

УДК 550.382.3

Д. Г. АКОПЯН, Т. А. СИРУНЯН

НАМАГНИЧЕННОСТЬ МЕЗОЗОЙСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД
АРМЯНСКОЙ ССР

Изучение мезозойского периода на территории Армянской ССР, как этапа высокой тектонической и магматической активности и рудообразования, представляет большой научный и практический интерес. В геологическом отношении мезозойские отложения Армении изучены достаточно подробно и фаунистически обоснованы (А. Т. Аслаян, 1949, 1958; А. А. Атабекян, 1952, 1954, 1959; Г. А. Чубарян, М. А. Аракелян, 1955; В. Т. Акопян, 1962, 1963, 1970; Н. Р. Азарян, 1963) [3,4]. Однако, решение некоторых вопросов стратиграфии и расчленения отдельных немых свит и толщ все еще затруднено ввиду отсутствия представительных стратиграфических реперов. Эти задачи могут быть решены с помощью новых физических методов исследования, в частности, палеомагнитных. В основу палеомагнитного метода положено предположение о том, что формирование осадков и изверженных пород происходило в земном магнитном поле, доказательством чего является остаточная намагниченность.

Естественная остаточная намагниченность I_n^0 горных пород содержит в себе определенную информацию о физических условиях формирования этих пород, их дальнейшего существования, а также о древнем геомагнитном поле. Но горные породы «живут» миллионы лет и за это время подвергаются воздействию различных внешних факторов (постоянные и переменные поля, температура, время и др.), которые вносят значительные изменения в значение первичной намагниченности I_n^0 . Поэтому достоверность полученных сведений о магнитном поле Земли прошлых эпох зависит от того, насколько точно определена синхронность остаточной намагниченности по отношению к самой породе. Для решения этих задач важно определить состав и размеры зерен ферромагнитных минералов, присутствующих в породе, а также доказать их первичность [1, 5, 6, 7].

Объектами палеомагнитных исследований служили разрезы и обнажения вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных образований юрского и мелового возраста Армении. Ориентированные образцы отбирались из юго-восточной части республики (Кафанский антиклинорий, изучено 17 разрезов) и из северной части (Алавердский, Шамшадинский антиклинорий и Иджеванский синклинорий, изучено 7 разрезов). Расстояние между разрезами от 5 до 25 км, мощность изученных толщ колеблется в интервале от 40—50 до 2300 м. Для учета влияния локального аномального магнитного поля на I_n^0 горных пород после их формирования на большинстве разрезов выполнено измерение Z со-

ставляющей магнитного поля. Отобрано более 1000 ориентированных штуфов (образцов), которые представлены различными породами континентальных и морских фаций.

Магнитные свойства (I_n , χ) образцов измерены на аstaticком магнитометре Ш. Ш. Долгинова с подставкой Г. М. Авчяна с ценой деления $E=6 \cdot 10^{-6}$ СГС и на магнитометре ИОН-1 по общеизвестной методике [7]. Погрешность измерения составляет 10% от измеряемых величин.

Минералого-петрографическому изучению выборочно подвергались образцы, характеризующие практически все отложения юры и мела. Породы изучены по макроскопическим признакам и в шлифах (30 шлифов) и аншлифах (30 аншлифов). Путем выделения тяжелой фракции для 46 образцов проведен минералогический анализ ферромагнитных частиц. С целью определения количества титана в магнитных минералах и параметра решетки (a), спектральному и рентгеноструктурному анализу были подвергнуты 7 характерных образцов (табл. 1). Указанные анализы выполнены в лабораториях ИГН АН Арм. ССР. Исследования показали, что основными минералами, ответственными за магнитные свойства изученных нами пород, являются магнетит, маггемит, титаномагнетит и пирротин [2].

