

УДК 552.3 : 550.382.3(479.25)

Г. М. АВЧЯН, В. В. НАГАПЕТЯН

## ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДАВЛЕНИЯ НА МАГНИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ БАЗАЛЬТОВ ГАРНИЙСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА АРМЯНСКОЙ ССР

Исследовано влияние циклической нагрузки и длительного воздействия давления на различные виды остаточной намагниченности, коэрцитивные спектры и разрушающее поле базальтов Гарнийского геодинамического полигона Армянской ССР. Установлено, что циклические нагрузки 20 МПа приводят к изменению естественной остаточной намагниченности до 15—18%, а длительная выдержка пород под нагрузкой приводит к наведенной анизотропии, к уменьшению намагниченности насыщения и уменьшению амплитуды коэрцитивных спектров.

Одним из информативных параметров перераспределения механических напряжений в пределах земной коры является земное магнитное поле. Природа изменения земного магнитного поля в ряде случаев связывается с изменением магнитных характеристик пород—магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности. Лабораторные эксперименты показали справедливость этой связи, что подтверждалось также полевыми наблюдениями. При этом лабораторные исследования проводились в условиях непрерывного роста внешней нагрузки на породу сотни МПа. Было показано, что заметное изменение магнитного поля Земли, обусловленное изменением магнитных характеристик пород, может иметь место лишь при высоких давлениях. Между тем, аналогичные изменения магнитных характеристик пород можно получить и при низких напряжениях, путем изменения режима наложенной нагрузки. Известно, что изменения напряжений в сейсмоактивных зонах земной коры ближе к циклическому режиму, тогда как эксперименты по влиянию давления главным образом проводились при непрерывном росте напряжений до сотни МПа.

В данной работе рассматриваются результаты исследования влияния циклических статических нагрузок на магнитные характеристики пород. Исследования проводились на базальтах из района Гарнийского геодинамического полигона Армянской ССР, с целью дальнейшего использования полученных результатов для интерпретации обсерваторных и полевых наблюдений электромагнитного поля в пределах полигона.

Наряду с циклической нагрузкой в работе рассмотрено также влияние длительной выдержки на намагниченность насыщения, наведенную анизотропию и коэрцитивные спектры базальтов. Длительная выдержка под напряжением предопределяет перераспределение структуры внутренних напряжений и обусловленные этим изменения магнитных структурно-чувствительных параметров.



Исследования проводились на специально изготовленной немагнитной установке, которая позволяет получать статическую нагрузку до 30 МПа неограниченно длительное время. Все детали установки изготовлены из немагнитных металлов.

Исследовались базальты и андезиты-базальты четвертичного возраста Гарнийского геодинамического полигона. Магнитные параметры изученных образцов (базальтов и андезиты-базальтов четвертичного возраста) меняются в пределах: магнитная восприимчивость  $\chi_0$  от  $920 \times 10^{-5}$  СИ до  $3800 \times 10^{-5}$  СИ, остаточная намагниченность  $I_r$  от  $600 \times 10^{-5}$  СИ до  $5800 \times 10^{-5}$  СИ.

