

РЕФЕРАТ

**на тему: «Палеомагнитные исследования Дальнего Востока России в
отечественной науке второй половины XX –начала XXI века»**

Выполнил: аспирант ИТиГ ДВО РАН

Архипов М.В.

Научный руководитель:

член-корреспондент РАН Диденко А.Н.

Хабаровск

2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Геологическое строение и рельеф Дальнего Востока.....	4
2. Понятие палеомагнетизма, палеомагнитных исследований и методов.....	9
3. Палеомагнитные исследования Дальнего Востока России в отечественной науке второй половины XX –начала XXI века.....	13
3.1. Палеомагнетизм Амурской плиты.....	13
3.2. Палеомагнетизм северного Сихотэ-Алиня.....	15
3.3. Палеомагнетизм южного Сихотэ-Алиня.....	19
3.4. Магнитостратиграфия Камчатки.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	28

Содержание реферата соответствует его теме и вписывается в мои вопросы. С удовольствием принимаю к работе и она может быть использована для своего журнала по географическому минимуму по истории и философии науки.

13.09.2018.

В.Ср.

ВВЕДЕНИЕ

В 70-х–начале 80-х годов XX века была разработана концепция аккреционного коллажа террейнов, согласно которой орогенные пояса представляют собой мозаику ограниченных разломами фрагментов кратонов, пассивных и активных континентальных окраин, океанической коры и островных дуг, которые были перемещены на значительные расстояния и аккретированы к континенту [Coney et al., 1980; Jones et al., 1977; 1983; и др.]. Полученные в это же время и немного позднее данные по восточной окраине России, северо-востоку Азии и другим геологическим структурам также подтвердили аккреционную природу этих объектов. Полученные данные привели к пересмотру имевшихся гипотез о строении и эволюции континентальных окраин, что послужило началом для появления нового научного направления в геологии - террейнового анализа и аккреционной тектоники на конвергентных границах плит. Террейновый анализ требует сочетания различных методов, один из которых палеомагнитный. Данный метод является одним из основных при террейновом анализе, так как при выделении и восстановлении доаккреционной, аккреционной и постааккреционной истории террейнов, а также при определении принадлежности к палеоконтиненту (автохтонный или аллохтонный тип) только палеомагнитный метод способен привести количественную меру в оценку расстояний и скорости горизонтальных перемещений террейнов.

Для современных ученых представляет большой интерес изучение Дальнего Востока. Значительный интерес представляет изучение геомагнитного поля Дальнего Востока, а также магнитные свойства горных пород региона. Палеомагнитные исследования Дальнего Востока проводятся с целью тестирования различных тектонических гипотез и моделей, определения палеоширот формирования пород, кинематических параметров дрейфа террейнов, параметров геомагнитного поля Земли в прошлом и др.

В настоящей работе рассмотрены основные понятия палеомагнетизма, палеомагнитных методов, дана характеристика геологического строения и рельефа

Дальнего Востока, описаны палеомагнитные исследования Амурской плиты, Камчатки, северной и южной частей Сихотэ-Алиня.

Актуальность рассматриваемой темы определяется тем, что для современных учёных большой интерес представляют приложения палеомагнетизма в тектонике и стратиграфии. Так с помощью палеомагнитных методов можно определить передвижение материков и океанов в прошлом.

Цель работы – изучить, что представляют собой палеомагнитные исследования и познакомиться с методами, которые используются в данном аспекте науки, а также изучить уже имеющиеся результаты палеомагнитных исследований Дальнего Востока и овладеть основными навыками и приёмами научно-исследовательской работы.

Исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие задачи исследования:

1. Дать характеристику геологического строения и рельефа Дальнего Востока.
2. Определить понятия палеомагнетизм, палеомагнитные исследования и методы.
3. Ознакомиться с основными результатами палеомагнитных исследований Дальнего Востока на примере Амурской плиты, Камчатки, северной и южной частей Сихотэ-Алиня.

По структуре работа состоит из Введения, трех разделов, пяти таблиц, одного рисунка, Заключение и Списка использованной литературы.

При написании работы были использованы учебные пособия по геологии, научные статьи последних лет, авторы которых рассматривают вопросы палеомагнетизма, магнитостратиграфии и тектоники Дальнего Востока.

1. Геологическое строение и рельеф Дальнего Востока.

В настоящее время наиболее активно развивающимся регионом мира является Азиатско-Тихоокеанский регион, значительная роль в котором принадлежит Дальнему Востоку России. Протяженность последнего от Чукотки до Приморского края вдоль побережья Тихого океана составляет около 4500 км. Рассматриваемая территория занимает площадь 3,118 млн км² и омывается водами Восточно-Сибирского и Чукотского морей Северного Ледовитого океана, Берингова, Охотского и Японского морей Тихого океана. В состав Дальнего Востока России входят Камчатский, Приморский и Хабаровский края, Амурская, Магаданская и Сахалинская области, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ и республика Саха (Якутия). Несмотря на труднодоступность многих районов и сложные природные условия Дальнего Востока, его территория хорошо изучена в геологическом отношении. На всю территорию составлены геологические карты масштаба 1:200000, значительная часть из которых опубликована. Большие территории, особенно в горнорудных районах, покрыты геологическими съемками масштаба 1:50000 и крупнее. Также вся территория Дальнего Востока покрыта аэромагнитной съемкой масштаба 1:200000. Благодаря результатам этих региональных работ, были открыты многочисленные месторождения и рудопроявления разнообразных полезных ископаемых.

Дальний Восток состоит из материковой, полуостровной и островной частей. В состав Дальнего Востока входят Курильские острова, полуостров Камчатка, остров Сахалин, Командорские острова и другие (более мелкие) одиночные острова, расположенные у восточных границ России.

Тихий Океан, омывающий берега российского Дальнего Востока, является остатком единого Мирового океана. На него с двух сторон «наступает» суша в виде материков – Евразии и Америки (Северной и Южной). В зоне контакта материковые плиты «подминают» под себя океаническую земную кору. Результатом является

образование глубоких океанических впадин, а вулканизм и землетрясения сопровождают самые активные горообразовательные процессы.

