

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Поступила в редакцию 25.08.2024 г.

Принята к публикации 15.11.2024 г.

EDN: KCVHCSJ

УДК 550.384.33:552.323.5:551.76(481-922.1)

Иосифиди А.Г.

Санкт-Петербургский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (СПбФ ИЗМИРАН), Санкт-Петербург, Россия, iosag@mail.ru

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ МЕЗОЗОЙСКИХ МАГМАТИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

Представлены результаты изучения коллекции палеомагнитных образцов горных пород мезозойского возраста, собранных в 1984-1987 гг. на острове Западный Шпицберген. Получены палеомагнитные полюсы по трем обнажениям долеритов в Ис-фьорде и Сассен-фьорде. Для сопоставления новых и имеющихся данных построена траектория кажущейся миграции палеомагнитного полюса для острова Западный Шпицберген в интервале средний карбон - юра. Проведено сравнение с траекториями миграции палеомагнитного полюса по Восточно-Европейской платформе и Евразии.

Ключевые слова: палеомагнетизм, палеомагнитный полюс, мезозойские отложения, долериты, остров Западный Шпицберген.

Для цитирования: Иосифиди А.Г. Палеомагнетизм мезозойских магматических отложений острова Западный Шпицберген // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2024. - Т.19. - №4. - https://www.ngtp.ru/rub/2024/34_2024.html EDN: KCVHCSJ

Введение

Палеомагнитные исследования по горным породам о-ва Западный Шпицберген ведутся с прошлого века. Особое внимание уделялось изучению мезозойских магматических пород, которые широко распространены на о-ве Западный Шпицберген и связаны с Высокоарктической большой магматической провинцией (High Arctic Large Igneous Province (HALIP)), которая здесь представлена диабасодденской свитой (Diabasodden Formation) [Dallmann et al., 1999]. Платформенная магматическая формация, широко распространенная на архипелаге Шпицберген и Земле Франца-Иосифа, сложенная силами и дайками долеритов, прорывает толщу палеозойско-мезозойских осадочных пород вплоть до верхнеюрских слоев (волжский ярус). Большой объем исследований по мезозойским отложениям о-ва Западный Шпицберген выполнен советским геологами [Буров и др., 1976; Ковалева, Буров, 1976; Буров, Лившиц, 1965; Пчелина, 1965]. Возраст долеритовых интрузий оценивается по геологическим данным двояко: позднеюрский - раннемеловой либо позднемеловой - палеогеновый. По первым исследованиям **K-Ar** датировки долеритов свидетельствуют о том, что внедрение основной массы интрузий происходило в две фазы, которым отвечают возрастные максимумы 144 ± 5 и 105 ± 5 млн. лет [Буров и др., 1976]. В последние годы возросло число работ по

определению возраста магматических мезозойских пород о-ва Западный Шпицберген с использованием радиометрических методов K–Ar [Birkenmajer et al., 2010], Ar–Ar [Polteau et al., 2011] и U–Pb [Corfu et al., 2010, 2013]. Опубликовано более 130 радиометрических (Ar–Ar и K–Ar) возрастов в широком диапазоне (около 75–145 млн. лет назад). Современное радиометрическое датирование (U–Pb) даёт оценку около 124,5 млн. лет назад (т.е. ранний апт) [Senger et al., 2014].

Палеомагнитные исследования по мезозойским отложениям о-в Шпицберген и Земля Франца Иосифа проводились советскими и зарубежными палеомагнитологами с середины прошлого века [Гусев, Металлова, Файнберг, 1967; Гусев, 1970, 1971, 1973; Гуревич, Слауцитайс, 1988; Spall, 1968; Halvorsen, 1989, 1974; Vincenz et al., 1981, 1984; Jeleńska, 1987]. Полученные палеомагнитные данные показали, что имеющиеся определения по мезозойским отложениям (магматическим и осадочным) не позволяют построить надёжную траекторию кажущегося движения палеомагнитного полюса (APWP – apparent pole wander path) для мезозоя.

Советские геологи, начиная с середины прошлого века, проводили на о-ве Западный Шпицберген поисковые работы для оценки перспектив нефтегазоносности осадочного чехла. Эти работы продолжены российскими геологами [Верба, 2007, 2015]. Внедрение интрузивных пород оказывает влияние на вмещающие породы, в том числе и на нефтегазоносные толщи. В обзорной работе по мезозойским магматическим породам о-ва Западный Шпицберген рассмотрены основные аспекты влияния их на нефтесодержащие породы при прогреве пород (генерация и созревание углеводородов), при контактах с нефтесодержащими породами (изменение петрофизических свойств пород – разрушение органики и потеря пористости коллекторов), когда создаются барьеры на пути миграции углеводородов, затрудняется проведение геофизических методов разведки (из-за сильного акустического сопротивления с окружающей вмещающей породой, происходит блокировка сейсмической энергии) [Senger et al., 2014]. По этим причинам необходимо комплексное изучение интрузивных пород на о. Шпицберген, в том числе и проведение палеомагнитных исследований, которые позволяют уточнить его тектоническую историю по отношению к основным тектоническим единицам Северной Арктики. Актуальность продолжения комплексных исследований мезозойских отложений по провинции HALIP несомненна.

В данной статье представлены новые палеомагнитные определения, которые получены по коллекциям пород мезозойского возраста, собранным в 1984-1985 гг. (Е.Л. Гуревич, С.А. Писаревский) и в 1986-1987 гг. (Е.Л. Гуревич, А.Г. Иосифиди).

Объекты исследования

Обнажение 2/1985 расположено у подножия горы Ботнехейя (Botneheia 78° 10' N, 16° 00' E) в Сассен-фьорде (Sassenfjorden) (рис. 1). Это силл долеритов видимой мощностью 1-4 м, секущий алевролиты ладинского яруса среднего триаса. Здесь отобрано 8 штуфов долеритов и 6 штуфов из осадочных пород в зоне контакта.



Рис. 1. Схема положения обнажений

1 - обнажения; 2 - поселки.

Обнажение 3/1985 представляет собой скальные выходы долеритов, слагающих тело мощностью до 60 м в 1 км от устья р. Де-Геер (De Geerelva 78° 19. 0' N, 16° 19.0' E) в Сассен-фьорде (см. рис. 1). Здесь отобрано 10 штуфов.

Имеющиеся для этого района К-Аг определения возраста лежат в широком диапазоне: от 90 ± 10 млн. лет до 130 ± 20 млн. лет [Буров и др., 1976; Nejbert et al., 2011].

Первые результаты по обнажениям 2 и 3 представлены в статье Е.Л. Гуревича и И.П. Слауцитайса по оставшейся части образцов (7 и 5 штуфов, соответственно) [Гуревич, Слауцитайс, 1988].

Обнажение 10/1987 расположено на западном берегу в устье Билле-Фьорда (Billefjorden), 1 км южнее долины Студентдален (Studentdalen 78° 30' N, 15° 51' E) (рис. 1) и представляет собой дайку долеритов, прорывающую карбонатные пермские породы субгоризонтального залегания. Дайка мощностью 10 м сложена дифференцированными черными долеритами, залегание дайки близко в вертикальному. Отбор образцов произведён в крест обожжённому контакту от дайки к осадочным породам. Отобрано 11 штуфов долеритов и 5 штуфов из осадочных пород в зоне контакта (см. рис. 1).

Экспериментальные данные

Лабораторные палеомагнитные исследования и обработка полученных результатов проводились по общепринятой методике [Палеомагнитология, 1982]. Ступенчатое терморазмагничивание образцов выполнялось в немагнитной печи TD48 (США), а размагничивание переменным магнитным полем - на установке LDA3 (Agico). Измерения естественной остаточной намагниченности велись на магнитометрах JR-5, JR-4 (Agico). Измерение объёмной магнитной восприимчивости и ее анизотропии осуществлялось на каппа-мосте KLY-2 (Agico).

Анализ полученных данных и представление результатов в графической форме велось с использованием пакетов программ В.В. Попова¹, Anisoft 5.1.03² и [Enkin, 1994; Chadima, Hrounda, 2006]. При обработке данных статистика проводилась на уровне штупфов.

Магнитные свойства пород

Значения скалярных магнитных характеристик естественной остаточной намагниченности (J_n) и объёмной магнитной восприимчивости (K_m) для изученных пород изменяются в больших пределах (табл. 1). Средние значения J_n и K_m образцов по обнажениям 2 и 3, 408 мА/м и 4×10^{-3} ед. СИ, соответственно (рис. 2А, Б). По обн. 10 значения меньше 189 мА/м и 98×10^{-4} ед. СИ, соответственно (рис. 2В, Г). Распределения значений J_n и K_m отличаются от нормальных и имеют классический логнормальный характер. Естественная остаточная намагниченность изменяется по обнажениях 2, 3 и 10 в пределах нескольких порядков с повышенными значениями по долеритам в обнажениях 2 и 3. Зависимости $K_m(t)$ для образцов 221, 291 (долериты) и 305 (обожжённая порода) указывают на минералы титаномагнетитовой серии, как основные носители J_n (рис. 2Ж). Изменение параметров J_n и K_m по линии отбора образцов показано на рис. 23. Максимальные значения J_n отмечаются вблизи горячего контакта осадочных пород с долеритами в пределах 1 м.