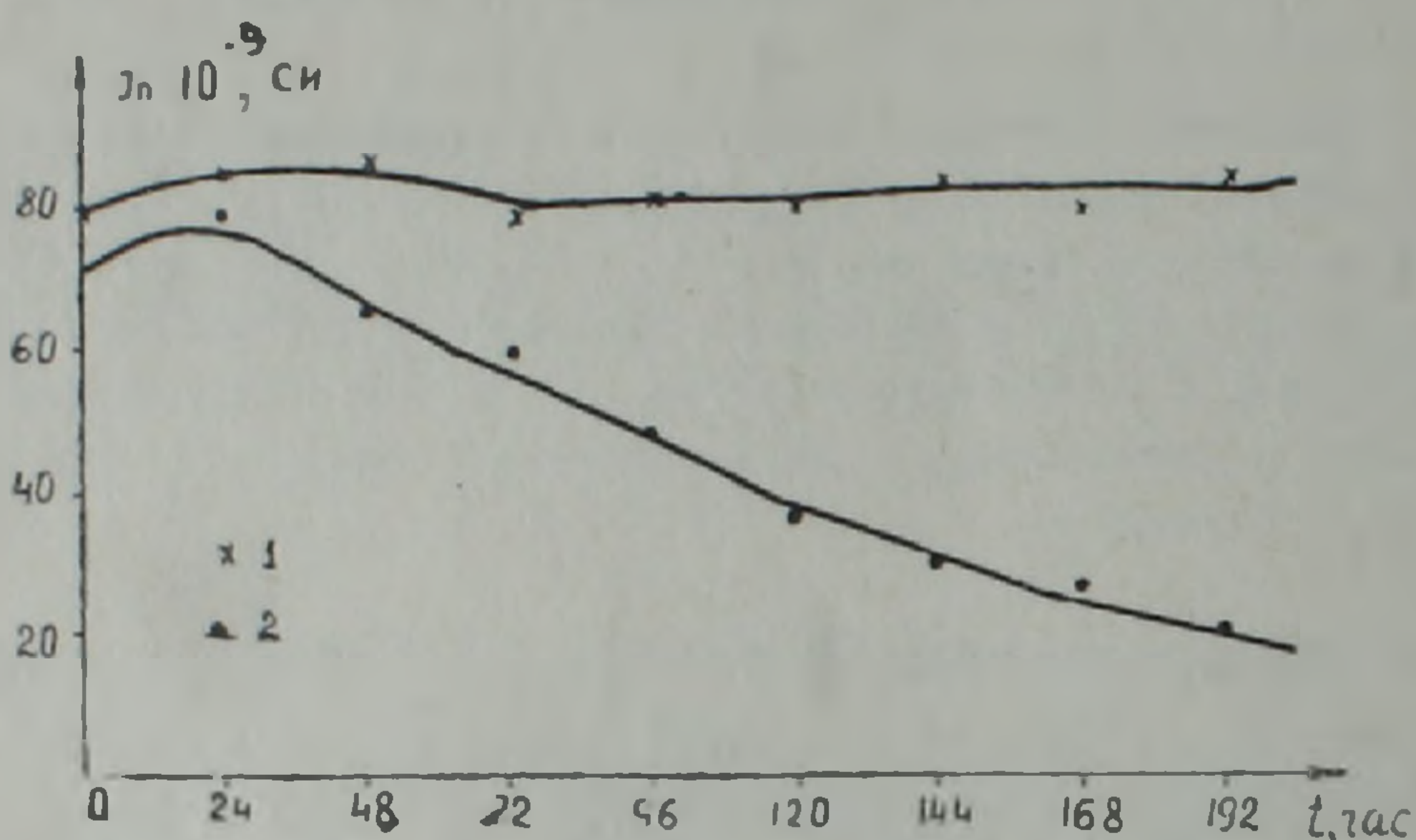


Рис. 1. Изменение естественной остаточной намагниченности без давления (1) в течение 192 час. и под действием одноосной циклической нагрузки  $P=20$  МПа (8 циклов) в течение 192 час (2) (Нагрузка приложена по оси Z).

На рис. 1 представлена зависимость изменения естественной остаточной намагниченности образца базальта Гарнийского полигона без воздействия давления и при восьмикратной нагрузке давления 20 МПа в течение 192 часов с интервалом измерения  $I_n$  через каждые 24 часа при снятии нагрузки.

Природа и стабильность естественной остаточной намагниченности рассматриваемого базальта, как и других эффузивных пород Армении верхнеплиоцен-четвертичного периода, термоостаточная [4], а ее носителями являются изометрические зерна магнетита размером от 10 до 30—40 микрон, близкими к однодоменному. Вторичный вязкий компонент этих пород незначителен.

Из рис. 1 следует, что  $I_n$  дубликата образца, находящегося в аналогичных условиях без нагрузки, не изменяется во времени. Между тем, циклическая нагрузка величиной всего 20 МПа приводит к значительному уменьшению  $I_n$ , достигающему 15—18%. Такие изменения базальтов в случае непрерывного роста нагрузки наблюдаются только при давлениях 500—800 МПа [1]. Поэтому эксперимент без нагрузки образца показывает, что образование вязкой остаточной намагниченности исследованных образцов со временем не будет влиять на ход зависимости остаточной намагниченности.



Полученный результат можно рассмотреть с двух позиций:

1) изменение естественной остаточной намагниченности непосредственно связано с наложением и снятием давления;

2) изменение намагниченности связано с временем выдержки образца под давлением.

Для уточнения этих предположений эксперименты были проведены также со временем выдержки 1 час (рис. 2).