Таблица 1

Содержание элементов в тяжелой фракции в % (по данным спектральных анализов)

№ п.п.	Образец	Ti	Mn	V	Ni	Co	Cr	Cu
1	XIII-3 (андезитовый порфирит)	4,17	0,8	0,079	0,0036	0,0072	0,21	0,015
2	VI-3 (туфобрекчия)	3,55	0,43	0,17	0,0084	0,0069	0,2	0,069
3	VI-9 (уфобрекчия)	6,92	0,6	0,25	0,0048	0,0059	0,23	0,013
4	XV-7a (порфирит)	8,3	1,02	0,19	0,0047	0,0081	0,16	0,016

Определение параметра решетки (a) (по данным рентгеноструктурных анализов):

образец	XIII — 3 андезитовый порфирит	$A=8,375 \text{ \AA}$
образец	VI — 3 туфобрекчия	$A=8,368 \text{ \AA}$
образец	XIII — 1 андезитовый порфирит	$A=8,372 \text{ \AA}$

Вулканогенные породы юры и мела Армении по содержанию магнитной фракции можно подразделить на четыре типа.

1. В породе магнетит (маггемит) содержится в виде тонких пылевидных частиц, равномерно рассеянных в массе породы. Встречаются также редкие пластинчатые образования пирротина. Количество магнитной фракции варьирует в пределах 11—12,7% от общего веса породы.

2. Наряду с пылевидным магнетитом и маггемитом во втором типе пород содержатся хорошо образованные кристаллы титаномагнетита, размерами от 0,01 до 0,4 мк в количестве до 50%. Количество магнитной фракции колеблется в пределах от 5 до 10% от веса породы.

3. В третьем типе пылевидный магнетит в основной массе породы находится в подчиненном количестве, а магнитная фракция представлена в основном хорошо образованными кристаллами титаномагнетита. Пирротин иногда отсутствует. Количество магнитной фракции составляет от 1 до 5% веса породы.

4. Четвертый тип пород содержит лимонитизированный пирротин (до 20%), мелкие кристаллики титаномагнетита 40% и до 40% пылевидного магнетита. Количество магнитной фракции до 1% от веса породы.

Вышеуказанный состав магнитных минералов подтвердил и термомангнитный анализ этих пород.

С целью определения фазового состава ферромагнитных минералов в породах и условий их образования, термомангнитному анализу были подвергнуты 60 образцов. (анализы выполнены в ИФЗ АН СССР и ИГиН АН Азерб. ССР).

Анализ формы кривых зависимости I_{rs} (Т) позволил выделить четыре типа кривых, характеризующих фазовый состав ферромагнитных минералов с различной точкой Кюри (T_c) в вулканогенных породах юрского и мелового возраста Армении (рис. 1а, б, в, г).

а) Термоквивые, характерные для маггемита, с перегибами в интервале температур (200—225°C) и (450—475°C). При повторном нагреве I_{rs} (Т) этих пород уменьшается в два и более раза и исчезает перегиб кривой I_{rs} (Т) в интервале температур (200—225°C). Все это свидетельствует о том, что в породе присутствует маггемит.

б) Кривые этого типа по существу и форме изменения мало отличаются от кривых (а) типа. Для этих кривых преобладают магнитные фазы перегиба в интервале температур 275—300°C, исчезающие после нагрева, и точкой Кюри в интервале 525—550°. Поскольку часть кривой выше 400°C в результате нагрева принципиально не меняется, ее можно принять как указание на присутствие в породе кроме маггемита и магнетита.

в) Кривые (в) типа характерны для образцов, у которых 75—90% магнитной фракции составляют магнетит или маггемит. Термоквивые не меняются в результате нагрева, и точки Кюри находятся в интервале температур 525—575°C. Это позволяет отнести кривые к магнетиту. На некоторых термоквивых наблюдаются также слабо выраженные, но устойчивые к нагревам перегибы в интервале температур 300—350°C. Такой перегиб может отражать либо присутствие титаномагнетита, либо структурную фазу.