Таблица 1

Значения пределов изменения величин J_n и K_m изученных пород

| Точки отбора | Число образцов | Пределы J_n , мА/м | Среднее J_n , мА/м | Число образцов | Пределы K_m , ед. СИ | Среднее K_m , ед. СИ |
|--------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|------------------------|------------------------|
| обн. 10 | 28 | 0.3-1300 | 189 | 19 | 1.5E-04–255.6E-04 | 98.4E-04 |
| обн. 2 и 3 | 12 | 0.3-3170 | 408 | 12 | 5.38E-06-1.37E-02 | 3.98E-03 |

¹ Программы-утилиты от В.В. Попова. - http://ifz-paleomag.ru/Полезные_ресурсы

² <https://agico.cz/text/software/anisoft/anisoft.php>

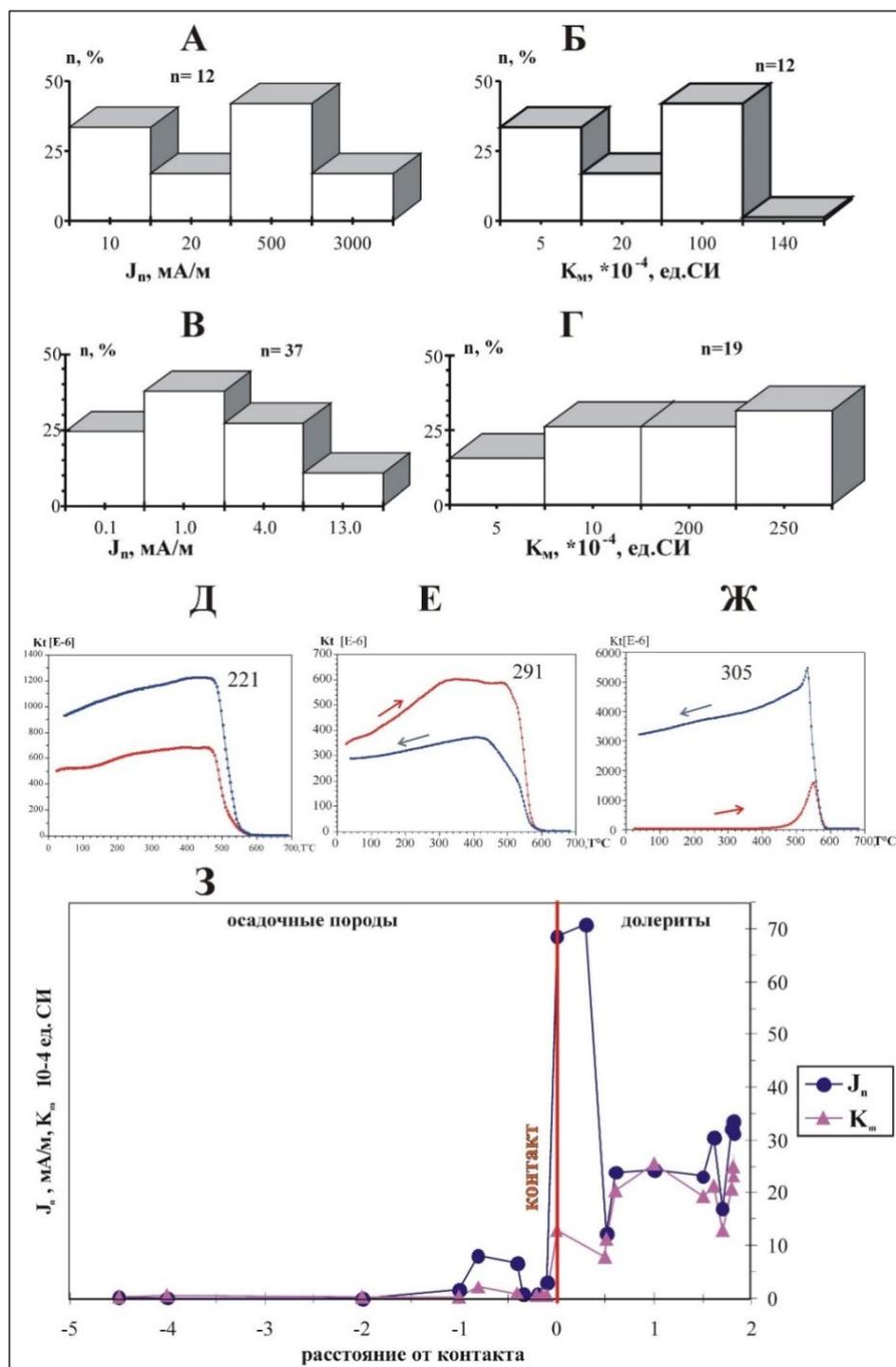


Рис. 2. Магнитные свойства пород и гистограммы величин J_n и K_m изученных пород А, Б - обнажения 2 и 3; В, Г - обн. 10.

Изменение $K_m(t)$ при нагреве и охлаждении образцов: обн. 2 (Д - обр. 221 - черный, крупнозернистый долерит); обн. 10 (Е - обр. 291 - черный, крупнозернистый долерит; Ж - обр. 305 - обожжённая осадочная порода). Изменение величин J_n и K_m долеритов и осадочных пород по разрезу обн. 10 (З).

Компонентный анализ

Основными носителями естественной остаточной намагниченности являются минералы титаномагнетитовой серии. Это предопределило выбор методики для выделения компонент J_n : ступенчатое терморазмагничивание и размагничивание переменным магнитным полем. Как видно из диаграмм Зийдервельда, естественная остаточная намагниченность изученных

образцов имеет две компоненты (рис. 3). Компонента А, выделяемая в температурном диапазоне (20° - 200° , 5-20 мТл), по всей вероятности, связана с вязким намагничиванием пород в современном геомагнитном поле. Эта компонента определяется плохо и имеет большой разброс, что может быть связано с долгим хранением образцов в лаборатории, которое привело к перемагничиванию пород за счет образования вязкой компоненты J_n . Примеры распределения компоненты А показаны на рис. 4А (обн. 10), Б (обнажения 2 и 3), В (обн. 3). Для обнажения 10 присутствуют прямая и обратная низкотемпературные компоненты А, что отражает направление перемагничивания пород (долериты и осадочные отложения) от обратной к прямой (современное направление магнитного поля) полярности. Направление геомагнитного поля на момент отбора коллекции в 1987 г. ($D = 358^{\circ}$, $I = 82^{\circ}$) совпадает с направлением компоненты А по обн. 3 ($D = 330^{\circ}$, $I = 82^{\circ}$, $K = 12$, $a = 20$). Направление современного геомагнитного поля в районе отбора образцов следующее: $D = 5^{\circ}$, $I = 83^{\circ}$.

По образцам обнажений 2, 3 и 10 характеристические компоненты J_n выделяются в интервале температур 200° - 530° С и переменных магнитных полей 10-90 мТл. Примеры размагничивания представлены на рис. 3. По образцам обн. 10 направления характеристической компоненты J_n по долеритам и обожжённым осадкам совпадают. Распределение направлений J_n показано на рис. 4Г (обн. 10), Д (обн. 2) и Е (обн. 3), а их статистические характеристики приведены в табл. 2.

Полученные направления по обнажениям 2 и 3 хорошо согласуются с опубликованными данными [Гуревич, Слауцитайс, 1988] (см. табл. 2). Их объединение позволило улучшить статистические характеристики направлений J_n по обнажениям 2, 3 и повысить достоверность результатов.

Анизотропия магнитной восприимчивости

Результаты измерения анизотропии магнитной восприимчивости по образцам представлены на рис. 5. Обн. 2: Вертикальное направление максимальной оси К3 эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости показывает горизонтальное направление движения расплава долеритов. Осадочные и обожженные породы имеют близкие направления К3. Направления осей К1 и К2 распределены по кругу, с большими овалами доверия (рис. 5Б). Как видно из графиков соотношения параметров линейности L и степени сплюснутости F (рис. 5В, Г), преобладает плоскостная составляющая анизотропии. Величина анизотропии - в среднем 4%. Обн. 10: Вертикальное направление максимальной оси К1 эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости показывает вертикальное направление движения расплава долеритов. Осадочные и обожженные породы имеют близкие направления К1. Величина анизотропии составляет в среднем 1-2%, за исключением образца 309 (кварцевая карбонатная порода), имеющего величину анизотропии 12% (рис. 5А, Б).

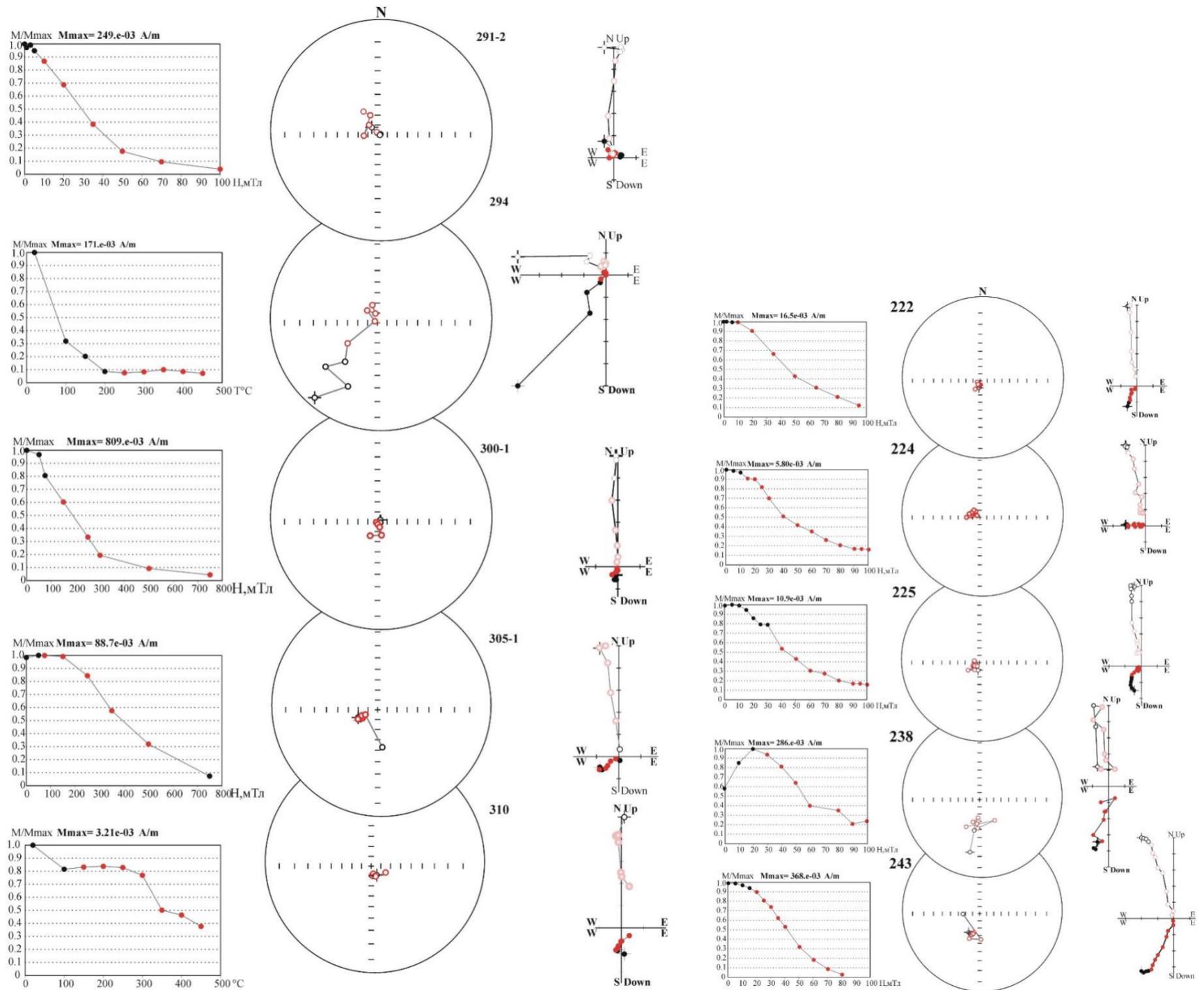


Рис. 3. Примеры ступенчатого размагничивания естественной остаточной намагниченности образцов долеритов и осадочных пород переменным магнитным полем и температурой