Пояс подвижных участков земной коры (геосинклиналей) окружает Тихий океан и «сжимает» кольцо вокруг него. Площадь Тихого океана сокращается. Вокруг него образовалась цепь горных хребтов, получившая название Тихоокеанский вулканический пояс. Большое количество вулканов на этой территории является следствием геологической молодости и характерной чертой тектоники.

Полуостров Камчатка отличается обилием вулканов. Курильские острова представляют собой цепочку вулканических гор. Рядом с Курилами находится глубоководный Курило-Камчатский желоб, глубина которого достигает 9700 м. Сложная тектоническая структура отмечается в северной части Дальнего Востока, возраст которой более древний. Камчатка и Курильские острова, являются подвижными частями Тихоокеанского пояса, характеризуются активной вулканической деятельностью и располагаются в зоне современной геосинклинали.

В тектоническом устройстве материковой части Дальнего Востока выделяют: структуры платформенного ряда, складчатые системы и окраинные массивы.

Юго-восточная краевая часть Дальнего Востока имеет узкие глубоководные впадины, которые проходят по границе океанической коры. На Дальнем Востоке можно выделить пять мегаблоков земной коры:

1. Алдано-Становой мегаблок.
2. Амурский мегаблок.
3. Колымский мегаблок.
4. Охотоморский мегаблок.
5. Берингоморский мегаблок.

В пределах Алдано-Станового мегаблока находятся такие структурные элементы как Алдано-Становой щит и юго-восточная часть Сибирской платформы. Особенностью щита является его тенденция к вздыманию, в результате чего на поверхности оказались древнейшие кристаллические комплексы.

Основными структурными элементами Амурского мегаблока являются Буреинский и Ханкайский межгеосинклинальные массивы, Амуро-Охотская и Сихотэ-Алиньская геосинклинально-складчатые системы и Восточно-Сихотэ-Алиньский вулканический пояс. Для Колымского мегаблока характерны Верхоянско-Чукотская складчатая область, Омолонский и Охотский массивы, Южно-Ануйская складчатая зона и Охотско-Чукотский вулканический пояс. Состав Охотоморского мегаблока слагают островная Курило-Камчатская дуга, Кони-Тайгоносский вулканический пояс, две геосинклинально-складчатые системы – Хоккайдо-Сахалинская и Восточно-Сахалинская, Охотоморский массив, а также глубоководная Южно-Охотоморская впадина. В состав Берингоморского мегаблока входят южная часть Корякской геосинклинально-складчатой системы, северная часть Курило-Камчатской островной дуги и западная часть Алеутско-Аляскинской системы.

В формировании современного рельефа Дальнего Востока принимали участие не только тектонические, но и другие внешние процессы. Большая роль отводится интенсивной эрозионной деятельности рек, благодаря влажному климату, близкому расположению морских берегов, густоте эрозионного расчленения.

Восток России является обширной горно-равнинной страной. На юге преобладают средневысотные и низкие хребты (Сихотэ-Алинь, Джугджур), а на севере располагаются нагорья (Чукотское, Корякское) и плоскогорья с обширными лавовыми покровами и короткими хребтами. Около четверти территории занимают равнины, которые приурочены либо к межгорным понижениям (например, Среднеамурская низменность) либо к побережьям (например, Камчатская низменность). Самая крупная равнина Дальнего Востока – Зейско-Бурейская.

С запада на восток характер морфоструктур Дальнего Востока меняется от более древних к более молодым, от складчато-глыбовых к складчатым и глыбово-складчатым. Наиболее высокие участки гор (хребты Джагды, Буреинский, Баджалский, Сихотэ-Алинь и другие) в древние времена занимали ледники. Следы

этого сохранились и в наше время в виде различных мелких форм рельефа (холмов, каров и трогов).

В северной части Дальнего Востока наблюдается сложная тектоническая структура. Это связано с преобладанием горного рельефа. Здесь равнины занимают подчиненное положение и находятся либо на берегах морских заливов, либо в межгорных понижениях – Анадырская низменность, Пенжинская низменность, Парапольский дол, Центрально-Камчатское понижение. Большинство северных горных хребтов Дальнего Востока являются антиклинальными поднятиями или глыбовыми горстовыми массивами. К синклинальным прогибам приурочены понижения. Хребты Чукотского нагорья слагают породы Верхоянского комплекса и относятся к мезозойской складчатости. В пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса формировались южные хребты Чукотского нагорья, Анадырского плоскогорья, западная часть Анадырско-Пенжинского понижения и хребты северного побережья Охотского моря. Сложены они вулканогенными наземными формациями, которые имеют верхнемеловой, палеогеновый и четвертичный возраст.

Таким образом, в результате различных внутренних (тектонических) и внешних факторов сформировались различные типы рельефа Дальнего Востока:

- 1.Эрозионно-денудационные среднегорья и низкогорья с участками ледниковых форм рельефа на палеозойских и мезозойских глыбово-складчатых структурах.
- 2.Эрозионно-денудационные низкогорья Сихотэ-Алиня и Сахалина на мезозойских и кайнозойских складчато-глыбовых и складчатых структурах с лавовыми плато.
- 3.Денудационно-эрозионные пластовые равнины межгорных впадин Приамурья.
- 4.Аккумулятивные равнины межгорных впадин на мезозойских и кайнозойских складчатых структурах.

1. Понятие палеомагнетизма, палеомагнитных исследований и методов.

Палеомагнетизм – область геофизики, изучающая земной магнетизм прошлых геологических эпох. Базируется на исследовании естественной остаточной намагниченности горных пород. Данными палеомагнитными исследованиями пользуются при изучении магнитного поля Земли, условий образования горных пород, тектоники, вулканизации и др.

В середине прошлого века было обнаружено, что горные породы, как осадочные, так и магматические, если не подвергались интенсивным механическим тепловым воздействиям, сохраняют память о магнитном поле, в котором они образовались. Это явление получило название остаточной намагниченности. Открытие остаточной намагниченности положило начало новому научному направлению - палеомагнитологии.