г) Кривые этого типа соответствуют образцам, магнитная фракция которых состоит из титаномагнетита и магнетита. Эти кривые от-

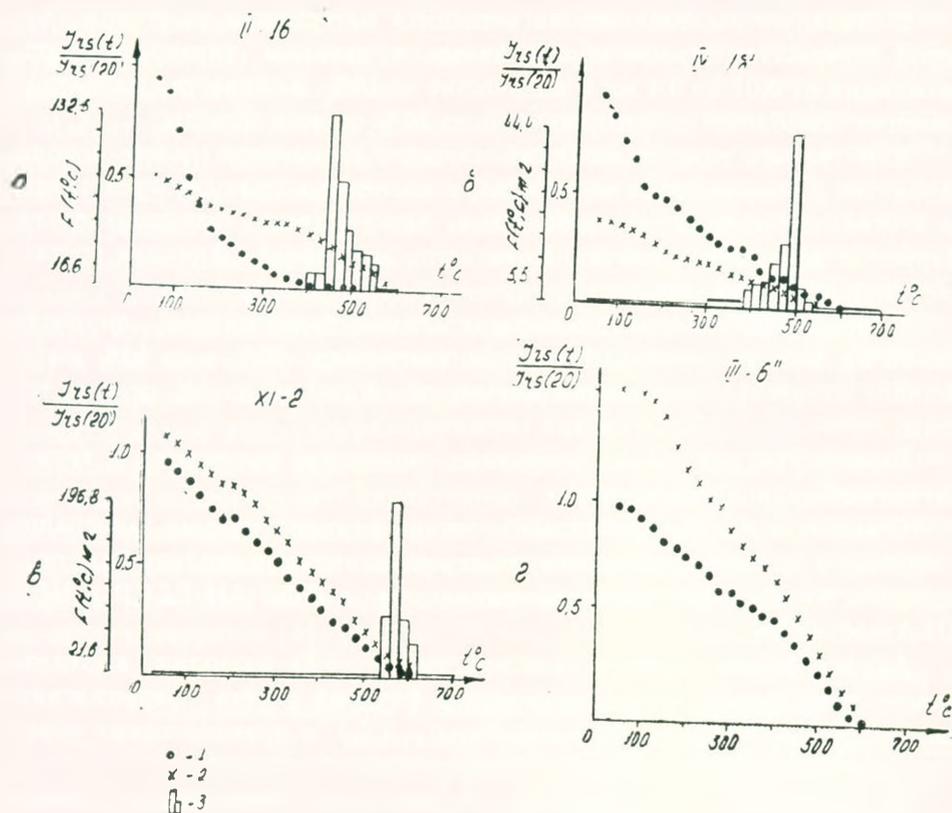


Рис. 1. а, б—магнетит, маггемит; в—магнетит; г—титаномагнетит: 1—кривые $I_{rs}(T)$ при первом нагреве; 2—кривые $I_{rs}(T)$ при втором нагреве; 3—терромагнитная сепарация.

личаются от остальных типов тем, что при повторном нагреве кривая $I_{rs}(T)$ резко возрастает в 1,2—1,5 раза. Такое изменение характерно для распада титаномагнетита.

Для выяснения количественного соотношения магнитных минералов различных фаз (для 30 образцов) из вышеуказанной коллекции, проведена также терромагнитная сепарация (в Институте геофизики АН УССР, 1973).

Как по методу терромагнитной сепарации, так и по кривым $I_{rs}(T)$, высокотемпературная фаза магнитных минералов (в интервале 400—700°C) выделяется одинаково хорошо. Но низкотемпературная фаза (в интервале температур 200—300°C), которая хорошо отражается на кривых $I_{rs}(T)$, не выделяется по методу терромагнитной сепарации (тонкодисперсный маггемит). Это подтверждает, что перегиб означает не точку Кюри, а разрушение минерала.