Образцы 291-2, 294, 300-1 - черные, крупнозернистые долериты; 305-1 - обожженная кремнистая порода; 310 - светло-серый песчаник (обн. 10). Образцы 222, 224, 225 - черные долериты (обн. 2) и образцы 238, 243 - черные долериты (обн. 3). Слева направо: кривая изменения величины J_n , стереограмма поведения направления J_n , диаграмма Зийдervельда, в ходе ступенчатого размагничивания (пустые кружки - проекция вектора в вертикальной меридиональной плоскости, заливные кружки - проекция вектора в горизонтальной плоскости). Стереопроекции распределения компонент приведены в географической системе координат; пустые (заливные) кружки - проекции векторов на верхнюю (нижнюю) полусферу, остальные пояснения даны в тексте.

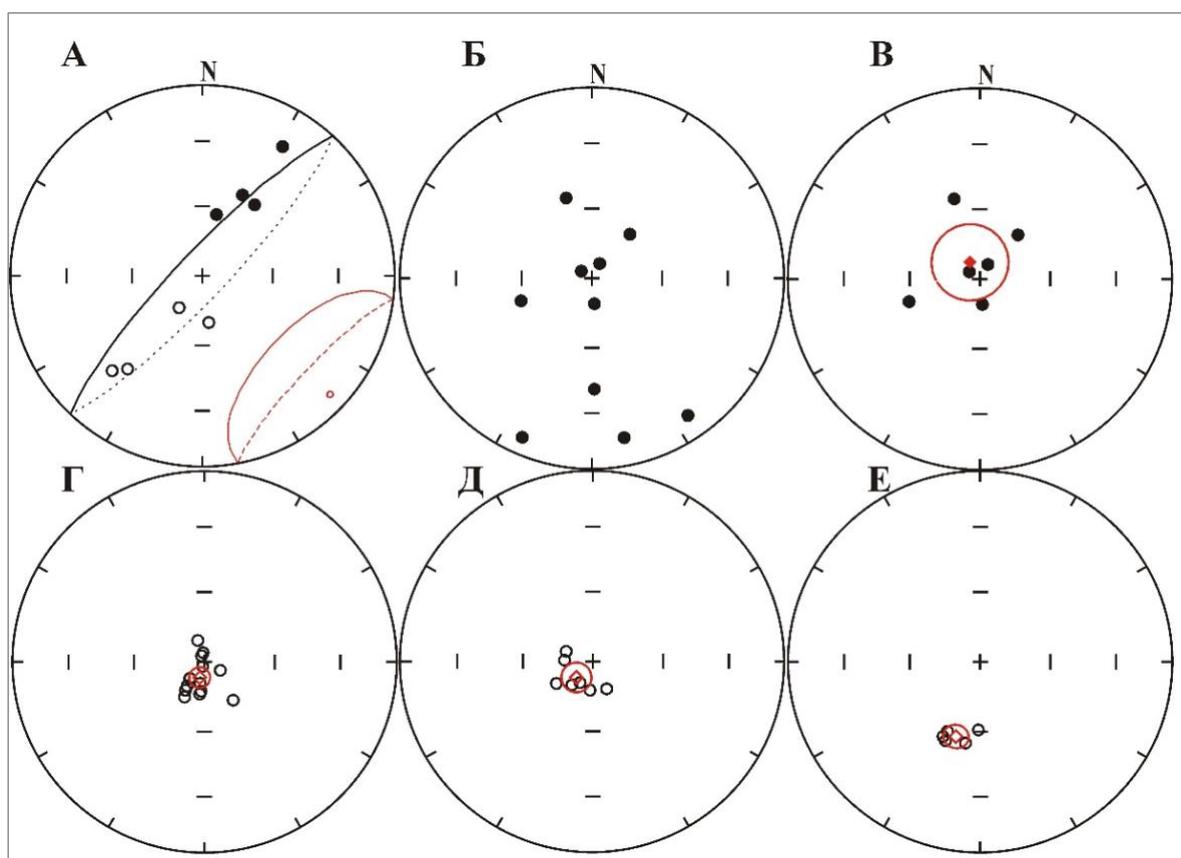


Рис. 4. Распределение направлений компонент естественной остаточной намагниченности после терморазмагничивания

А - компонента А обн. 10; Б - компонента А обнажений 2 и 3; В - компонента А обн. 3; Г - компонента обн. 10; Д - компонента обн. 2; Е - компонента обн. 3. Стереопроекции распределения компонент приведены в географической системе координат; пустые (залитые) кружки - проекции векторов на верхнюю (нижнюю) полушару.

Таблица 2

Палеомагнитные направления и полюсы для мезозойских долеритов острова Западный Шпицберген

| Возраст пород / номер обн. | N/n | D° | I° | K | α_{95}° | Φ° , N | Λ° , E | dp° | dm° | Φ_m° | Тест / литература |
|----------------------------|-------|-----|-----|-----|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----|-----|------------------|-----------------------------|
| обн. 10 | 14/25 | 197 | -83 | 72 | 4 | 86 | 129 | 8 | 8 | 76 | д. с. |
| обн. 2 | 7/7 | 226 | -80 | 69 | 7 | 76 | 113 | 13 | 13 | 71 | д. с. |
| обн. 3 | 5/5 | 198 | -56 | 144 | 6 | 48 | 174 | 6 | 9 | 37 | д. с. |
| обн. 2 | 10/10 | 249 | -76 | 78 | 5 | 65 | 102 | 9 | 9 | 64 | [Гуревич, Слауцитайс, 1988] |
| обн. 3 | 9/9 | 203 | -55 | 73 | 6 | 46 | 169 | 6 | 6 | 36 | |
| обн. 2 (2+4) | 17 | 241 | -78 | 71 | 4 | 70 | 105 | 7 | 8 | 67 | д. с. |
| обн. 3 (3+5) | 14 | 201 | -55 | 92 | 4 | 47 | 171 | 4 | 6 | 36 | д. с. |

Примечание: система координат географическая; N - число штучков; n - число образцов; D°, I° - склонение и наклонение средних направлений компонент J_n ; K - кучность векторов; α_{95}° - радиус круга доверия при 95% вероятности для среднего направления; Φ° , Λ° - широта и долгота палеомагнитного полюса; dp°, dm° - полуоси овала доверия; Φ_m° - палеомагнитная широта; интервалы выделения компоненты J_n : 200°-530°C; 10-90 мТл; д. с. - данная статья.

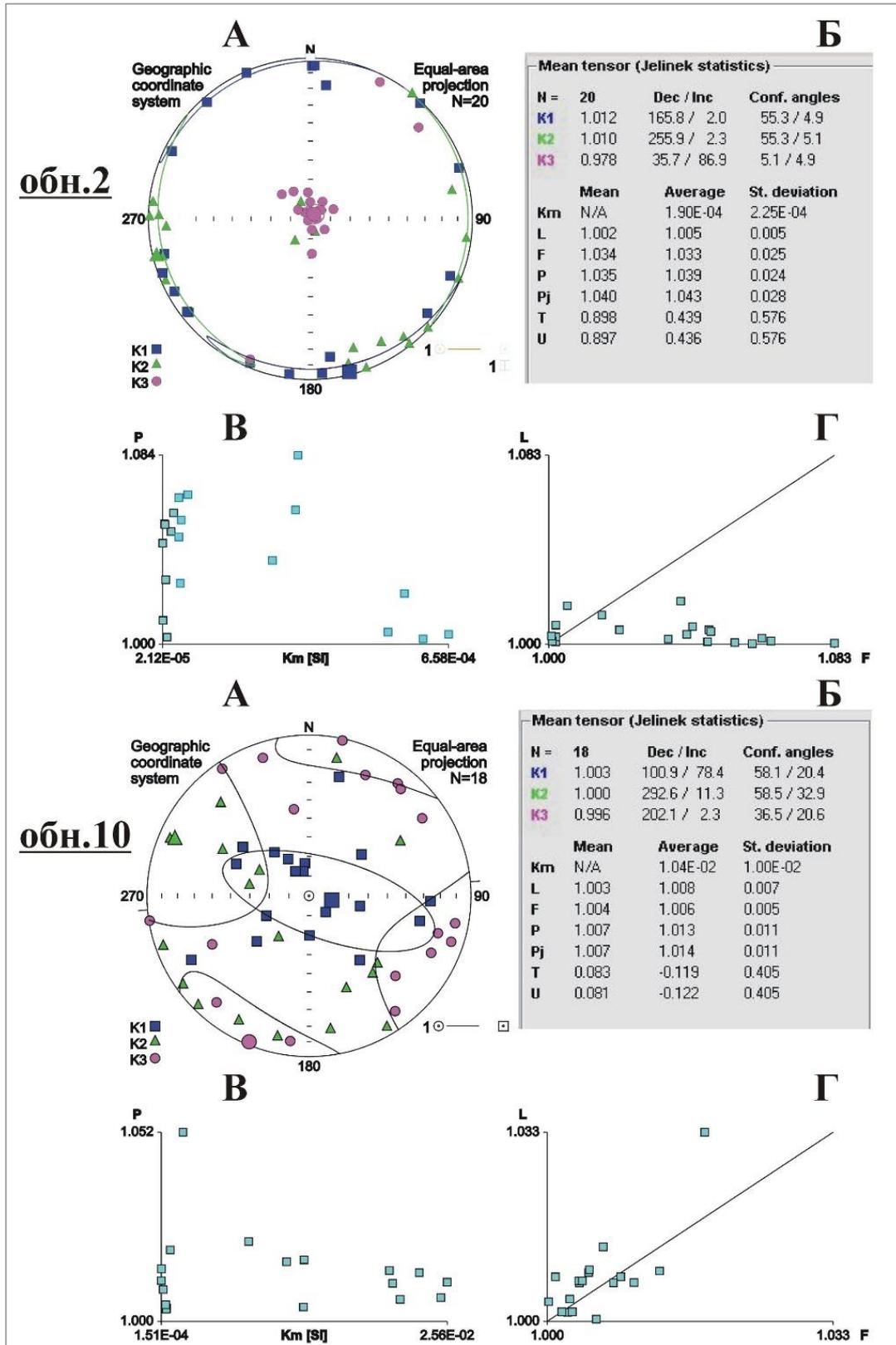


Рис. 5. Параметры анизотропии магнитной восприимчивости для долеритов и осадочных пород обнажений 2 и 10