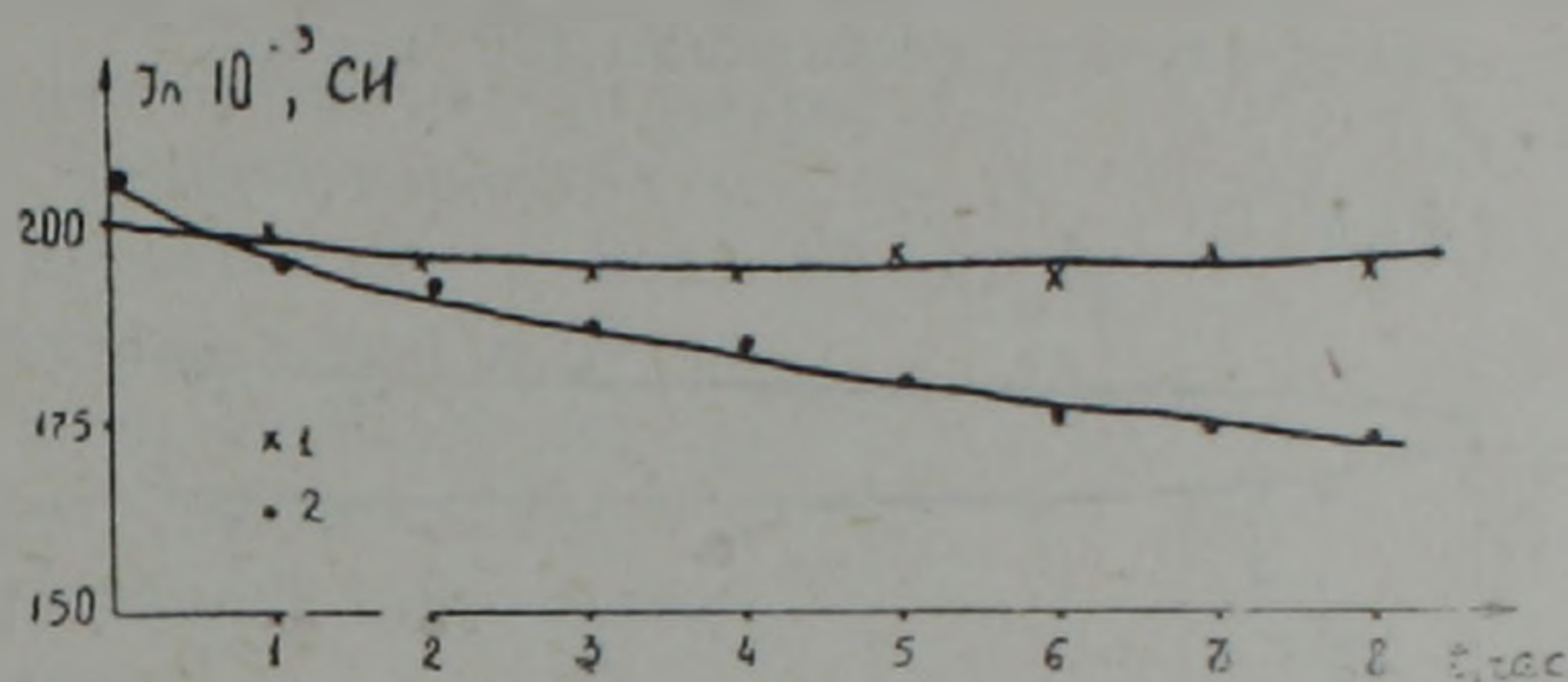


Рис. 2. Изменение естественной остаточной намагниченности без давления в течение 8 час. (1) и под действием одноосной циклической нагрузки  $P=20$  МПа (8 циклов) в течение 8 час. (2) (Нагрузка приложена по оси Z).

Как видно из графиков, без нагрузки существенных изменений намагниченности со временем не наблюдается. После циклической нагрузки с режимом 1 час с общей выдержкой 8 часов естественная остаточная намагниченность уменьшается снова на 13—18% по отношению к исходной величине. Сравнение этих результатов позволяет заключить, что в процесс изменения намагниченности основной вклад вносит циклическое наложение нагрузки, а не процесс выдержки под давлением. Эти результаты согласуются с выводами В. А. Шапиро и Н. А. Иванова [1, 8] о влиянии механических ударов на магнитные свойства пород.