Выделение древней намагниченности и определение ее направления производились нами с применением комплекса физических методов: компенсации постоянным полем, чисткой переменным полем от 0 до 700э и термочисткой от 50 до 400°C. Из всех видов вторичных

остаточных намагниченностей наиболее распространена вязкая намагниченность, которая возникает у горных пород в естественных условиях благодаря длительному воздействию магнитного поля Земли. Для компенсации вязкой компоненты остаточной намагниченности вся коллекция была поставлена на «выдержку» против лабораторного поля. I_n образцов измерялась перед и после шестимесячной выдержки. Разница в направлениях I_n , полученных из первого и второго измерения, для 70% образцов оказалась в пределах погрешности измерения. Значительное изменение в величине и направлении I_n наблюдалось в осадочных (песчаники, песчаные известняки) породах, для которых $Q < 1$. Для исследования стабильности пород по отношению ко времени, определенное количество образцов прямой и обратной полярности было поставлено на «выдержку» против земного магнитного поля в течение двух лет. За это время коллекция измерялась четыре раза.

График двухлетней выдержки показывает, что за это время в значениях I_n и J как для прямонамагниченных, так и для обратномагниченных порфиритов не наблюдается заметных изменений.

По отношению ко времени более стабильными оказались порфириты и туфобрекчии титона-нижнего валанжина.

Исходя из этих исследований, можно сказать, что вулканогенные и осадочные породы юрского и мелового возраста Армянской ССР частично обладают вязкой остаточной намагниченностью. Вязкая намагниченность этих пород легко снимается при временной и \bar{H} -чистке.

Андезитовые, андезито-базальтовые порфириты и сильномагнитные туфогенные породы средне-верхнеюрского возраста обладают незначительной вязкой компонентой, которая практически не влияет на значения I_n этих пород.

Результаты испытания стабильности образцов по отношению к постоянному полю (0—130э) даются в виде кривых H'_n , характеризующих влияние постоянного поля на величину и направление I_n . Для подавляющего большинства юрских пород (порфириты, туфобрекчии, туфонесчаники) $H'_{nc} > 50$ э. Меловые породы оказались как стабильными, так и метастабильными. Особенно низкие H'_{nc} имеют осадочные породы мела, для них $15 < H'_{nc} < 40$ э.

Сравнительно большими H'_{nc} обладают вулканогенные породы верхней юры и верхнего мела.

Для выделения нестабильной части остаточной намагниченности горных пород половина коллекции была подвергнута чистке переменным магнитным полем с максимальной амплитудой 500—700 э. Чистка проводилась в скомпенсированном земном поле по общеизвестной методике [7, 5]. Результаты изменения величины и направления I_n под воздействием переменного магнитного поля даются в виде графиков $I_n(H)$ (рис. 2а, б, в).

При \bar{H} -чистке разрушение нестабильного компонента I_n^h в вулканогенно-осадочных породах юры и мела завершается, в основном, в