А - распределения направлений главных осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости в географической системе координат, K1, K3, K3 - направления максимальной, промежуточной и минимальной осей эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости; Б - таблица параметров анизотропии магнитной восприимчивости; В - зависимость степени анизотропии ($P = K1/K3$) от величины магнитной восприимчивости; Г - зависимость параметра линейности ($L = K1/K2$) от степени сплюснутости ($F = K2/K3$).

Для сравнения полученных результатов с имеющимися данными по Восточно-Европейской платформе (ВЕП) и Евразии построена траектория APWP для о-ва Западный Шпицберген в интервале средний карбон – юра (табл. 3). Использована траектория APWP для о-ва Западный Шпицберген [Иосифиди, 2022] с добавлением данных по мезозою. Для сравнения новых данных на рис. 6А показано положение полученных палеомагнитных полюсов по отношению к APWP по о-ву Западный Шпицберген. Только определение по обн. 3 находится близко к построенной APWP по о-ву Западный Шпицберген. Траектории кажущейся миграции палеомагнитного полюса для ВЕП [Torsvik et al., 2012] и Евразии [Vaes et al., 2023] в эпоху мезозоя имеют петлеобразное движение на запад с последующим возвратом на восток (рис. 6Б, И). Для построенной траектории APWP по о-ву Западный Шпицберген этого не наблюдается (рис. 6А). Это связано в первую очередь с отсутствием достаточного количества данных по мезозою о-ва Западный Шпицберген. Только по интервалам 325-215 и 200-145 млн. лет имеется сходство сравниваемых траекторий APWP для о-ва Западный Шпицберген, ВЕП и Евразии (рис. 6Б, В). Это позволяет оценить значение полюсов Эйлера для пересчёта данных по о-ву Западный Шпицберген, для этих интервалов времени, в координаты ВЕП, методом четырех точек по программе GMAP [Torsvik, Smethurst, Resopon, 1990] (рис. 6В). Положение участка траектории APWP по о-ву Западный Шпицберген в 183-147 млн. лет (полюс Эйлера: $\Phi = 68^\circ$, $\Lambda = 271^\circ$, угол поворота 34° по часовой стрелке) после поворота по отношению к траектории APWP по ВЕП показано на рис. 6Б. Для интервала 325-215 (полюс Эйлера: $\Phi = 62^\circ$, $\Lambda = 23^\circ$, угол поворота 6° по часовой стрелке), что соответствует с точностью $\pm 1-2^\circ$, т.е. точностью графических построений, двойному повороту данных по о-ва Западный Шпицберген, по модели II [Torsvik et al., 2001].

Обсуждение результатов

Проведенный компонентный анализ естественной остаточной намагниченности изученных в данной работе мезозойских отложений о-ва Западный Шпицберген выявил двухкомпонентный состав J_n во всех образцах. Зависимости $K_m(t)$ для образцов 221, 291 (долерит) и 305 (обожжённая порода) указывают на минералы титаномагнетитовой серии, как основные носители J_n (рис. 2Д, Е). Это подтверждается деблокирующим температурами и амплитудами переменных полей при выделении компонент естественной остаточной намагниченности (см. рис. 3 и табл. 2).

Палеомагнитные полюсы и координаты APWP для острова Западный Шпицберген в интервале средний карбон – юра

| Номер п/п | Возраст, пород млн. лет | Полюсы по Шпицбергену | | | | Траектория APWP в координатах | | | | Литература |
|--|-------------------------|-----------------------|---------------------|------|---|-------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | $\Phi_s^\circ N$ | $\Lambda_s^\circ E$ | A95 | Q | Шпицбергена | | БЕП | | |
| | | | | | | $\Phi_s^\circ N$ | $\Lambda_s^\circ E$ | $\Phi_b^\circ N$ | $\Lambda_b^\circ E$ | |
| 1 | 144.0 | 66.0 | 200.0 | 7.5 | 4 | 64.7 | 201.4 | 77.2 | 185.0 | [Halvorsen, 1989] |
| 2 | 148.0 | | | | | 63.2 | 199.6 | 76.0 | 179.6 | [Briseid, Halvorsen, 1974] |
| 3 | 152.0 | 61.0 | 211.0 | 4.6 | 3 | 62.0 | 197.6 | 75.0 | 174.8 | |
| 4 | 167.8 | | | | | 60.4 | 186.1 | 74.3 | 153.2 | |
| 5 | 183.5 | | | | | 60.7 | 170.4 | 73.9 | 124.8 | |
| 6 | 199.3 | | | | | 58.9 | 157.9 | 70.6 | 106.3 | |
| 7 | 215.0 | 60.0 | 158.0 | 7.5 | 4 | 54.0 | 157.8 | 51.9 | 150.1 | [Гуревич, Слауцитайс, 1988] |
| 8 | 215.7 | | | | | 53.7 | 158.2 | 51.6 | 150.4 | |
| 9 | 216.3 | | | | | 53.4 | 158.5 | 51.3 | 150.8 | |
| 10 | 217.0 | 48.0 | 155.0 | | 3 | 53.1 | 158.9 | 51.1 | 151.2 | [Гуревич, Слауцитайс, 1988] |
| 11 | 220.2 | | | | | 51.8 | 161.2 | 49.8 | 153.5 | |
| 12 | 223.4 | 50.0 | 165.0 | 10.3 | 4 | 50.7 | 163.7 | 48.8 | 156.0 | [Гуревич, Слауцитайс, 1988] |
| 13 | 232.4 | 50.0 | 165.0 | 10.3 | 4 | 48.9 | 170.8 | 47.2 | 162.9 | |
| 14 | 241.5 | | | | | 48.2 | 176.9 | 46.7 | 169.0 | |
| 15 | 250.5 | 48.0 | 182.0 | 10.8 | 4 | 47.6 | 180.8 | 46.3 | 172.8 | [Nawrocki, 1999] |
| 16 | 263.7 | | | | | 45.7 | 180.6 | 44.5 | 172.8 | |
| 17 | 276.8 | | | | | 42.5 | 176.2 | 41.1 | 168.8 | |
| 18 | 290.0 | 38.0 | 171.0 | 7.7 | 5 | 37.9 | 171.5 | 36.3 | 164.5 | [Nawrocki, 1999] |
| 19 | 298.8 | | | | | 34.3 | 169.4 | 32.6 | 162.6 | |
| 20 | 307.5 | | | | | 30.7 | 167.6 | 28.9 | 161.1 | |
| 21 | 316.3 | | | | | 27.3 | 165.3 | 25.5 | 158.9 | |
| 22 | 325.0 | 24.0 | 163.0 | 5.7 | 5 | 24.6 | 161.6 | 22.6 | 155.5 | [Иосифиди, 2022] |
| 23 | 327.5 | | | | | 24.0 | 160.3 | 22.0 | 154.1 | |
| 24 | 330.0 | 24.1 | 157.0 | 4.9 | 5 | 23.4 | 158.8 | 21.3 | 152.7 | [Иосифиди, 2022] |
| Палеомагнитные полюсы по Шпицбергену для сравнения с траекторией APWP для Шпицбергена (рис. б) | | | | | | | | | | |
| Номер п/п | Возраст пород, млн. лет | D° | I° | A95 | Q | $\varphi^\circ N$ | $\lambda^\circ E$ | $\Phi_s^\circ N$ | $\Lambda_s^\circ E$ | |
| 1 | K1 | 197.0 | -83.0 | 8.0 | 3 | 78.5 | 15.9 | 86.0 | 129.0 | д. с. |
| 2 | 120.0 | 241.0 | -78.0 | 8.0 | 3 | 78.3 | 16.0 | 70.0 | 105.0 | д. с. |
| 3 | 117.0 | 201.0 | -55.0 | 6.0 | 3 | 78.3 | 16.0 | 47.0 | 171.0 | д. с. |
| 4 | K1 | 357.9 | 83.5 | 4.5 | 4 | 79.0 | 14.0 | 88.1 | 208.1 | [Halvorsen et al., 2012] |
| 5 | K1 | 49.3 | 81.2 | 6.0 | 3 | 79.0 | 15.0 | 77.0 | 107.0 | [Sandal, Halvorsen, 1973] |
| 6 | 100.0 | 159.0 | -62.2 | 14.0 | 3 | 78.1 | 18.6 | 54.3 | 225.0 | [Vincenz et al., 1984] |
| 7 | 100.0 | 334.5 | 77.3 | 5.0 | 3 | 79.0 | 12.0 | 75.0 | 235.0 | [Sandal, Halvorsen, 1973] |
| 8 | 110.0 | 342.7 | 72.3 | 8.5 | 3 | 77.0 | 15.5 | 69.5 | 222.6 | [Vincenz et al., 1981] |
| 9 | 125.0 | 359.8 | 63.5 | 5.1 | 4 | 78.5 | 16.0 | 56.6 | 196.3 | [Halvorsen et al., 2012] |
| 10 | 145.0 | 181.0 | -71.0 | 8.0 | 4 | 79.4 | 18.6 | 66.0 | 200.0 | [Halvorsen, 1989] |
| 11 | 152.0 | 351.6 | 67.7 | 5.0 | 3 | 79.5 | 19.0 | 61.0 | 210.0 | [Briseid, Halvorsen, 1974] |
| 12* | 120.0 | 101.0 | -69.0 | 6.0 | 3 | 78.3 | 16.1 | 53.0 | 292.0 | д. с., обн. 3 |
| 13 | 81-93 | 223.0 | -62.0 | 10.0 | 3 | 78.3 | 16.1 | 51.0 | 144.0 | [Гуревич, Слауцитайс, 1988] |

Примечание: D° , I° – склонение и наклонение средних направлений компонент; координаты отбора: $\varphi = 77.4^\circ N$, $\lambda = 14.5^\circ E$; $\Phi_s^\circ N$, $\Lambda_s^\circ E$ ($\Phi_b^\circ N$, $\Lambda_b^\circ E$) – широта и долгота северного палеомагнитного полюса для траектории кажущейся миграции полюса в координатах Шпицбергена (БЕП); A95 – радиус круга доверия при 95% вероятности для положения палеомагнитного полюса; Q – сумма критериев достоверности Ван дер Ву [Van der Voo, 1990]; звездочкой помечено определение после корректировки данных за наклон; д. с. – данная статья.