Палеомагнитными исследованиями установлено, что в интервалах от 500 тыс. до 50 млн лет происходит геомагнитная инверсия, то есть изменение направления (полярности) магнитного поля Земли на обратное.

Палеомагнитные исследования предназначены для определения магнитного поля Земли в отдаленные геологические эпохи путем изучений остаточного намагничивания горных пород. Основная задача любого палеомагнитного исследования заключается в выделении этой намагниченности и определении степени ее сохранности в породе.

За последние 30 лет палеомагнитные исследования получили широкое развитие и охватывают весь интервал геологического времени, начиная с раннего протерозоя (то есть с 2.5 млрд лет) до современности.

Для палеомагнитных исследований требуется взятие ориентированных образцов. Что достигается в настоящее время выбуриванием или ручным отбором их из обнажений или взятием ориентированных из скважин.

Палеомагнитный метод – метод изучения естественной остаточной намагниченности горных пород с целью датирования геологических комплексов их возрастной корреляции, а также реконструкций положения континентов, континентальных блоков и литосферных плит. Данный метод позволяет восстанавливать историю геомагнитного поля.

Метод основан на следующих постулатах:

1. Горная порода приобретает намагниченность по направлению магнитного поля Земли, имевшегося в момент ее образования.
2. Намагниченность горной породы сохраняется в дальнейшем без существенных изменений.
3. Геомагнитное поле, осреднённое за промежутки времени порядка 100 тыс. лет, является полем магнитного диполя, помещённого в центр Земли и ориентированного по её оси вращения.

Существуют три типа естественной остаточной намагниченности – термоостаточная, химическая и ориентационная. Наиболее велика и стабильна термоостаточная намагниченность, которую приобретает горячий, но остывающий ферромагнетик в момент перехода его температуры через точку Кюри. Термоостаточную намагниченность приобретают, например, ферриты в остывающих лавах либо изделия из глины, обожжённые до температуры выше точки Кюри.

При практическом применении палеомагнитного метода пробы горных пород, отобранные таким образом, чтобы ориентировка их сторон была известна относительно вектора напряжённости современного геомагнитного поля в точке отбора, направляются в лабораторию, где подвергаются магнитной чистке – температурной или переменным магнитным полем, цель которой – выделение первичной остаточной намагниченности. Затем образцы исследуются с помощью магнитометров; чаще применяется рок-генератор, позволяющий измерять величину и направление вектора естественной остаточной намагниченности даже

слабомагнитных образцов, которые, как правило, используются при палеомагнитных исследованиях.

Палеомагнитный метод требует сочетания с биостратиграфическим и радиохронологическим методами. Может быть полезным при расчленении «немых» толщ. Методами палеомагнитных исследований являются:

1. Метод датирования горных пород с помощью выявления остаточной намагниченности.

Сущность метода заключается в следующем: горная порода, нагретая до точки Кюри (500-700 градусов Цельсия) охлаждаясь «запоминает» направление и интенсивность магнитного поля Земли на данный момент. При практическом применении метода в полевых условиях породы исследуются с помощью магнитометра.

2. Метод магнитостратиграфии.

Магнитостратиграфия – наука изучающая расчленение отложений горных пород на основе их прямой или обращенной намагниченности.

Метод основан на естественной остаточной намагниченности пород, фиксирующей магнитное поле времени и места ее образования. Явление это объясняется тем, что ферромагнитные частицы при застывании лав и при осаждении осадков намагничиваются и ориентируются в магнитном поле Земли.

Обобщив данные по территории СССР А.Н. Храмов и Л.Е. Шолпо (1967) предложили первую ориентировочную палеомагнитную шкалу для всего фанерозоя.

Магнитостратиграфическая шкала полярности строится путем сопоставления опорных магнитостратиграфических разрезов с подразделениями Общей стратиграфической шкалы. Идентификацией общего стратиграфического подразделения по его палеомагнитным характеристикам является последовательность магнитозон (колонка магнитной полярности), наблюдаемая в его стратотипическом разрезе. В эталонной колонке магнитной полярности должна быть запечатлена вся последовательность изменений магнитной полярности в пределах стратиграфического объема подразделения и на его границах. При малой

палеомагнитной информативности стратотипа эталонная колонка магнитной полярности строится по другим представительным разрезам стратона. На основе такой палеомагнитной шкалы и возможны датировка и корреляция отложений.

За последние десятилетия палеомагнитные исследования получили широкое развитие. Палеомагнитные исследования позволяют определить относительное положение континентальных блоков (с точностью до 500 км) и охватили геологическое время с раннего протерозоя до современности. Остаточная намагниченность обнаружена у пород архейского возраста, однако более достоверными считаются данные для фанерозоя.

3. Палеомагнитные исследования Дальнего Востока России в отечественной науке второй половины XX – начала XXI века.

3.1. Палеомагнитное изучение Амурской плиты.

Амурская плита имеет сложное геологическое строение и историю развития. Расположенные на территории Амурской плиты орогенные пояса формировались с позднего докембрия до мезозоя, а на периферии Палео-Тихого океана – в мезозое и кайнозое. Эти структуры обрамляют Сино-Корейский и Северо-Азиатский кратоны и северо-западную окраину Тихого океана.

В юго-восточной части Дальнего Востока России, в области торцового сочленения разнонаправленных Бурей-Ханкайского, Аргунского и Монголо-Охотского орогенных поясов, приуроченных к коллизионным зонам на стыке Сибирской и Северо-Китайской платформ, широко проявлены разновозрастные и геологические разнородные структурно-фациальные зоны (террейны), которые в разных сочетаниях иногда объединяются под названием Амурской плиты.