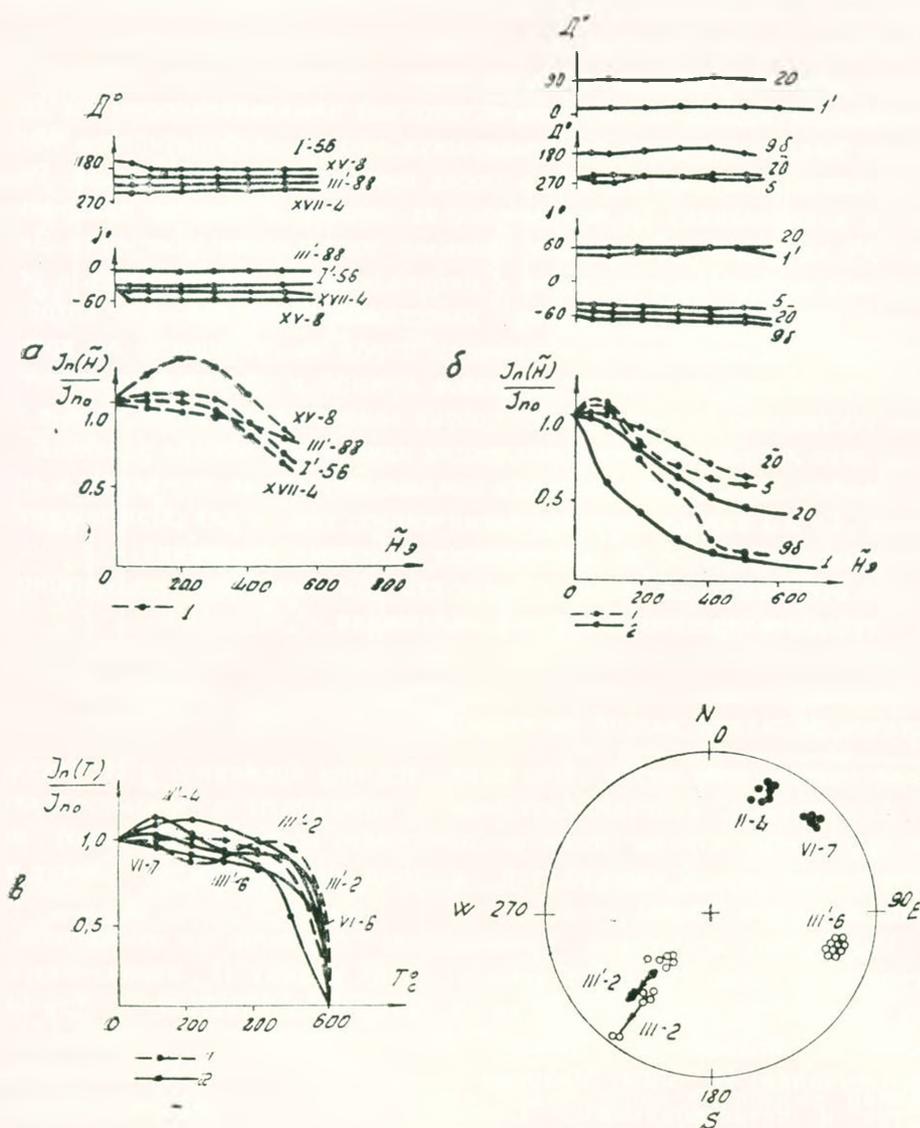


Рис. 2. Результаты H (а, б) и T (в) чистки для магнитостабильных образцов юрского возраста. 1—для образцов обратной полярности. 2—для образцов прямой полярности.

интервале поля порядка $H = 100-250$ э. При чистке более стабильными оказались вулканогенные породы верхней юры, для которых переменное поле $H = 500$ э практически не изменяет (или мало изменяет) ориентировку I_n , а в поле $H = 300$ э сохраняется 60—80% от первоначальной величины I_n ($S_{300}^{II} = 0.7-1$). Вторичной намагниченностью обладают породы, отобранные из зон перехода между прямой и обратной полярностью I_n . Однако, она полностью разрушается под воздействием пе-

ременного поля $H=200-300\text{э}$. Для вулканогенных пород юры и мела была применена и термочистка в интервале температур от 50 до 500° в нулевом поле. Результаты термочистки приведены в виде графиков $I_n(T)$ (рис. 3а, б).

