № 101

ИТиГ ДВО РАН, ОИТ, 680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена 65