Палеомагнитные исследования Амурской плиты проводились многими учеными, среди которых М.Л. Баженов, А.Н. Диденко, Г.З. Гурарий, Д.М. Печерский и др. Обобщающие исследования по палеомагнитному изучению Амурской плиты опубликованы в работе Ю.С. Бретштейна. В ходе этих исследований учеными ставилась задача охватить возможно более широкую территорию с целью отобрать и изучить неперемагниченные породы. Полевые и лабораторные исследования проводились по общепринятой методике [Храмов А.Н., 1982]. Лабораторные исследования проводились в России, США, Франции. В исследованиях использовалась современная измерительная аппаратура – криогенный магнитометр, каппа-мосты, различные размагничивающие установки. Работы включали весь современный комплекс измерений и экспериментальных методов, в том числе последовательное измерение намагниченности пород в процессе ступенчатой температурной «чистки» до 690 градусов – $J_n(T)$ и чистку в переменном магнитном поле до 100 мТл – $J_n(H)$. В процессе термомагнитного

анализа исследовались носители естественной остаточной намагниченности, определялись коэрцитивная сила, величина и температурные зависимости остаточной намагниченности насыщения, изотермической нормальной намагниченности и магнитной восприимчивости. Изучалась анизотропия магнитной восприимчивости (AMB) и изотермической остаточной намагниченности (AIRM) пород с целью оценки ее влияния на наклонение вектора выделенной высокотемпературной характеристикой компоненты ChRM и связи с процессами складкообразования [Бретштейн Ю.С. и др., 2007].

Обработка палеомагнитных данных включала компонентный анализ, метод пересечения кругов перемагничивания, различные модификации теста складки и теста обращения, а также способы выделения до-, син- и постскладчатой компонент естественной остаточной намагниченности. При компьютерной обработке данных использован набор пакетов современных прикладных программ В.Н. Завойского, С.В. Шипунова и Р.Энкина.

В результате проведенных палеомагнитных исследований позднепротерозойско–раннекембрийских пород из большинства реперных геологических разрезов Приморья, Приамурья и Забайкалья выявлена доскладчатая высокотемпературная компонента намагниченности, характеризующаяся преобладанием пологих (чаще всего – отрицательных) наклонов в западных румбах и положительными наклонами в северо-восточных румбах. Тест обращения и тест складки при группировании разрезов дали положительные результаты для подавляющего числа объектов.

3.2. Палеомагнетизм северного Сихотэ-Алиня.

Значительную часть восточной окраины Евразийского континента образуют покровно-складчатые структуры Сихотэ-Алинь–Северо-Сахалинского орогенного пояса. Территорию ученые относят к складчатой области мезозойского возраста. В кайнозойское время вулканические вершины Сихотэ-Алиня активно разрушались, выравнивались, зарастали растительностью. Сложен Сихотэ-Алинь древними триасовыми и меловыми песчано-сланцевыми отложениями. По современным представлениям Сихотэ-Алиньский пояс образован террейнами различного происхождения, состав которых включает фрагменты юрских и раннемеловых аккреционных призм (Самаркинская, Наданьхада-Бикинская, Хабаровская, Баджалская, Таухинская и Киселевско-Маноминская), раннемеловых островодужных систем (Кемская, Шмидтовская, Камышовская) и Журавлевско-Амурского раннемелового синсдвигового турбидитового бассейна (рис. 1).

В нашей стране Алексей Никитич Храмов один из первых, кто успешно применил палеомагнитный метод в террейновом анализе для северо-восточной окраины Евразии. А.Н. Храмов провел расчеты для Сихотэ-Алиня, благодаря которым сделал вывод, что причленение структур к континентальной Евразии в послепермское время произошло на рубеже 110 млн лет назад, затем снова произошел их отрыв от континента и повторное причленение не ранее 30 млн лет назад. Это противоречило имевшимся на то время и полученным позднее геолого-структурным и биостратиграфическим данным. Несоответствие палеомагнитных данных с геолого-структурными и биостратиграфическими, по мнению ученых, проводивших исследования, обусловлено ненадежным определением первичной намагниченности изученных пород, связанным с объективными трудностями.

Попытки получить качественные палеомагнитные данные по ключевым структурам Сихотэ-Алиня предпринимались учеными и позже, однако существовавший набор мезозойских палеомагнитных данных по региону не позволял быть уверенным в крупномасштабных горизонтальных перемещениях