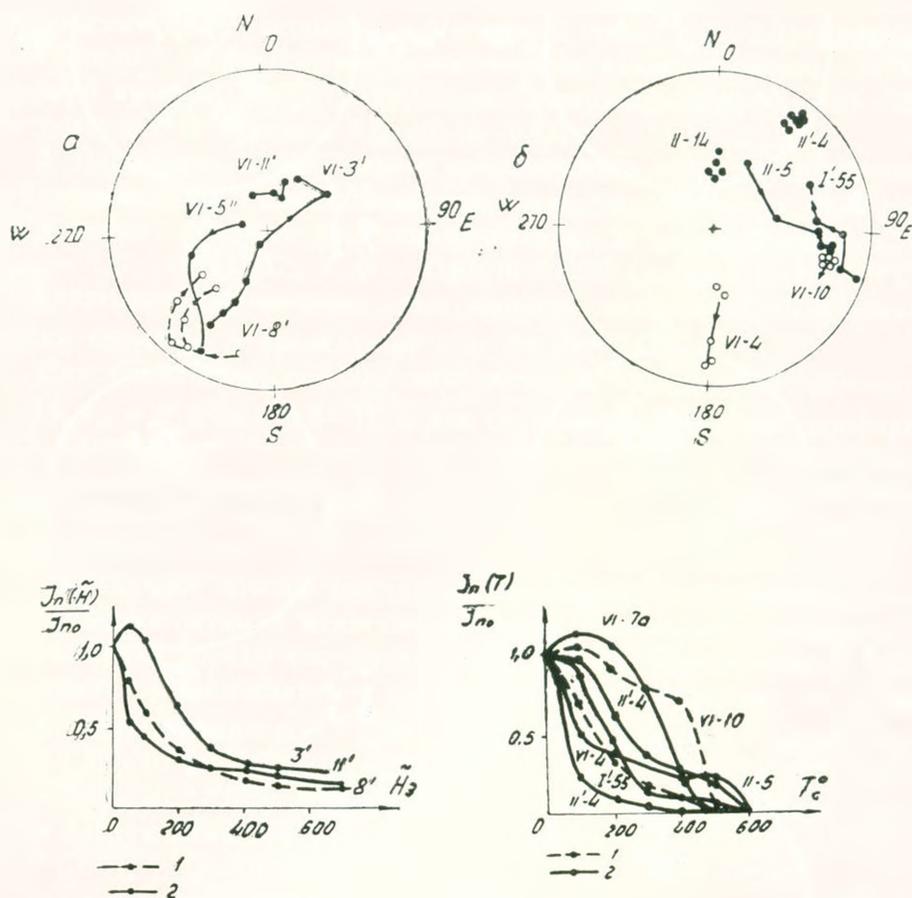


Рис. 3. Результаты П (а) и Т (б)—чистки для образцов, которые обладают вторичной намагниченностью.

По характеру изменения $I_n(T)$ кривые подразделяются на два типа. Кривые первого типа характеризуются тем, что хорошо сопоставляются с магнетитовыми кривыми $I_{rs}(T)$, а направление I_n остается почти постоянным до 400°C ($S_{400}^I = 0,8-1,0$).

На кривых второго типа довольно хорошо выделяется двухфазность ферромагнитной фракции (низкотемпературная—200—250°C и высокотемпературная от 400 до 500°C), что коррелируется с кривыми $I_{rs}(T)$ первого и второго типов ($S_{250}^I = 0,7-1$). Но в характере изменения направления I_n в течение чистки определенной закономерности не наблюдается.