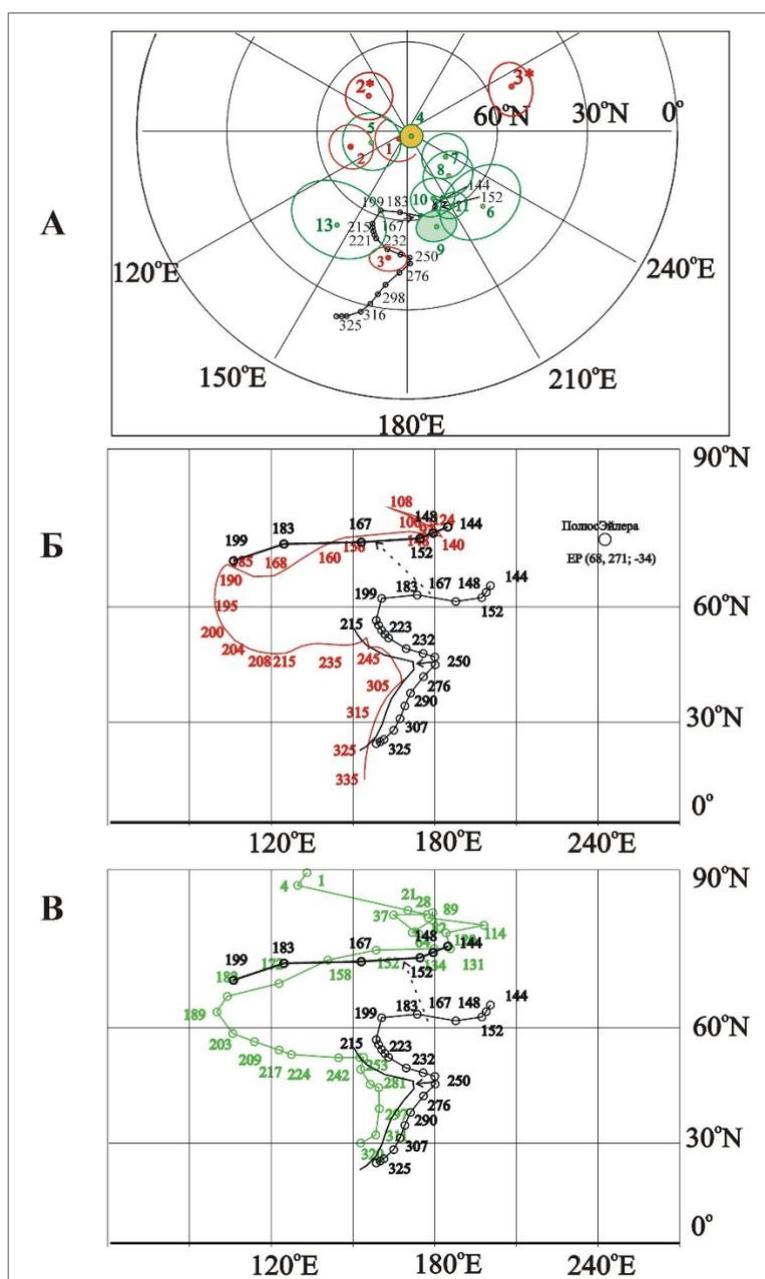


Рис. 6. Сравнение положения полученных палеомагнитных полюсов

для изученных мезозойских отложений по отношению к траекториям кажущейся миграции палеомагнитных полюсов для Восточно-Европейской платформы

[Torsvik et al., 2012, красная кривая] и Евразии [Vaes et al., 2023, синяя кривая]

А - положение полученных палеомагнитных полюсов по отношению к траектории APWP для о-ва Шпицберген (черным цветом) из табл. 3 (полученные результаты - красным цветом; 3 - скорректированные данные за наклон); данные по мезозойским долеритам - зеленым цветом; среднее значение для кайнозоя, овал доверия - желтым цветом; среднее значение для 125 млн. лет, овал доверия - зеленым цветом); Б - определения полюсов Эйлера для пересчета данных в координаты ВЕП; В - сравнение полученных данных по отношению к Евразии. Остальные пояснения даны в тексте. Для построения рисунка использована программа GMAP [Torsvik, Smethurst, Pesonen, 1990].*

Компонента А, по всей вероятности, связана с вязким намагничиванием пород в современном геомагнитном поле. Это подтверждается близостью направлений компоненты А к современному направлению геомагнитного поля в районе отбора образцов на 1987 г. По

образцам обнажений 2, 3 и 10 характеристические компоненты J_n выделяются в интервале температур 200°-530°С и переменных магнитных полей 10-90 мТл. Полученные направления по обнажениям 2 и 3 хорошо согласуются с опубликованными данными [Гуревич, Слауцитайс, 1988] (см. табл. 2). Объединение данных позволило улучшить статистические характеристики направлений J_n по обнажениям 2 и 3 и повысить достоверность результатов. Первые для данного района К-Аг определения возраста лежат в широком диапазоне: от 90 ± 10 млн. лет до 130 ± 20 млн. лет [Буров и др., 1976]. Датировки возраста долеритов для района, где находятся обнажения 2 и 3, также имеют две группы значений - 80-90 и 100-120 млн. лет [Nejbert et al., 2011]. По обн. 2 (у подножия горы Ботнехейя) - 120 ± 4 млн. лет, а по обн. 3 (устье р. Де-Геер) - 117 ± 4 млн. лет. Датировки согласуются в пределах погрешности определения. Это подтверждает одно событие. По данным обн. 10 изменение параметров J_n и K_m по линии отбора образцов показано на рис. 2Ж. Максимальные значения J_n отмечаются вблизи горячего контакта осадочных пород с долеритами в пределах 1 м. С учетом одной обратной полярности, выделенной характеристической компоненты J_n , и изменения поведения величин J_n и K_m по линии отбора образцов, можно говорить о положительном тесте обжига. Однако, полученный палеомагнитный полюс по породам обн. 10 даёт направление, соответствующее плиоцен-голоценовому возрасту, палеоширота - 76° (см. табл. 2). Отсутствие в данном районе долеритов плиоценового возраста указывает на то, что породы по обн. 10 перемагничены полностью.

На рис. 6А показана траектория кажущейся миграции палеомагнитного полюса APWP для о-ва Западный Шпицберген (средний карбон – юра) по данным табл. 3. Положения полученных полюсов по обнажениям 2 и 10 не попадают на траекторию APWP для о-ва Западный Шпицберген. Наиболее близок к траектории APWP полюс, полученный по обн. 3, но он располагается на триасовом участке траектории. В табл. 3 и на рис. 6А для сравнения представлены также палеомагнитные результаты по долеритам мелового возраста из разных районов архипелага Шпицберген.

Исследования по новой серии образцов центрального Шпицбергена выявили два четко выраженных кластера палеомагнитных направлений [Halvorsen et al., 2012]. Палеомагнитные полюсы этих двух групп интерпретируются как представляющие событие 125 млн. лет назад (56.6°N , 196.3°E , dp/dm : 3.3/5.1; точка 9, рис. 6А) и полный кайнозойский полюс перемагничивания (88.1°N , 208.1°E , dp/dm : 4.5/4.5; точка 4, рис. 6А), [Halvorsen et al., 2012]. Приведённые в табл. 3 палеомагнитные определения из разных районов архипелага Шпицберген располагаются полосой от точки 9 (125 млн. лет) к северу до точки 4 аналогично меловому и кайнозойскому участкам траекторий кажущейся миграции палеомагнитного полюса для Восточно-Европейской платформы [Torsvik et al., 2012] и Евразии [Vaes et al.,

2023] в эпохи мезозоя и кайнозоя. Одна часть полюсов соответствует возрасту пород (125-100 млн. лет), а другая попадает в кайнозойский интервал, что указывает на их перемагничивание в кайнозое (табл. 3, рис. 6Б и В). Породы по обнажениям 2 и 3, возможно, частично перемагничены в кайнозойское время.

Палеомагнитные виртуальные полюсы по долеритам о-ва Западный Шпицберген (4 полюса) имеют координаты $50-80^\circ$ северной широты и $100-170^\circ$ восточной долготы и свернуты на 90° по отношению к имеющимся определениям и среднему палеомагнитному виртуальному полюсу по меловым отложениям [Гуревич, Слауцитайс, 1988; Halvorsen et al., 2012], представленным на рис. 6А. Аналогичные направления полюсов для долеритов получены другими исследователями [Sandal, Halvorsen, 1973; Halvorsen, 1970; Vincenz et al., 1981]. Причины перемагничивания мезозойских отложений имеют разную природу: вязкое перемагничивание в эпохи Брюнес и Матуяма; процессы образования новых магнитных минералов за счет химических изменений пород; сильного перемагничивания за счет появления вязкой остаточной намагниченности; тектонические движения при палеоцено-эоценовой складчатости.