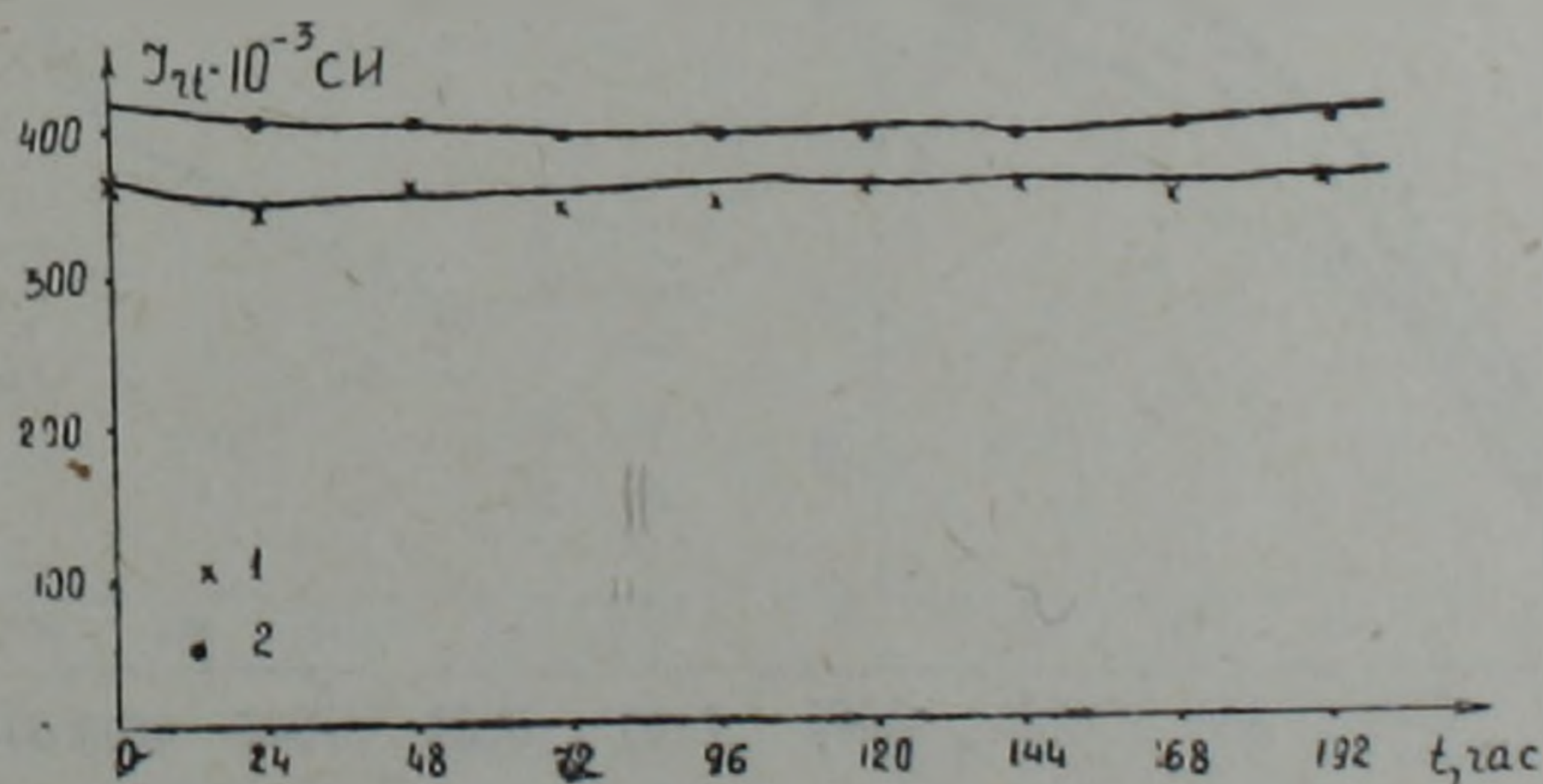


Рис. 3. Изменение термоостаточной намагниченности без давления (1) и под действием одноосной циклической нагрузки  $P=20$  МПа (8 циклов) в течение 192 час. (2). (Нагрузка приложена по оси Z).

На рис. 3 и 4 представлены зависимости изменения термоостаточной намагниченности базальта в аналогичных условиях. Термоостаточная намагниченность была создана в лабораторных условиях путем нагрева



образца до точки Кюри и последующего охлаждения до комнатной температуры в поле 40 А/м.

Для термоостаточной намагниченности существенных изменений как со временем, так и после циклической нагрузки не наблюдаются.

Результаты исследования влияния длительного воздействия  $P$  на ход кривых остаточной намагниченности нормального намагничивания  $J_r(H)$  коэрцитивные спектры  $\Delta I/\Delta H$  и разрушающие поля насыщения  $H'_{cs}$  приведены на рис. 4, 5, 6, 7. Время выдержки при одноосном давлении 20 МПа во всех случаях составляло 120 часов.