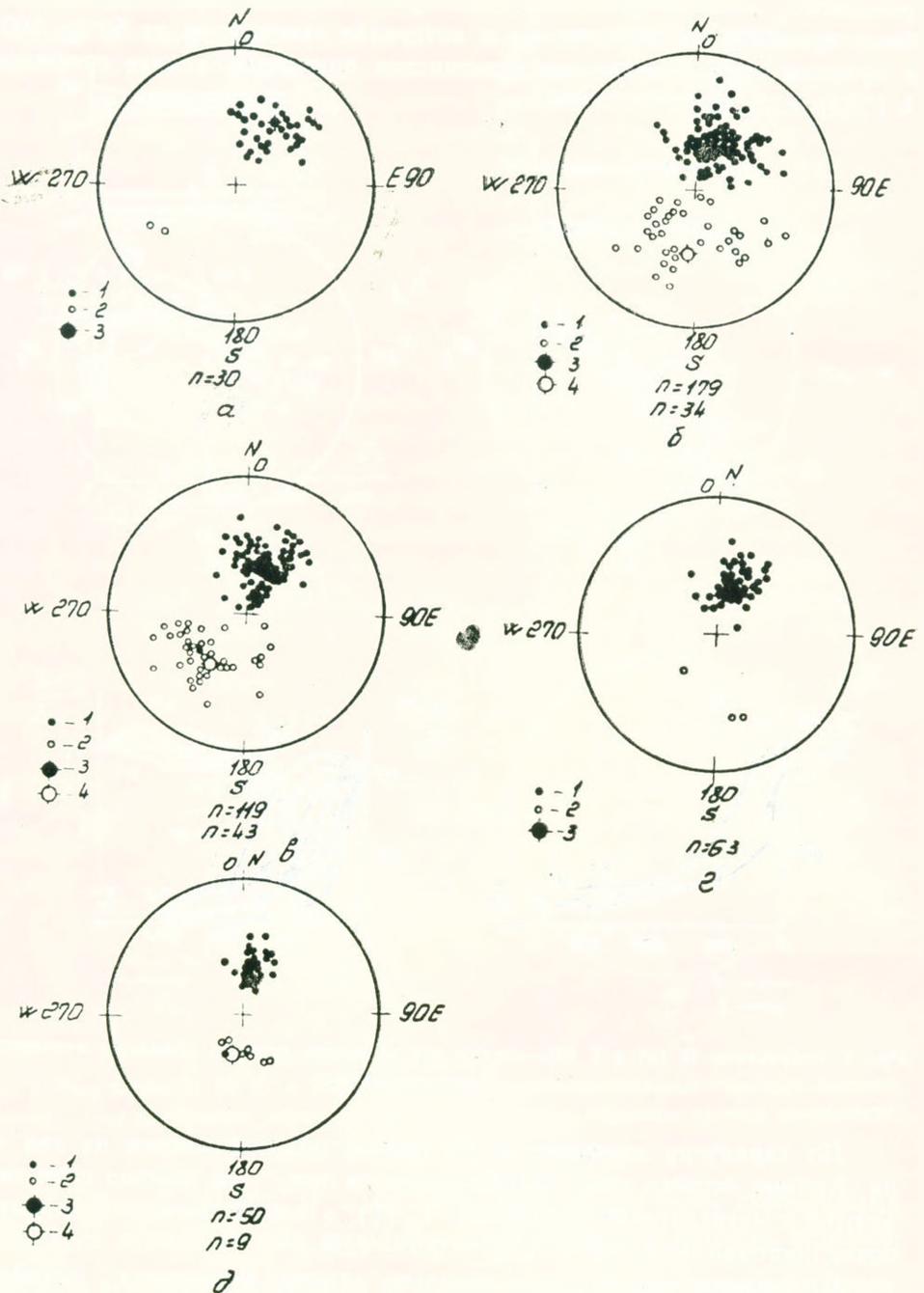


Рис. 4. Распределение векторов \vec{I}_n горных пород: а—нижнеюрских; б—среднеюрских; в—верхнеюрских; г—нижнемеловых; д—верхнемеловых возрастов. 1—проекция векторов I_n на нижнюю полусферу; 2—проекция векторов I_n на верхнюю полусферу; 3, 4—проекция средних направлений.

Результаты изучения намагниченности горных пород мезозойского возраста Арм. ССР, представленные средними значениями магнитных параметров и стереограммами распределения направлений естественной остаточной намагниченности (рис. 4а, б, в, г, д), позволяют сделать следующие выводы:

1. Глины, песчаники и порфириты верхнего лейаса-нижнего аалена слабомагнитны и, в основном, намагничены прямо $I_{\text{н ср}} = 2,2 \times 10^{-6}$ СГС, $\chi_{\text{ср}} = 10 \times 10^{-6}$ СГС. Распределения вектора намагниченности имеют хорошую кучность $K = 17$, радиус круга доверия $\alpha_{95} = 6^\circ$ ($I_{\text{н}}^a - \tau = 580 - 720$; контроль: для 12 образцов $S_{300}^H = 0,42 - 0,93$).

2. Порфириты и туфобрекчии среднеюрского возраста сравнительно слабомагнитны и намагничены как прямо, так и обратно. Величины $I_{\text{н}}$ и χ имеют большой диапазон изменения: $I_{\text{н ср}} = 0,47 \times 10^{-3}$ СГС ($I_{\text{н max}} = 5,27 \times 10^{-3}$ СГС), $\chi_{\text{ср}} = 0,8 \times 10^{-3}$ СГС ($\chi_{\text{max}} = 7,1 \times 10^{-3}$ СГС).