В обн. 2, ниже контакта долеритов с осадочной толщей, выделяется пачка алевролитов с прослоями песчаников (мощность 35 м, отобрано 19 стратиграфических уровней), которая имеет аномальные элементы залегания для триасовой толщи ладинского яруса (азимут падения 219° градусов, угол падения 9° градусов). Введение поправки за наклон для долеритов обн. 2 дает следующее направление: $n = 17$, $D = 283^\circ$, $I = -85^\circ$, $\alpha_{95} = 4$, $\Phi = 73^\circ\text{N}$, $\Lambda = 51^\circ\text{E}$, $dp = 7,9$, $dm = 7,8^\circ$, $\phi_m = 80^\circ$. Это подтверждает перемагничивание образцов из обн. 2.

Аномальное отклонение полюса по обн. 3 может быть связано с локальной тектоникой. При изучении интрузии в районе устья р. Де Геер в Сассен-фьорде отмечается следующее: интрузия является пластообразным секущим телом мощностью около 60 м, которое падает в юго-западном направлении под углом $40-50^\circ$, к юго-востоку мощность интрузии уменьшается, а падение становится более крутым [Буров, Лифшиц, 1965]. Общее простирание интрузии - юго-восточное (около 140°). Изменение направления падения потока могло привести к смещению уже частично остывшей части потока до низких температур (ниже блокирующей температуры титаномагнетита), что повлекло к смещению полученного полюса, так как в момент фиксации направления геомагнитного поля ориентировка потока была другая. Если ввести поправку за наклон (азимут падения - 230° , угол падения - 45°), то полюс имеет направление (53°N , 292°E , dp/dm : 7/6; точка 12, рис. 6А), что перемещает его в группу полюсов со средним полюсом 125 млн. лет назад (56.6°N , 196.3°E , dp/dm : 3.3/5.1; точка 9, рис. 6А). С другой стороны, полюс по мысу Диабаз (западнее устья р. Де-Геер) также находится западнее траектории APWP для Шпицбергена (рис. 6А) [Гуревич, Слауцитайс, 1988]; точка 13), но

имеет более молодой возраст [Nejbert et al., 2011]. Несмотря на неполноту палеомагнитных рядов, использованных для построения траектории APWP для о-ва Западный Шпицберген, можно сделать ряд важных выводов: начиная со среднего карбона, ВЕП и о-в Западный Шпицберген двигались совместно на север от приэкваториальных широт до современного положения, с поворотом по часовой стрелки. Это подтверждается сравнением полученных данных с кажущимися траекториями миграции палеомагнитных полюсов для ВЕП и Евразии (см. рис. 6), а совместное движение началось с девонской эпохи [Иосифиди, 2022]; необходимо пополнить имеющуюся базу палеомагнитных данных в интервалах **225-180** и **145-70 млн. лет** и провести уточнение траектории APWP для о-ва Западный Шпицберген в этих временных интервалах.

По первым исследованиям К-Аг датировки долеритов свидетельствуют о том, что внедрение основной массы интрузий происходило в две фазы, которым отвечают возрастные максимумы 144 ± 5 и 105 ± 5 млн. лет [Буров и др., 1976]. В последующие годы возросло число работ по определению возраста магматических мезозойских пород о-ва Западный Шпицберген с использованием радиометрических методов. Опубликовано более 130 радиометрических датировок (Ar-Ar [Polteau et al., 2011]; K-Ar [Birkenmajer et al., 2010; Nejbert et al., 2011]) в широком диапазоне возрастов (около 75-145 млн. лет назад). Современное радиометрическое датирование (U-Pb) даёт оценку около 124,5 млн. лет назад (т.е. K₁ - ранний апт) [Corfu et al., 2010, 2013]. Это позволяет предполагать более ограниченный магматический импульс по сравнению с предыдущими публикациями [Senger et al., 2014], что поможет уточнению траектории APWP для о-ва Западный Шпицберген.

Выводы

1. Проведенные палеомагнитные исследования показали, что имеющиеся определения по мезозойским отложениям (магматическим и осадочным) не позволяют построить надёжную траекторию кажущегося движения палеомагнитного полюса для о-ва Западный Шпицберген в этом интервале времени и оценить взаимное его положение, Гренландии, ВЕП и Лаврентии. Необходимо пополнение банка данных.

2. Полученный палеомагнитный полюс по долеритам и осадкам обн. 10 даёт направление, соответствующее плиоцен-голоценовому возрасту, палеоширота - 76° . Отсутствие в данном районе о-ва Западный Шпицберген долеритов плиоценового возраста показывает, что породы по обн. 10 перемагничены полностью.

3. Палеомагнитные направления по обнажениям 2 и 3 хорошо согласуются с предыдущими результатами [Гуревич, Слауцитайс, 1988]. Объединение данных позволило улучшить статистические характеристики направлений J_n по обнажениям 2 и 3 и повысить

достоверность результатов. Выполненная корректировка данных за наклон подтверждает перемагничивание пород обн. 2 в плиоцене-голоцене.

4. Корректировка данных за наклон по обн. 3 позволяет принять меловой возраст полученного виртуального полюса.

Автор выражает благодарность сотрудникам Шпицбергенской партии за помощь при проведении полевых работ и в вопросах геологии, а также М.А. Васильеву и В.А. Томше (Михайловой) за помощь в проведении лабораторных измерений.

Литература

Буров Ю.П., Красильщиков А.А., Фирсов Л.В., Клубов Б.А. Возраст долеритов Свальбарда (по радиологическим данным) // Геология Свальбарда. - Л.: НИИГА, 1976. - С. 117-125.

Буров Ю.П., Лившиц Ю.Я. Слабодифференцированные интрузии долеритов архипелага Шпицберген // Материалы по геологии Шпицбергена. - Л.: НИИГА, 1965. - С. 246-259.

Верба М.Л. Взаимодействие изверженных и осадочных пород архипелага Шпицберген в свете оценки перспектив нефтегазоносности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2015. - Т.10. - №4. - http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2015.pdf DOI: [10.17353/2070-5379/46_2015](https://doi.org/10.17353/2070-5379/46_2015)

Верба М.Л. Проявления природных углеводородов в осадочном чехле Шпицбергена // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2007. - Т.2. - <http://www.ngtp.ru/rub/6/018.pdf>

Гуревич Е.Л., Слауцитайс И.П. Палеомагнетизм мезозойских осадочных и интрузивных пород Западного Шпицбергена. Палеомагнетизм и аккреционная тектоника. - Л.: ВНИГРИ, 1988. - С. 18-30.

Гусев Б.В. Магнетизм траппов архипелага Земля Франца-Иосифа в сравнении с магнетизмом траппов севера Сибири // Материалы VIII конференции по постоянному геомагнитному полю и палеомагнетизму. Ч. I. - Киев: Наук. Думка, 1970. - С. 55-58.

Гусев Б.В., Металлова В.В., Файнберг Ф.С. Магнетизм пород трапповой формации западной части Сибирской платформы. - Ленинград: Недра, 1967. - 129 с. (Тр. НИИГА).

Гусев Б.В. Палеомагнетизм траппов и горизонтальные движения земной коры на севере Средней Сибири // Геофизические методы разведки в Арктике. - Л., 1973. - С. 45-48. (Труды НИИГА. Вып. 8).

Гусев Б.В. Сравнительная характеристика магнетизма платобазальтов Сибири, Таймыра, Земли Франца-Иосифа и других регионов земного шара // Геофизические методы разведки в Арктике. - 1971. - С. 20-29. (Труды НИИГА. Вып. 8).

Иосифиди А.Г. Каменноугольные отложения острова Западный Шпицберген: палеомагнитные данные // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2022. - Т.17. - №4. - http://www.ngtp.ru/rub/2022/44_2022.html DOI: [10.17353/2070-5379/44_2022](https://doi.org/10.17353/2070-5379/44_2022)

Ковалева Г.А., Буров Ю.П. Основные особенности мезо-кайнозойских базитовых комплексов архипелага Свальбард // Геология Свальбарда. - Л., 1976. - С. 126-138.

Палеомагнитология / А.Н. Храмов, Г.И. Гончаров, Р.А. Комиссарова, С.А. Писаревский, И.А. Погарская, Ю.С. Ржевский, В.П. Родионов, И.П. Слауцитайс; под ред. А.Н. Храмова. - Л.: Недра, 1982. - 312 с.

Пчелина Т.М. Стратиграфия и особенности вещественного состава мезозойских отложений центральной части Западного Шпицбергена // Материалы по геологии Шпицбергена. - Л.: НИИГА, 1965. - С. 127-148.

Birkenmajer K., Krajewski K.P., Pécskay Z., Lorenc M.W. K-Ar dating of basic intrusions at Bellsund, Spitsbergen, Svalbard // Polar Res. - 2010. - Vol. 31. - No. 1. - P. 3-16. DOI: [10.4202/ppres.2010.01](https://doi.org/10.4202/ppres.2010.01)

Briseid E., Halvorsen E. The primary magnetic remanence of a dolerite sill from northeast Spitsbergen // *Phys. Earth Planet. Interiors.* - 1974. - Vol. 9. - No. 1. - P. 45-50.

Chadima M., Hrouda F. Remasoft 3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer // *Travaux Géophysiques.* - 2006. - XXVII. - P. 20-21.

Corfu F., Polteau S., Planke S., Faleide J.I., Svensen H., Zayoncheck A., Stolbov N. U-Pb geochronology of Cretaceous magmatism on Svalbard and Franz Josef Land, Barents Sea Large Igneous Province // *Geological Magazine.* - 2013. - Vol. 150. - Issue 6. - P. 1127-1135. DOI: [10.1017/S0016756813000162](https://doi.org/10.1017/S0016756813000162)

Corfu F., Svensen H., Neumann E.R., Nakrem H.A., Planke S. U-Pb and geochemical evidence for a Cryogenian magmatic arc in central Novaya Zemlya, Arctic Russia // *Terra Nova.* - 2010. - Vol. 22. - Issue 2. - P. 116-124. DOI: [10.1111/j.1365-3121.2010.00924.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2010.00924.x)

Dallmann W.K., Dypvik H., Gjelberg J.G., Harland W.B., Johannessen E.P., Keilen H.B., Larssen G.B., Lønøy A., Midbøe P.S., Mørk A., Nagy J., Nilsson I., Nøttvedt A., Olausson S., Pcelina T.M., Steel R.J., Worsley D. Lithostratigraphic Lexicon of Svalbard: Review and Recommendations for Nomenclature Use. Norsk Polarinstitut, Tromsø. - 1999. - 318 p.

Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data. Pacific Geoscience Centre, Geol. Survey Canada. Sidney. - 1994. - 16 p.

Halvorsen E. A palaeomagnetic study of two volcanic formations from northern Spitsbergen // *Norsk Polarinstitut Årbok.* - 1970. - P. 70-75.

Halvorsen E. A paleomagnetic pole position of Late Jurassic/Early Cretaceous dolerites from Hinlopenstretet, Svalbard, and its tectonic implications // *Earth Planet. Sci. Lett.* - 1989. - Vol. 94. - Issue 3-4. - P. 398-408. DOI: [10.1016/0012-821x\(89\)90156-8](https://doi.org/10.1016/0012-821x(89)90156-8)

Halvorsen E. The magnetic fabric of some dolerite intrusions, northeast Spitsbergen; implications for their mode of emplacement // *Earth Planet. Sci. Lett.* - 1974. - Vol. 21. - Issue 2. - P. 127-133. DOI: [10.1016/0012-821x\(74\)90045-4](https://doi.org/10.1016/0012-821x(74)90045-4)

Halvorsen E., Løvlie R., Andresen A., Polteau S., Walderhaug H., Faleide J. Complete Cenozoic remagnetization of Cretaceous sills and lavas from the High Arctic Large Igneous Province (HALIP) on Svalbard imposed during faulting and burial/uplift. EGU General Assembly (22-27 April 2012, Vienna, Austria). Geophysical Research Abstracts. - 2012. - Vol. 14. - EGU2012-8302.

Jeleńska M. Aspects of pre-Tertiary paleomagnetism of Spitsbergen and their tectonic implications // *Tectonophysics.* - 1987. - Vol. 139. - Issue 1-2. - P. 99-106. DOI: [10.1016/0040-1951\(87\)90199-5](https://doi.org/10.1016/0040-1951(87)90199-5)

Nawrocki J. Paleomagnetism of Permian through Early Triassic sequences in central Spitsbergen: implications for paleogeography // *Earth Planet. Sci. Letters.* - 1999. - Vol. 169. - P. 59-70.

Nejbert K., Krajewski K.P., Dubińska E., Pécskay Z. Dolerites of Svalbard, north-west Barents Sea Shelf: age, tectonic setting and significance for geotectonic interpretation of the High-Arctic Large Igneous Province // *Polar Res.* - 2011. - Vol. 30. - P. 1-24. DOI: [10.3402/polar.v30i0.7306](https://doi.org/10.3402/polar.v30i0.7306)

Polteau S., Planke S., Planke E.E., Faleide J.I., Svensen H., Corfu F., Midtkandal I., Myklebust R. The Barents Sea Large Igneous Province: extent, age & global implications. NGF Winter Meeting, 2011.11/1-13/1 (Stavanger, Norway). 2011.

Sandal S.T., Halvorsen E. Late Mesozoic palaeomagnetism from Spitsbergen; implications for continental drift in the Arctic // *Phys. Earth Planet. Inter.* - 1973. - Vol. 7. - Issue 2. - P. 125-132. DOI: [10.1016/0031-9201\(73\)90001-0](https://doi.org/10.1016/0031-9201(73)90001-0)

Senger K., Tveranger J., Ogata K., Braathen A., Planke S. Late Mesozoic magmatism in Svalbard: A review // *Earth-Science Reviews.* - 2014. - Vol. 139. - P. 123-114. DOI: [10.1016/j.earscirev.2014.09.002](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.09.002)

Spall H. Anomalous paleomagnetic poles from late Mesozoic dolerites from Spitsbergen // *Earth Planet. Sci. Lett.* - 1968. - Vol. 4. - Issue 1. - P. 73-78.

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package. NGU rapport nr 90.019. - 1990.

Torsvik T.H., Van der Voo R., Meert J.G., Mosar J., Walderhaug H.J. Reconstructions on the

continents around the North Atlantic at about the 60th parallel // *Earth Planet. Sci. Lett.* - 2001. - Vol. 187. - P. 55-69.

Torsvik T.H., van der Voo R., Preeden U., Mac Niocaill C., Steinberger B., Doubrovine P.V., van Hinsbergen D.J.J., Domeier M., Gaina C., Tohver E., Meert J.G., McCausland P.J.A., Cocks L.R.M. Phanerozoic polar wander, paleogeography and dynamics // *Earth-Science Reviews.* - 2012. - Vol. 114. - Issues 34. - P. 325-368. DOI: [10.1016/j.earscirev.2012.06.007](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.06.007)

Vaes B., van Hinsbergen D.J.J., van de Lagemaat S.H.A., van der Wiel E., Lom N., Advokaat E.L., Boschman L.M., Gallo L.C., Greve A., Guilmette C., Li S., Lippert P.C., Montheil L., Qayyum A., Langereis C.G. A global apparent polar wander path for the last 320 Ma calculated from site-level paleomagnetic data // *Earth-Science Reviews.* - 2023. - Vol. 245. - P. 104547. DOI: [10.1016/j.earscirev.2023.104547](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104547)

Van der Voo R. The reliability of palaeomagnetic data // *Tectonophysics.* - 1990. - Vol. 184. - No. 1. - P. 1-9.

Vincenz S.A., Cossack D., Duda S.J., Birkenmajer K., Jeleńska M., Kądziałko-Hofmokl M., Kruczyk J. Palaeomagnetism of some late Mesozoic dolerite dykes of South Spitsbergen // *Geophysical Journal International.* - 1981. - Vol. 67. - Issue 3. - P. 599-614. DOI: [10.1111/j.1365-246X.1981.tb06940.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1981.tb06940.x)

Vincenz S.A., Jeleńska M., Ainehsazian K., Birkenmajer K. Palaeomagnetism of some late Mesozoic dolerite sills of East Central Spitsbergen, Svalbard Archipelago // *Geophysical Journal International.* - 1984. - Vol. 78. - Issue 3. - P. 751-773. DOI: [10.1111/j.1365-246X.1984.tb05069.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1984.tb05069.x)

This is an open access article under the CC BY 4.0 license

Received 25.08.2024

Published 15.11.2024

Iosifidi A.G.

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation Russian Academy of Sciences, St. Petersburg Branch, St. Petersburg, Russia, iosag@mail.ru

PALEOMAGNETISM OF MESOZOIC IGNEOUS SECTION OF THE WESTERN SPITSBERGEN ISLAND

The paper presents the results of the study of paleomagnetic Mesozoic rocks samples collected in the period 1984-1987 on Western Spitsbergen Island. Paleomagnetic poles were obtained for three outcrops of dolerites in Isfjorden and Sassenfjorden. To compare new and existing data, a trajectory of apparent migration of the paleomagnetic pole for Spitsbergen area in the Middle Carboniferous – Jurassic interval was constructed. A comparison with the trajectories of paleomagnetic pole migration across the East European Platform and Eurasia was made.

Keywords: paleomagnetism, paleomagnetic pole, Mesozoic section, dolerites, Western Spitsbergen Island.

For citation: Iosifidi A.G. Paleomagnetizm mezozoyskikh magmaticheskikh otlozheniy ostrova Zapadnyy Shpitsbergen [Paleomagnetism of Mesozoic igneous section of the Western Spitsbergen Island]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2024, vol. 19, no. 4, available at: https://www.ngtp.ru/rub/2024/34_2024.html EDN: KCVHCJ

References

Birkenmajer K., Krajewski K.P., Pécskay Z., Lorenc M.W. K-Ar dating of basic intrusions at Bellsund, Spitsbergen, Svalbard. *Polar Res.*, 2010, vol. 31, no. 1, pp. 3-16. DOI: [10.4202/ppres.2010.01](https://doi.org/10.4202/ppres.2010.01)

Briseid E., Halvorsen E. The primary magnetic remanence of a dolerite sill from northeast Spitsbergen. *Phys. Earth Planet. Interiors.*, 1974, vol. 9, no. 1, pp. 45-50.

Burov Yu.P., Krasil'shchikov A.A., Firsov L.V., Klubov B.A. Vozrast doleritov Sval'barda (po radiologicheskim dannym) [Age of Svalbard dolerites (based on radiological data)]. *Geologiya Sval'barda*. Leningrad: NIIGA, 1976, pp. 117-125. (In Russ.).

Burov Yu.P., Livshits Yu.Ya. Slabodifferentsirovannye intruzii doleritov arhipelaga Shpitsbergen [Poorly differentiated dolerite intrusions of the Spitsbergen archipelago]. *Materialy po geologii Shpitsbergena*. Leningrad: NIIGA, 1965, pp. 246-259. (In Russ.).

Chadima M., Hrouda F. *Remasoft 3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer*. *Travaux Géophysiques*, 2006, XXVII, pp. 20-21.

Corfu F., Polteau S., Planke S., Faleide J.I., Svensen H., Zayoncheck A., Stolbov N. U-Pb geochronology of Cretaceous magmatism on Svalbard and Franz Josef Land, Barents Sea Large Igneous Province. *Geological Magazine*, 2013, vol. 150, issue 6, pp. 1127-1135. DOI: [10.1017/S0016756813000162](https://doi.org/10.1017/S0016756813000162)

Corfu F., Svensen H., Neumann E.R., Nakrem H.A., Planke S. U-Pb and geochemical evidence for a Cryogenian magmatic arc in central Novaya Zemlya, Arctic Russia. *Terra Nova*, 2010, vol. 22, issue 2, pp. 116-124. DOI: [10.1111/j.1365-3121.2010.00924.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2010.00924.x)

Dallmann W.K., Dypvik H., Gjelberg J.G., Harland W.B., Johannessen E.P., Keilen H.B., Larssen G.B., Lønøy A., Midbøe P.S., Mørk A., Nagy J., Nilsson I., Nøttvedt A., Olaussen S., Pcelina T.M., Steel R.J., Worsley D. *Lithostratigraphic Lexicon of Svalbard: Review and Recommendations for Nomenclature Use*. Norsk Polarinstittutt, Tromsø, 1999, 318 p.