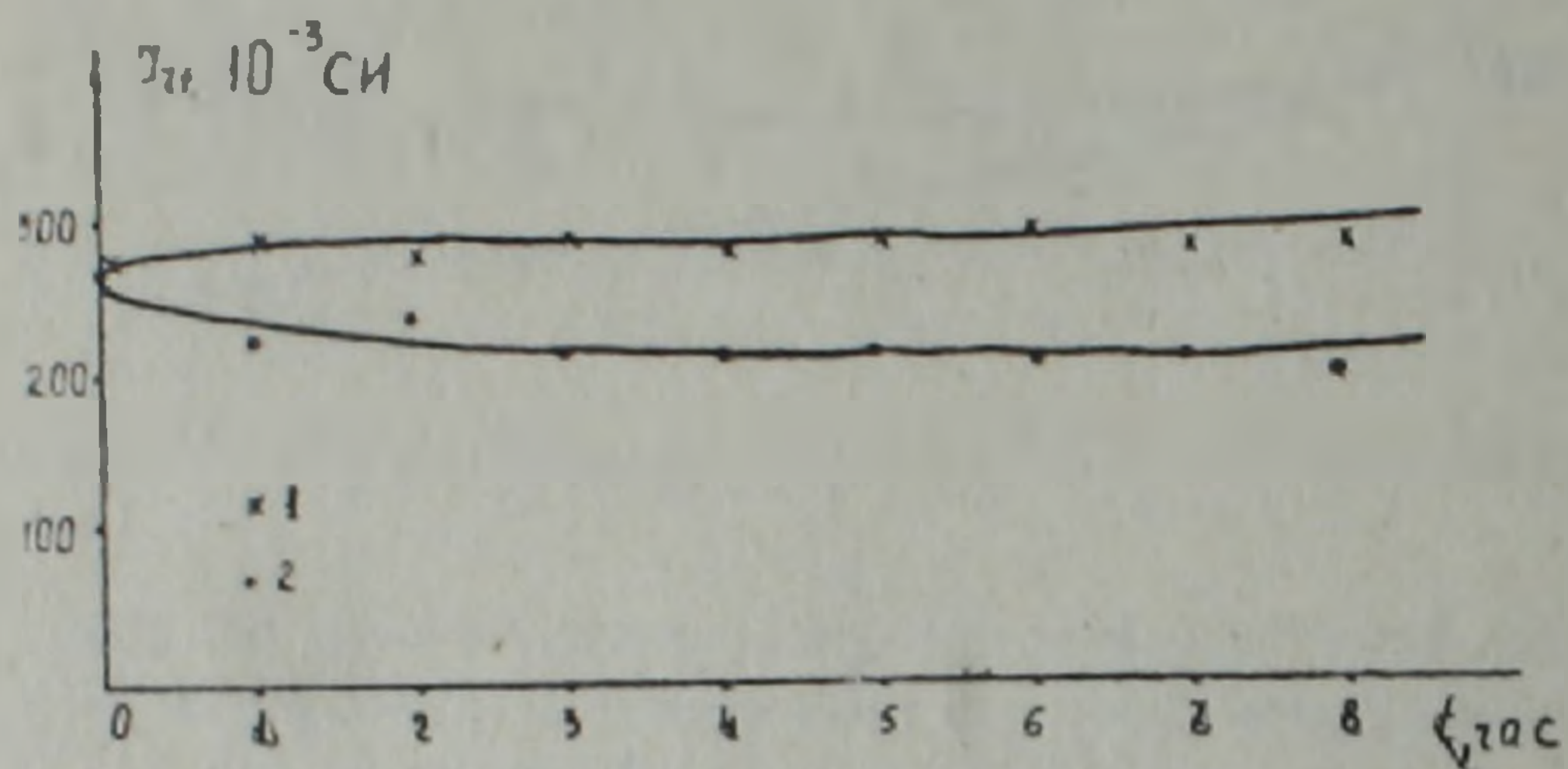


Рис. 4. Изменение термоостаточной намагниченности без давления (1) и под действием одноосной циклической нагрузки  $P=20$  МПа (8 циклов) в течение 8 час. (2). (Нагрузка приложена по оси Z).

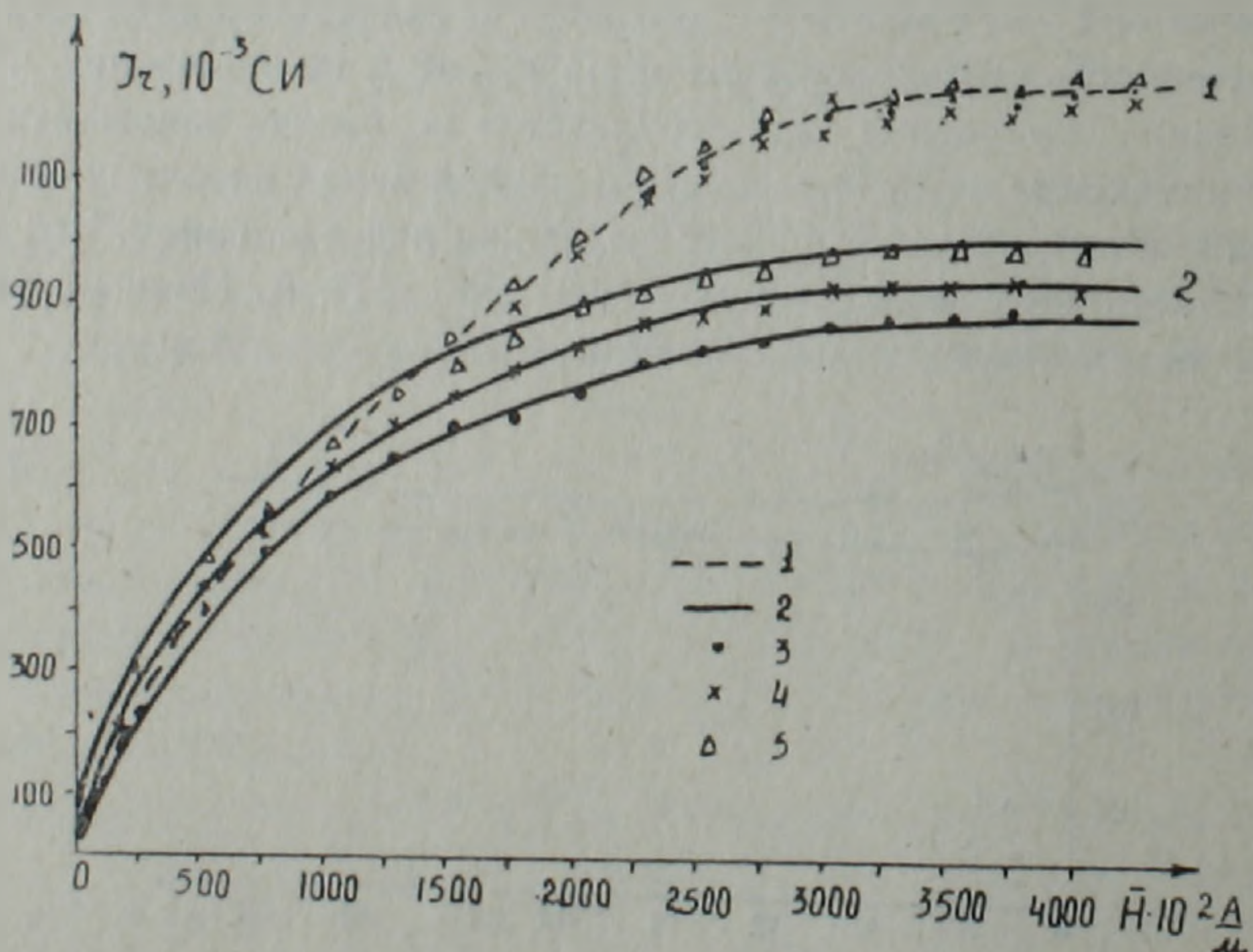


Рис. 5. Кривые остаточной намагниченности (1) и после выдержки (2) под давлением  $P=20$  МПа. 1--до выдержки; 2--после выдержки; 3--по оси X; 4--по оси Y; 5--по оси Z.