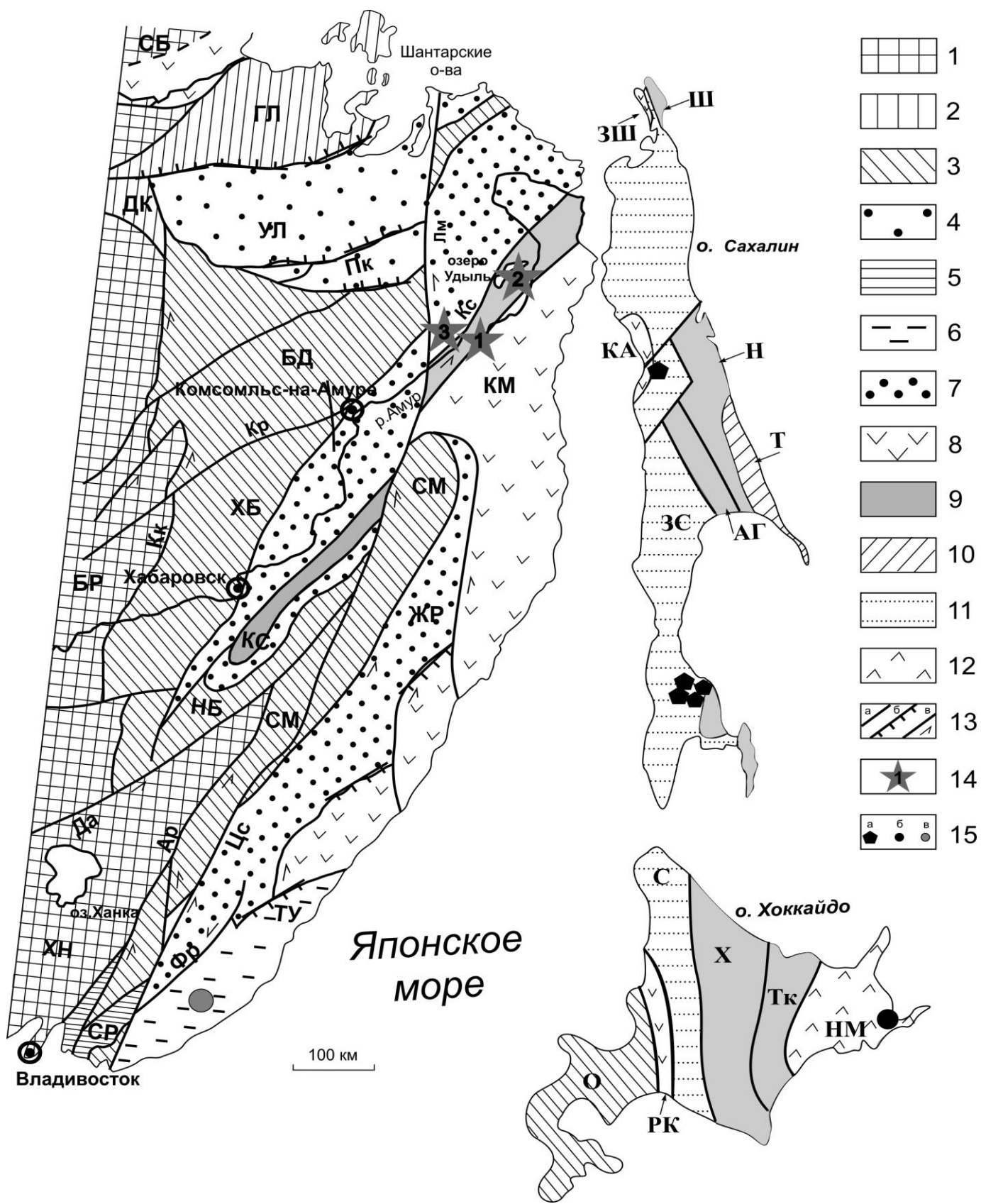


Рис.1 Схема террейнов Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинского орогенного пояса по [Геодинамика..., 2006] с дополнениями.

1 – докембрийские и раннепалеозойские кратоны и супертеррейны (БР – Буреинский, СБ – Сибирский, ХН – Ханкайский); 2 - палеозойские террейны (ГЛ – Галамский, ДК – Джагдинско-Кербинский); 3, 4 – юрские террейны: 3 – фрагменты аккреционных призм (БД – Баджальский, НБ – Наданьхада-Бикинский, О – Ошима, СМ – Самаркинский, ХБ – Хабаровский), 4 – приконтинентального турбидитового бассейна (УЛ – Ульбанский); 5 – докембрийского-раннепалеозойские фрагменты в структуре юрской аккреционной призмы (СР – Сергеевский комплекс Самаркинского террейна); 6-9 – меловые, в основном раннемеловые, террейны: 6 – неокомской аккреционной призмы (ТУ – Таухинский), 7 – приконтинентального синсдвигового турбидитового бассейна (ЖР – Журавлевско-Амурский), 8 – баррем-альбской островодужной системы (ЗШ – Западношмидтовский, КА – Камышовый, КМ – Кемский, РК – Ребун-Кабато), 9 – альбской аккреционной призмы (АГ – Аниво-Гомонский, КС – Киселевско-Маноминский, Н – Набильский, ТК – Токоро, Х – Хидака, Ш – Шмидтовский); 10-11 – ранне-позднемеловые: 10 – островодужные (Т – Терпения); 11 – турбидитовые (ЗС – Западно-Сахалинский, С – Сорачи-Йезо); 12 – позднемеловой-палеогеновый флишево-островодужный (Нм – Немуро); 13 – основные разломы (а – с неустановленной сдвиговой составляющей, б – надвиги, в – сдвиги, в том числе: Ар – Арсеньевский, Да – Дунми-Алчанский, Кк – Куканский, Кр – Курский, Кс – Киселевский, Лм – Лимурчанский, Пк – Пауканский, Фр – Фурмановский, Цс – Центральный Сихотэ-Алиньский); 14 – районы детальных палеомагнитных исследований (1, 2 – киселёвская и силасинская свиты Киселевско-Маноминского, 3 – утицкая свита Журавлевско-Амурского террейнов); 15 – использованные опубликованные палеомагнитные данные (а – [Abrajevitchi et al., 2012], б – [Fujiwara, Ohtake, 1975], в – [Otofuji et al., 1995]).

террейнов, образующих сейчас Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинский орогенный пояс. Это было обусловлено тем, что большинство определений имело невысокую палеомагнитную надежность, а также наличием позднемезозойского перемагничивания. Проведенные в 1980-1990-е гг. палеомагнитные исследования пермских и мезозойских пород южного Приморья М.Л. Баженовым с соавторами позволили заключить: «Эти факты заставляют нас предположить полное перемагничивание пород... мы приходим к следующему сценарию: уже деформированные породы перемагничиваются во второй половине позднего мела под влиянием прогревов и гидротермальной деятельности..., после чего уже перемагниченные толщи деформируются снова». Из вышеизложенного следует, что

задача получения первичных палеомагнитных направлений для пород ключевых объектов Сихотэ-Алиня крайне важна и не тривиальна при подборе объектов исследования из-за существенного позднемезозойского регионального перемагничивания.

За последние годы коллективом ученых были отобраны и исследованы шесть мезозойских коллекций: из триаса южного Приморья, юры Буреинского прогиба, нижнего мела Баджальской зоны. Данные исследования дали отрицательный результат – выделяется только послескладчатая компонента намагниченности.

Однако при исследовании меловых пород киселевской и силасинской свит Киселевско-Маноминского террейна и утицкой свиты Журавлевско-Амурского террейна был получен положительный результат – удалось выделить характерные намагниченности, близкие по времени своего образования к возрасту этих пород.

Учеными проводились полевые исследования с помощью магнитного компаса, отбор палеомагнитных образцов осуществлялся с помощью геологического молотка и зубила. Образцы пород, взятые при полевых исследованиях, использовались при петро– и палеомагнитных исследованиях. Исследование остаточной намагниченности проводилось на спин–магнитометре JR – 6А, помещенном в кольца Гельмгольца, и на СКВИД – магнитометре 775– 4К SRM. Все взятые образцы пород были подвергнуты ступенчатой температурной чистке от 100 до 690 градусов Цельсия. При анализе данных с использованием пакета программ производилось выделение компонент естественной остаточной намагниченности.