Кератофиры и песчаники этого возраста слабомагнитны и намагничены прямо ($I_{\text{н}}$ в пределах от 1 до 5×10^{-6} СГС).

Для прямонамагниченных порфиритов и туфобрекчии кучность $K = 14$, $\alpha_{95} = 5^\circ$ ($S_{300}^I = 0,3 - 1$), а для обратномагниченных порфиритов и туфобрекчии $K = 7$, $\alpha_{95} = 9,5^\circ$ ($S_{300-400}^I = 0,4 - 1$). Туфопесчаники и песчаники среднеюрского возраста в основном намагничены прямо и образуют хорошую кучность $K = 24$, $\alpha_{95} = 4^\circ$ ($\tau = 500 - 540$; $S_{300-400}^I = 0,35 - 1,0$).

3. Осадочные породы (песчаники, известняки) позднеюрского возраста слабомагнитны и намагничены прямо. Они имеют низкие $I_{\text{н}}$ и χ . Вулканогенные породы (порфириты, туфобрекчии, туфопесчаники) этого возраста сильномагнитны и характеризуются как прямой, так и обратной намагниченностью. Для порфиритов прямой полярности $I_{\text{н ср}} = 1,52 \times 10^{-3}$ СГС ($I_{\text{н max}} = 6,2 \times 10^{-3}$ СГС), $\chi_{\text{ср}} = 1,12 \times 10^{-3}$ СГС ($\chi_{\text{max}} = 3,95 \times 10^{-3}$ СГС). Обратномагниченные порфириты характеризуются следующими значениями: $I_{\text{н ср}} = 0,46 \times 10^{-3}$ СГС ($I_{\text{н max}} = 2,94 \times 10^{-3}$ СГС), $\chi_{\text{ср}} = 0,72 \times 10^{-3}$ СГС ($\chi_{\text{max}} = 3,82 \times 10^{-3}$ СГС).

Для прямонамагниченных туфогенных пород $I_{\text{н ср}} = 2,1 \times 10^{-3}$ СГС ($I_{\text{н max}} = 4,93 \times 10^{-3}$ СГС), $\chi_{\text{ср}} = 2,2 \times 10^{-3}$ СГС ($\chi_{\text{max}} = 4,53 \times 10^{-3}$ СГС), а для обратномагниченных туфогенных пород $I_{\text{н ср}} = 0,63 \times 10^{-3}$ СГС ($I_{\text{н max}} = 1,22 \times 10^{-3}$ СГС), $\chi_{\text{ср}} = 2 \times 10^{-3}$ СГС ($\chi_{\text{max}} = 6,98 \times 10^{-3}$ СГС).

Указанные породы стабильны по отношению к магнитному полю и температуре. Для вулканогенных пород позднеюрского возраста $K = 77$, $\alpha_{95} = 1,5^\circ$ ($S_{250}^I = 0,8 - 1$; $S_{200}^H = 0,4 - 1,0$), а для пород обратной полярности $K = 11$, $\alpha_{95} = 7^\circ$ ($S_{250}^H = 0,75 - 1,0$; $S_{200}^H = 0,3 - 1,0$).

4. Вулканогенные породы нижнего мела, в основном, намагничены прямо. Для порфиритов $I_{\text{н ср}} = 0,38 \times 10^{-3}$ СГС ($I_{\text{н max}} = 0,61 \times 10^{-3}$ СГС), $\chi_{\text{ср}} = 2 \times 10^{-3}$ СГС ($\chi_{\text{max}} = 3,12 \times 10^{-3}$ СГС), $K = 62$, $\alpha_{95} = 2^\circ$ (после $\tau = 480$, $S_{150-200}^H = 0,5 - 0,95$). Обратную полярность имеют