При расчетах коэрцитивных спектров по кривым нормального намагничивания— $J_r(H)$  была применена методика осреднения экспериментальных величин, известная как «пересчет со скользящими средними» [2].



Максимальное намагничивающее постоянное магнитное поле составляло  $15 \cdot 10^5$  А/м. До начала каждого измерения и после снятия кривых намагничивания образцы размагничивались переменным магнитным полем  $H = 64 \cdot 10$  А/м.

Кривые остаточной намагниченности нормального намагничивания  $J_r(H)$  до наложения длительной нагрузки показали, что образцы намагничиваются довольно трудно и насыщения достигают в полях от  $25 \cdot 10^4$  до  $3 \cdot 10^4$  А/м. В связи со слабой исходной анизотропией образца, расхождение намагниченности по разным осям не наблюдается. Величина разрушающих полей в образцах достигает от  $300 \cdot 10^2$  А/м до  $500 \cdot 10^2$  А/м, что свидетельствует о больших внутренних напряжениях исследуемых пород.

Характерные кривые  $J_r(H)$ ,  $\Delta J/\Delta H$  и  $H'_{cs}$  после выдержки образцов пород в течение 120 часов под одноосным напряжением приведены на рис. 5, 6, 7. Давление накладывалось параллельно оси Z.

Если в исходном состоянии наблюдалось незначительное расхож-

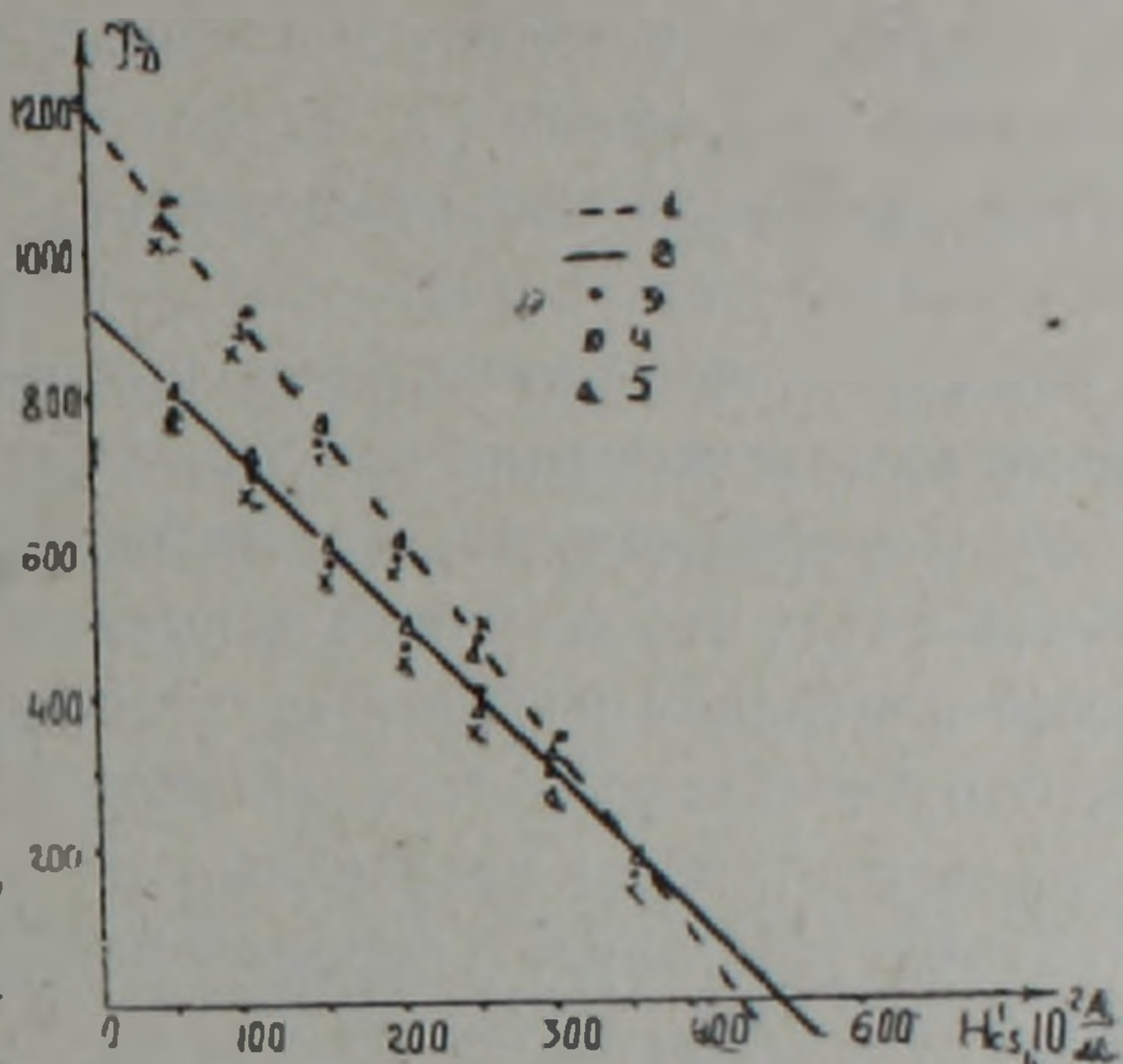


Рис. 6. Кривые разрушающего поля на насыщения до (1) и после (2) выдержки под давлением  $P = 20$  МПа. 1—до выдержки; 2—после выдержки; 3—по оси X; 4—по оси Y; 5—по оси Z.