В результате проведенных исследований и полученных палеомагнитных данных по мезозойским осадочным и вулканогенным породам Киселевско – Маноминского и Журавлевско-Амурского террейнов удалось установить модель становления северной части Сихотэ-Алиньского орогенного пояса.

3.3. Палеомагнетизм южного Сихотэ-Алиня.

В данной главе рассмотрены палеомагнитные исследования нижнемеловых осадочных пород кемской свиты Кемского террейна. Последний располагается в юго-восточной части Сихотэ-Алиньского орогена и протягивается полосой шириной до 80 км вдоль побережья Японского моря на 850 км. Объектом исследования являлись осадочные породы верхней подсвиты кемской свиты. Верхнекемская подсвита образована позднеальбскими пачками ритмичного чередования песчаников и алевролитов, а также содержит самостоятельные пласты песчаников, алевролитов и подводно-оползневых образований. Данные породы относятся к Кемскому террейну, который представляет собой фрагмент тыловодужной части готерив-альбской островной дуги [Малиновский А.И., 2010]. Для палеомагнитного изучения пород кемской свиты было отобрано 47 образцов из трех сайтов (K15/5, K15/6, K15/7) в районе р. Кема (45.7° с.ш., 136.7° в.д.), магнитное склонение в районе работ составляло 10.9° (табл. 1).

Таблица 1.

Результаты палеомагнитных исследований

Сайт	$\varphi, ^\circ$	$\lambda, ^\circ$	Тип пород	N_1	N_2	Азимут падения, $^\circ$	Угол падения, $^\circ$	$Dec_s, ^\circ$	$Inc_s, ^\circ$	K_s	$a_{95}, ^\circ$
K15/5	45.7	136.7	песчаники	30	15	304	50	346.3	57.7	32.6	6.8
K15/6	45.7	136.7	песчаники	9	7	310	35	3.7	51.0	17.6	14.8
K15/7	45.7	136.7	песчаники	8	7	305	60	12.4	53.3	11.2	18.9
Средние значения по сайтам K15/5, K15/6, K15/7						$K_{max} = 117\%$		1.4 (350.4)	54.5	95.1	12.7
Координаты палеомагнитного полюса								$Plat = 77.1^\circ$; $Plong = 354.4^\circ$; $d_p = 17.9$ $d_m = 12.6$			

Условные обозначения: φ, λ – географические широта и долгота сайтов, соответственно; N_1 – количество отобранных образцов; N_2 – количество образцов, используемых при расчете среднего значения; Dec_s, Inc_s – палеомагнитные склонение и наклонение в стратиграфической системе координат; K – кучность; a_{95} – радиус овала доверия около среднего значения; $Plat, Plong$ – широта и долгота палеомагнитного полюса; d_p, d_m – полуоси овала доверия около полюса

Для коллекции образцов кемской свиты была применена детальная чистка переменным магнитным полем (Н-чистка). Исследование остаточной намагниченности проводилось на СКВИД – магнитометре 775– 4К SRM. Термомагнитная чистка оказалась неэффективной для большинства изученных пород, т.к. в ходе неё не удалось выделить стабильный палеомагнитный сигнал. Диапазон магнитной чистки составил от 1 до 92 мТл с шагом от 2 до 4 мТл. В ходе исследований, как правило, выделяются две компоненты намагниченности: древняя и современная. Выделенная древняя компонента намагниченности имеет «доскладчатый» возраст, на что указывает положительный тест складки. Среднее направление древней компоненты намагниченности имеет следующие значения: $D_s = 350.4^\circ$, $I_s = 54.5^\circ$ $K = 95.1$, $a_{95} = 12.7^\circ$. По направлению древней компоненты были рассчитаны координаты палеомагнитного полюса: $P_{lat} = 77.1^\circ$, $P_{long} = 354.5^\circ$, $d_p = 17.9^\circ$, $d_m = 12.6^\circ$. Палеоширота формирования изученных пород кемской свиты составила 35° с.ш. Таким образом, можно сделать вывод о том, что породы кемской свиты были аллохтонны по отношению к палеоконтиненту.

3.4. Магнитостратиграфия Камчатки.

Камчатка – молодая геосинклинальная область активных современных тектонических процессов и современного вулканизма. Рельеф Камчатки сформировался сравнительно недавно, в самом конце кайнозойской эры. На формирование современного рельефа Камчатки оказывало влияние большое количество факторов: тектонические движения и разломы, вулканические излияния, четвертичное и современное оледенения, эрозионная деятельность.

Палеомагнитные исследования Камчатки проводились на полуострове Ильпинском, острове Беринга, в бухте Чемурнаут и Маметчинском заливе. Исследования проводились по палеогеновым отложениям. В течение нескольких лет ученые изучали разрезы палеогена Камчатского региона. С учетом биостратиграфических данных проводилась корреляция разрезов.

Таблица 2.

Магнитные свойства палеогеновых пород полуострова Ильпинский
[Минюк П.С. и др., 2007]

Свита	N (кол-во образцов)	J _n , mA/m от-до (среднее)	χ, 10 ⁻⁶ СИ от-до (среднее)
Алугинская	15	0.7-4.9 (1.7)	200-3012(638)
Гаилхавиланская	39	0.1-37.6(2.7)	88-9238(713)
Килакирнунская	50	0.3-205.9(15.8)	113-3460(2688)
Кыланская	77	0.2-207.0(13.0)	350-11 100(1863)
Южноильпинская	29	0.7-391.0(136.1)	313-87 125(33675)

На полуострове Ильпинский изучались стратиграфически снизу-вверх южноильпинская, кыланская, килакирнунская, гаилхавиланская и алугинская свиты,

которые были вскрыты на западном берегу полуострова. Полученные данные в результате исследования показали, что отложениям Ильпинского разреза свойственно общее уменьшение остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости пород снизу-вверх (табл. 2). Наиболее магнитными являются отложения южноильпинской свиты, сложенные более грубыми разностями пород.

Исследования острова Беринга проводились в юго-восточной части острова. В этой части острова распространены отложения командорской серии – свиты мыса Толстого, Буяновской и Каменской свит (табл. 3).