Enkin R.J. *A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data*. Pacific Geoscience Centre, Geol. Survey Canada. Sidney, 1994, 16 p.

Gurevich E.L., Slautsitays I.P. Paleomagnetizm mezozoyskikh osadochnykh i intruzivnykh porod Zapadnogo Shpitsbergena. [Paleomagnetism of Mesozoic sedimentary and intrusive rocks of

Western Spitsbergen]. *Paleomagnetizm i akkretsionnaya tektonika*. Leningrad: VNIGRI, 1988, pp. 18-30. (In Russ.).

Gusev B.V. Magnetizm trappov arhipelaga Zemlya Frantsa-Iosifa v sravnenii s magnetizmom trappov severa Sibiri [Magnetism of the trapps of the Franz Josef Land archipelago in comparison with the magnetism of the trapps of northern Siberia]. *Materialy VIII konferentsii po postoyannomu geomagnitnomu polyu i paleomagnetizmu*. Kiev: Nauk. Dumka, 1970, part 1, pp. 55-58. (In Russ.).

Gusev B.V. Paleomagnetizm trappov i gorizontal'nye dvizheniya zemnoy kory na severe Sredney Sibiri [Paleomagnetism of trapps and horizontal crustal movements in the north of Central Siberia]. *Geofizicheskie metody razvedki v Arktike*. Leningrad, 1973, issue 8, pp. 45-48 (Trudy NIIGA). (In Russ.).

Gusev B.V. Sravnitel'naya kharakteristika magnetizma platobazal'tov Sibiri, Taymyra, Zemli Frantsa-Iosifa i drugikh regionov zemnogo shara [Comparative characteristics of magnetism of plateau basalts of Siberia, Taimyr, Franz Josef Land and other regions of the globe]. *Geofizicheskie metody razvedki v Arktike*, 1971, issue 8, pp. 20-29. (Trudy NIIGA). (In Russ.).

Gusev B.V., Metallova V.V., Faynberg F.S. *Magnetizm porod trappovoy formatsii zapadnoy chasti Sibirskoy platformy* [Magnetism of trap rocks of the western part of the Siberian platform]. Leningrad: Nedra, 1967, 129 p. (Tr. NIIGA). (In Russ.).

Halvorsen E. *A palaeomagnetic study of two volcanic formations from northern Spitsbergen*. Norsk Polarinstitutt Årbok, 1970, pp. 70-75.

Halvorsen E. A paleomagnetic pole position of Late Jurassic/Early Cretaceous dolerites from Hinlopenstretet, Svalbard, and its tectonic implications. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1989, vol. 94, issue 3-4, pp. 398-408. DOI: [10.1016/0012-821x\(89\)90156-8](https://doi.org/10.1016/0012-821x(89)90156-8)

Halvorsen E. The magnetic fabric of some dolerite intrusions, northeast Spitsbergen; implications for their mode of emplacement. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1974, vol. 21, issue 2, pp. 127-133. DOI: [10.1016/0012-821x\(74\)90045-4](https://doi.org/10.1016/0012-821x(74)90045-4)

Halvorsen E., Løvlie R., Andresen A., Polteau S., Walderhaug H., Faleide J. Complete Cenozoic remagnetization of Cretaceous sills and lavas from the High Arctic Large Igneous Province (HALIP) on Svalbard imposed during faulting and burial/uplift. EGU General Assembly (22-27 April 2012, Vienna, Austria). *Geophysical Research Abstracts*, 2012, vol. 14, EGU2012-8302.

Iosifidi A.G. Kamennougol'nye otlozheniya ostrova Zapadnyy Shpitsbergen: paleomagnitnye dannye [Carboniferous rocks of Western Spitsbergen Island: paleomagnetic data]. *Neftgazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2022, vol. 17, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2022/44_2022.html (In Russ.). DOI: [10.17353/2070-5379/44_2022](https://doi.org/10.17353/2070-5379/44_2022)

Jeleńska M. Aspects of pre-Tertiary paleomagnetism of Spitsbergen and their tectonic implications. *Tectonophysics*, 1987, vol. 139, issue 1-2, pp. 99-106. DOI: [10.1016/0040-1951\(87\)90199-5](https://doi.org/10.1016/0040-1951(87)90199-5)

Kovaleva G.A., Burov Yu.P. Osnovnye osobennosti mezo-kaynozoysskikh bazitovykh kompleksov arhipelaga Svalbard [Main features of the Mesozoic-Cenozoic basic complexes of the Svalbard archipelago]. *Geologiya Sval'barda*. Leningrad, 1976, pp. 126-138. (In Russ.).

Nawrocki J. Paleomagnetism of Permian through Early Triassic sequences in central Spitsbergen: implications for paleogeography. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1999, vol. 169, pp. 59-70.

Nejbert K., Krajewski K.P., Dubińska E., Pécskay Z. Dolerites of Svalbard, north-west Barents Sea Shelf: age, tectonic setting and significance for geotectonic interpretation of the High-Arctic Large Igneous Province. *Polar Res.*, 2011, vol. 30, pp. 1-24. DOI: [10.3402/polar.v30i0.7306](https://doi.org/10.3402/polar.v30i0.7306)

Paleomagnitologiya [Paleomagnetology]. A.N. Khramov, G.I. Goncharov, R.A. Komissarova, S.A. Picapevckiy, I.A. Pogapckaya, Yu.S. Pzhevckiy, V.P. Podionov, I.P. Clautsitayc. Leningrad: Nedra, 1982, 312 p. (In Russ.).

Pchelina T.M. Stratigrafiya i osobennosti veshchestvennogo sostava mezozoysskikh otlozheniy tsentral'noy chasti Zapadnogo Shpitsbergena [Stratigraphy and features of the material composition of Mesozoic strata in the central part of Western Spitsbergen]. *Materialy po geologii Shpitsbergena*. Leningrad: NIIGA, 1965, pp. 127-148. (In Russ.).

Polteau S., Planke S., Planke E.E., Faleide J.I., Svensen H., Corfu F., Midtkandal I.,

Myklebust R. The Barents Sea Large Igneous Province: extent, age & global implications. *NGF Winter Meeting*, 2011.11/1-13/1 (Stavanger, Norway), 2011.

Sandal S.T., Halvorsen E. Late Mesozoic palaeomagnetism from Spitsbergen; implications for continental drift in the Arctic. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1973, vol. 7, issue 2, pp. 125-132. DOI: [10.1016/0031-9201\(73\)90001-0](https://doi.org/10.1016/0031-9201(73)90001-0)

Senger K., Tveranger J., Ogata K., Braathen A., Planke S. Late Mesozoic magmatism in Svalbard: A review. *Earth-Science Reviews*, 2014, vol. 139, pp. 123-114. DOI: [10.1016/j.earscirev.2014.09.002](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.09.002)

Spall H. Anomalous paleomagnetic poles from late Mesozoic dolerites from Spitsbergen. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1968, vol. 4, issue 1, pp. 73-78.

Torsvik T.H., Smethurst M.A., Pesonen L.J. *GMAP - geographic mapping and paleoreconstruction package*. NGU rapport nr 90.019, 1990.

Torsvik T.H., Van der Voo R., Meert J.G., Mosar J., Walderhaug H.J. Reconstructions on the continents around the North Atlantic at about the 60th parallel. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2001, vol. 187, pp. 55-69.

Torsvik T.H., van der Voo R., Preeden U., Mac Niocaill C., Steinberger B., Doubrovine P.V., van Hinsbergen D.J.J., Domeier M., Gaina C., Tohver E., Meert J.G., McCausland P.J.A., Cocks L.R.M. Phanerozoic polar wander, paleogeography and dynamics. *Earth-Science Reviews*, 2012, vol. 114, issues 34, pp. 325-368. DOI: [10.1016/j.earscirev.2012.06.007](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.06.007)

Vaes B., van Hinsbergen D.J.J., van de Lagemaat S.H.A., van der Wiel E., Lom N., Advokaat E.L., Boschman L.M., Gallo L.C., Greve A., Guilmette C., Li S., Lippert P.C., Montheil L., Qayyum A., Langereis C.G. A global apparent polar wander path for the last 320 Ma calculated from site-level paleomagnetic data. *Earth-Science Reviews*, 2023, vol. 245, pp. 104547. DOI: [10.1016/j.earscirev.2023.104547](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104547)

Van der Voo R. The reliability of palaeomagnetic data. *Tectonophysics*, 1990, vol. 184, no. 1, pp. 1-9.

Verba M.L. Proyavleniya prirodnykh uglevodorodov v osadochnom chekhle Shchpitsbergena [Natural hydrocarbon manifestations in the sedimentary cover of Svalbard]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2007, vol. 2, available at: <http://www.ngtp.ru/rub/6/018.pdf> (In Russ.).

Verba M.L. Vzaimodeystvie izverzhennykh i osadochnykh porod arhipelaga Shpitsbergen v svete otsenki perspektiv neftegazonosnosti [Interaction of igneous and sedimentary rocks of archipelago of Svalbard in the light of the petroleum potential evaluation]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2015, vol. 10, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2015.pdf (In Russ.). DOI: [10.17353/2070-5379/46_2015](https://doi.org/10.17353/2070-5379/46_2015)

Vincenz S.A., Cossack D., Duda S.J., Birkenmajer K., Jeleńska M., Kądziałko-Hofmokr M., Kruczyk J. Palaeomagnetism of some late Mesozoic dolerite dykes of South Spitsbergen. *Geophysical Journal International*, 1981, vol. 67, issue 3, pp. 599-614. DOI: [10.1111/j.1365-246X.1981.tb06940.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1981.tb06940.x)

Vincenz S.A., Jeleńska M., Ainehsazian K., Birkenmajer K. Palaeomagnetism of some late Mesozoic dolerite sills of East Central Spitsbergen, Svalbard Archipelago. *Geophysical Journal International*, 1984, vol. 78, issue 3, pp. 751-773. DOI: [10.1111/j.1365-246X.1984.tb05069.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1984.tb05069.x)