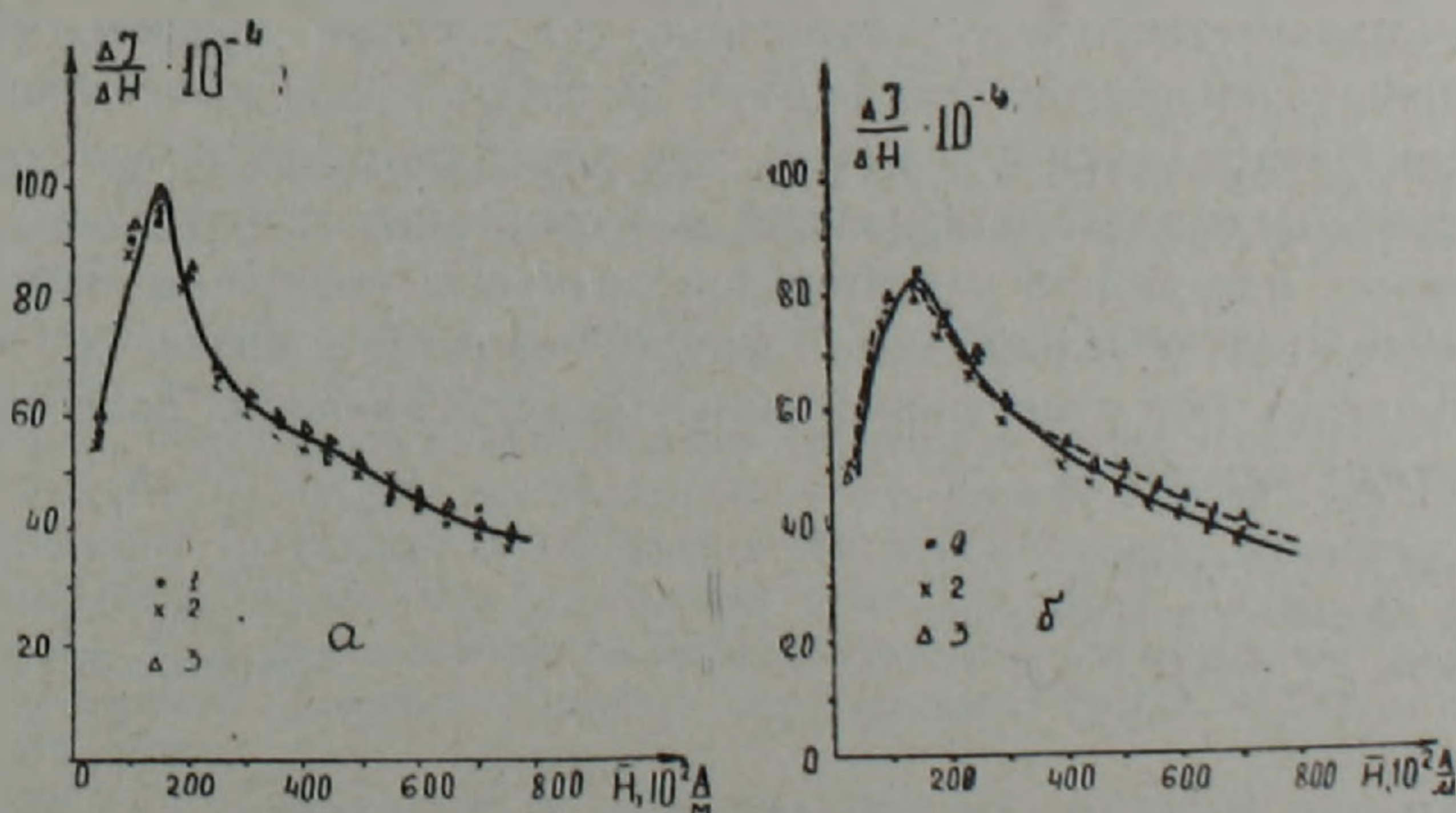


Рис. 7. Кривая коэрцитивного спектра до (а) и после выдержки (б) под давлением  $P = 20$  МПа. 1—по оси X; 2—по оси Y; 3—по оси Z.

дение кривых в направлении X, Y, Z, то после выдержки под давлением появляется наведенная нагрузкой анизотропия в направлениях намагничивания. Кривые идут ниже на 5—10% по отношению к исходной кривой (без выдержки). На кривых коэрцитивных спектров  $\Delta J/\Delta H$  наблюдается уменьшение амплитуды до 10%, но не наблюдалось смещение коэрцитивных спектров в сторону высоких или низких полей.



После выдержки под механическим напряжением разрушающее поле насыщения  $H'_{cs}$  меняется незначительно.