Таблица 3.

Магнитные свойства палеогеновых пород острова Беринга [Минюк П.С. и др., 2007]

Разрез	Свита	Пачка	J_n , мА/м от-до (среднее)	χ , 10^{-6} СИ от-до (среднее)
Берингоморский	Буяновская	1-7	1.0-11.8(4.3)	138-438(250)
	мыса Толстого	15-32	0.4-89.9(4.8)	25-5575(375)
		12-14	1.7-2430.0(268.4)	313-84850(22263)
		1-11	0.1-25.6(2.7)	25-1088(225)
Тихоокеанский	мыса Толстого	28	0.2-17.0(1.9)	38-250(125)
		21-27	0.3-1135.0(70.5)	12-15800(1663)
		1-20	2.8-1615.0(255.0)	163-86338(14488)

Палеомагнитная характеристика палеогеновых отложений острова Беринга получена по двум разрезам, расположенным на тихоокеанском и берингоморском побережьях. В результате исследований было выявлено, что породы Буяновской свиты и свиты мыса Толстого (пачки 15-32, 1-11) являются слабомагнитными (табл. 3). В разрезе свиты мыса Толстого заметно выделяются породы (пачки 12-14),

магнитные параметры которых в десятки и сотни раз выше фоновых. Разрез на тихоокеанском побережье по магнитным свойствам расчленяется на три интервала. Для верхнего интервала (пачка 28) характерны слабомагнитные, а для нижнего (пачки 1-20) - сильномагнитные породы. Отложениям, разделяющим эти интервалы, свойственны значительные колебания магнитных величин [Минюк П.С. и др., 2007].

Палеомагнитные исследования бухты Чемурнаут проводились учеными по палеогеновым отложениям геткилнинской, камчикской и ткаправаямской свитам. Данные палеомагнитные исследования показали, что магнитные свойства отложений зависят от литологии и изменяются в широких пределах (табл.4).

Таблица 4.

Магнитные свойства палеогеновых пород бухты Чемурнаут
[Минюк П.С. и др., 2007]

Свита	N (кол-во образцов)	Jn, mA/m от-до (среднее)	10 ⁻⁶ СИ от-до (среднее)
Ткаправаямская	82	1.1-783.0(166.7)	50-69750(13487)
Камчикская	102	0.2-539.8(30.9)	63-11150(1325)
Геткилнинская	15	4.5-77.9(25.9)	400-4263(1613)

Наиболее магнитными являются отложения ткаправаямской свиты, для которой характерна изменчивость литологического состава.

При исследовании Маметчинского залива брали отложения унэльской и оммайской свит палеогена. Породы данных свит участвуют в строении ряда синклинальных и антиклинальных складок. Данный район характеризуется сложной тектоникой. Углы падения слоев превышают 70-80 градусов. Опробование разрезов проводилось по нескольким крыльям складок, которые часто дублируют друг друга. Складки осложнены разрывными нарушениями [Минюк П.С. и др., 2007 г.].

Магнитные свойства палеогеновых отложений Маметчинского залива практически однородны во всех изученных разрезах (табл.5.).

Таблица 5.

Магнитные свойства палеогеновых отложений Маметчинского залива

[Минюк П.С. и др., 2007]

Свита	Разрез	N (кол-во образцов)	J _n , mA/m от-до (среднее)	10 ⁻⁶ СИ от-до (среднее)
Унэльская	1	46	1.5-190.1(30.9)	138-24883(3225)
	2	24	0.9-8.9(3.6)	175-1125(525)
	3	32	0.1-4.7(1.8)	200-425(288)
Оммайская	3	26	0.2-2.8(1.4)	88-1338(375)
	4	35	1.2-5.1(2.8)	463-638(400)
	5	37	0.1-1.8(0.7)	138-2325(613)
	6	56	0.2-7.8(2.1)	175-1750(400)

Таким образом, по данным палеомагнитным исследованиям можно сделать вывод, что наиболее полным и хорошо фаунистически охарактеризованным является Ильпинский разрез, который является опорным для палеогена Камчатки. Палеогеновые отложения Маметчинского залива имеют преимущественно обратную полярность. Две прямолинейные магнитозоны выделяются на оммайской свите, одна в унэльской. В Чемурнаутском разрезе выделены 4 крупные магнитозоны. Зона обратной полярности установлена в буяновской свите острова Беринга.

Магнитостратиграфические данные по палеогену Камчатки позволяют наметить корреляцию выделенных магнитозон со стандартной шкалой и оценить

достоверность биостратиграфических сопоставлений и положение возрастных границ в разрезах.

Опыт проведения магнитостратиграфических исследований на Камчатке указывает на необходимость продолжения подобных работ – при комплексном использовании и биостратиграфических материалов.

Заключение

Результатом написания данной работы стало знакомство с основами палеомагнетизма, магнитостратиграфии, палеомагнитных методов и основными результатами палеомагнитных исследований Дальнего Востока.

В работе были рассмотрены современные знания о палеомагнитных методах, магнитостратиграфии, магнитных свойствах горных пород, а также результаты палеомагнитных исследований Дальнего Востока на примере Амурской плиты, северного и южного Сихотэ-Алиня и Камчатки.

В результате рассмотренной в настоящей работе информации, можно сделать вывод о том, что рельеф Дальнего Востока сформировался под воздействием различных внутренних (тектонических) и внешних факторов (оледенение, ветры, воды океана).

За последние десятилетия палеомагнитные исследования получили широкое развитие. Исследования охватили геологическое время с раннего протерозоя до современности, а это 2.5 млрд лет. Остаточная намагниченность обнаружена у пород архейского возраста, но более достоверными считаются данные для фанерозоя. Палеомагнитные данные позволяют определить относительное положение континентальных блоков с точностью до 500 км.

При исследовании южного Сихотэ–Алиня была установлена палеоширота формирования пород кемской свиты Кемского террейна – 35° с.ш. и сделан вывод о том, что породы кемской были аллохтонны по отношению к палеоконтиненту.

При исследовании северного Сихотэ–Алиня установлены геодинамические обстановки, условия формирования силасинской, утицкой и киселевской свит. Формирование киселевской свиты Киселевско-Маноминского террейна происходило 133 млн лет назад на 19° с.ш. в условиях симаунта на плите Изанаги. Силасинская свита Киселевско-Маноминского террейна формировалась 103 млн лет на 35° с.ш. назад в условиях океанической островной дуги. Утицкая свита Журавлевско-Амурского террейна формировалась 95 млн лет назад на 54° с.ш. в

условиях активной континентальной окраины. Установлено развитие трансформной континентальной окраины Евразии (в диапазоне от 105 до 65 млн лет назад) в режиме левого сдвига. Причленение изученных пород Киселевско-Маноминского террейна к окраине Евразии произошло на рубеже 60-70 млн лет назад, во время смены знака смещения в субмеридиональных сдвигах на правосторонний с образованием бассейнов типа пулл-апарт (оз. Удыль).

Исследования Камчатки показали, что Ильпинский разрез является опорным для палеогена Камчатки, а палеогеновые отложения Меметчинского залива имеют преимущественно обратную полярность. В Чемурнаутском разрезе выделены 4 крупные магнитозоны. Зона обратной полярности установлена в буяновской свите острова Беринга.

Опыт проведения магнитостратиграфических исследований на Камчатке указывает на необходимость продолжения подобных работ – при комплексном использовании и биостратиграфических материалов.

В результате проведенных палеомагнитных исследований геологических разрезов Приморья, Приамурья и Забайкалья выявлена доскладчатая высокотемпературная компонента намагниченности, характеризующаяся преобладанием пологих (чаще всего – отрицательных) наклонений в западных румбах и положительными наклонениями в северо- восточных румбах. Основным результатом работы является уточнение позиций палеомагнитного полюса, соответствующих рифейско-нижнепалеозойскому участку траектории его кажущегося движения для террейнов Амурской плиты, в сравнении с полюсами для Сибирской и Северо-Китайской плит.

Несмотря на все сложности при изучении Дальнего Востока его роль неуклонно возрастает. Подобные палеомагнитные и магнитостратиграфические исследования Дальнего Востока помогут в оценке пространственно-временной эволюции террейнов и анализе всей геодинамики геоблоков гондванской группы в целом.

Список использованной литературы

1. Белоконь В.И., Кочегура В.В., Шолпо Л.Е.. Методы палеомагнитных исследований горных пород. Л., «Недра», 1973, 248 с.
2. Бретштейн Ю.С., Палеомагнитное изучение позднепротерозойских и раннекембрийских пород террейнов Амурской плиты // Физика земли. №10, 2007, С. 95-109.
3. Бретштейн Ю.С., Захаров Ю.Д., Климова А.В. Палеомагнитное изучение триасовых отложений южного Приморья (предварительные результаты) // Тихоокеанская геология, том 22, №1, 2003, С. 71-82.
4. Бретштейн Ю.С. Петро–, палеомагнитное изучение юрских осадочных пород юго-востока России // Физика земли, №6, 2009, С. 32-43.
5. Диденко А.Н., Песков А.Ю., Кудымов А.В., Войнова И.П., Тихомирова А.И., Архипов М.В. Палеомагнетизм и аккреционная тектоника северного Сихотэ-Алиня // Физика земли, №5, 2017, С. 121-138.
6. 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, Т. 33. №1, 2014, С. 20-40,
7. Короновский Н.В. Общая геология. М.: Изд-во МГУ, 2006, 528 с.
8. Малиновский А.И. Вещественный состав островодужных комплексов Дальнего Востока России // Литология и полезные ископаемые, № 1, 2010, С. 28-44.
9. Минюк П.С., Субботникова Т.В., Андерсон П.М., Ложкин А.В. Петромагнитные свойства озера Пернатое (остров Парамушир, Курильская гряда) как показатели изменений условий осадконакопления // Физика земли, №1, 2013, С. 127-136.
10. Минюк П.С., Гладенков Ю.Б. Магнитостратиграфия палеогеновых отложений Камчатки //Стратиграфия геологическая корреляция, том 15, №1, 2007, С. 106-117.
11. Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А., Писаревский С.А., Погарская И.А., Ржевский Ю.С., Родионов В.П., Слауцитайс И.П. Палеомагнитология; под ред. А.Н. Храмова. – Л.: Недра, 1982, 312 с.

12. Диденко А.Н., Ханчук А.И., Тихомирова А.И. Палеомагнетизм киселевского комплекса Киселевско-Маноминского террейна Сихотэ-Алиня: геодинамические следствия: геодинамические следствия // Доклады Академии Наук, Т. 454, № 4, 2014, С. 442-446.
13. Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Дальнего Востока // Сборник научных трудов. под ред. Э.Э. Фотиади Новосибирск, 1976, 143 с.
14. Цветков А.А., Федорчук А.В., Гладенков А.Ю., Аракелянц М.М. Новые данные о геологическом строении о. Беринга (Командорские острова) // Доклады Академии Наук СССР, 1989, Т. 304, №6, С. 1427-1431.
15. Цветков А.А., Федорчук А.В., Гладенков А.Ю. Геологическое строение и магнетизм острова Беринга // Изв. АН СССР, №7, 1990, С. 40-56.
16. Abrajevitch A., Zyabrev S., Didenko A.N., Kodama K. Paleomagnetism of the West Sakhalin Basin: evidence for northward displacement during the Cretaceous // Geophysical Journal Intert. V. 190, 2012, P. 1439–1454.
17. Fujiwara Y., Ohtake T. Paleomagnetism of Late Cretaceous alkaline rocks in the Nemuro Peninsula, Hokkaido, Japan. J.Geomag.Geolect. V. 26, 1975, P. 549-558.
18. Otofujii Y.-I., Matsuda T., Enami R., Uno K., Nishihama K., Halim N., Su L., Zaman H., Kulinich R.G., Zimin P.S., Matunin A.P., Sakhno V.G. Late Cretaceous palaeomagnetic results from Sikhote Alin, Far Eastern Russia: Tectonic implications for the eastern margin of the Mongolia Block // Geophysical Journal International. V. 152 (1), 2003, P. 202-214.