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что для образцов, содержащих магнетит при выдержке под давлением относительно большую роль в задержке смещения доменных границ играют потенциальные барьеры, обусловленные большими внутренними напряжениями, одним из источников которых являются дефекты кристаллической решетки-дислокации [3]. В результате выдержки горных пород под действием давления доменные границы могут закрепиться на дислокациях и намагниченность в результате этого может уменьшаться по сравнению с исходным состоянием, поскольку уменьшится число участвующих в процессе намагничивания доменов [6]. Полученные нами данные на магнетитосодержащих породах подтверждают также результаты [5], заключающиеся в том, что исходные напряжения являются определяющими в процессе изменения магнитных структурно-чувствительных параметров, хотя наведенная нагрузкой анизотропия в направлениях намагничивания появляется всегда независимо от состава ферромагнитных включений. Это свидетельствует о перераспределении внутренних напряжений в ферромагнитных включениях.

Известно, что влияние длительного воздействия на характер изменения магнито-структурочувствительных параметров зависит от состава ферромагнитной фракции [5]. Для базальтов Гарнийского полигона установленная закономерность определяется магнетитом, представленным изометрическими зёрнами размерами от 10 до 40 микрон.

Если наведенная нагрузкой анизотропия в направлениях намагничивания появляется всегда независимо от состава ферромагнитных включений, то появляется возможность выделить следы воздействия тектонических напряжений в участках, где предполагается некоторое распределение остаточных напряжений в исследуемых породах. В случае циклических нагрузок незначительной величины возможны изменения магнитного поля, обусловленные горными породами в пределах Гарнийского полигона. Эти изменения соизмеримы со значениями, полученными при высоких давлениях.

Ереванский госуниверситет,  
Институт геофизики и инженерной  
сейсмологии АН Арм.ССР

Поступила 5. VII. 1983.

Հ. Մ. ԱՎԶԱՆ, Վ. Վ. ՆԱԶԱՊԵՏՅԱՆ

ՑԻԿԼԱՅԻՆ ԲԵՌՆՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՃՆՇՄԱՆ ԵՐԿԱՐԱՏԵՎ ՆԵՐԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ  
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԱՌՆԻԻ ԳԵՈԴԻՆԱՄԻԿ ՓՈՐՁԱԴԱՇՏԻ  
ԲԱԶԱԼՏՆԵՐԻ ՄԱԳՆԵՏԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՎՐԱ

Ա Վ Փ Ո Փ Ն Ն

Հետազոտված է ցիկլային բեռնվածության և ճնշման երկարատև ներգործության ազդեցությունը Հայկական ՍՍՀ Գառնիի գեոդինամիկ փորձադաշտի



բազալտների մնացորդային մագնիսացվածության տարբեր տեսակների, կոէր-  
յիտիվ սպեկտրների և բայբայման դաշտի վրա: Հաստատված է, որ 20 ՄՊա  
հասնող ցիկլային բեռնվածությունները հանգեցնում են բնական մնացորդային  
մագնիսացվածության փոփոխմանը՝ 15—18 տոկոսի չափով, իսկ ապարների  
երկարատև պահելը բեռնվածության տակ բերում է մակածված անիզոտրոպիա-  
յի, հազեցման մագնիսացվածության նվազման և կոէրցիտիվ սպեկտրների  
ամպլիտուդաների փոքրացման:

H. M. AVCHIAN, V. V. NAHAPETIAN

## THE CYCLIC LOAD AND PRESSURE LONG-TERM COERCION INFLUENCE ON THE MAGNETIC PARAMETERS OF BASALTS OF THE ARMENIAN SSR GARNI GEODYNAMICAL PROVING GROUND

### Abstract

The cyclic load and pressure long-term coercion influence on diffe-  
rent types of residual magnetization, coercitive spectra and destructive  
field of basalts is investigated. The cyclic loads of 20 MPa are establi-  
shed to bring to the change of natural residual magnetization up to  
15—18%, and long-term loading of rocks leads to an induced anisotropy,  
decreasing of saturation magnetization and coercitive spectra amplitudes  
shortening.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авчян Г. М. Влияние всестороннего давления до 8000 кг/см<sup>2</sup> на различные виды оста-  
точной намагниченности горных пород. Известия АН СССР, Физика Земли, № 7,  
1967.
2. Белоконов В. Л., Кочегура В. В., Шолпо Л. Е. Методы палеомагнитных исследований  
горных пород. «Недра», Л., 1975.
3. Бернер К., Кронмюллер Г. Пластическая деформация монокристаллов. М., 1969.
4. Минасян Дж. О. Природа и стабильность естественной остаточной намагниченности  
некоторых эффузивных пород Армении. Материалы X съезда по вопросам «Глав-  
ного геомагнитного поля и проблемам палеомагнетизма». М., 1976.
5. Тогоидзе Д. А. О зависимости магнитных структурно-чувствительных параметров  
вулканических пород от выдержки под давлением. Сообщ. АН Груз. ССР, 85,  
№ 2, 1977.
6. Челидзе Т. Л., Челишвили М. Л. и др. Электрические и магнитные свойства горных  
пород при повышенных температурах и давлениях. Изд. «Мецниереба», Тбили-  
си, 1979.
7. Шапиро В. А. Динамическая остаточная намагниченность и сейсмомангнитный эффект  
остаточной намагниченности. Автореф. канд. дисс. М., 1966.
8. Шапиро В. А., Иванов Н. А. Параметры стабильности динамической намагниченности  
в сравнении с другими видами остаточной намагниченности. Известия АН СССР,  
Физика Земли, № 10, 1966.