

3. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М., Наука, 1977.
4. Пономарев А. В., Соболев Г. А. Изменение естественного электрического поля в условиях Кавказа и сопоставление его изменений с местными землетрясениями. Физика Земли, № 9, 1981.
5. Семенов А. С. Электроразведка методом естественного электрического поля. Л., Недра, 1968.
7. Свободный бюллетень сети сейсмических станций Кавказа за 1982 г. Изд. Мецниереба, Тбилиси.
8. Электромагнитные предвестники землетрясений. М., Наука, 1982.
9. Sobolev G. A. Application of electrec method to the Tentatloe Short-Term Forecast of Camchatka Eearthquaks Pageoph. Vol. 113, 1965 Basel.

УДК: 550.384(479.25)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. А. ВАРДАНЯН, Т. Б. НЕЧАЕВА, ДЖ. О. МИНАСЯН

ПРИРОДА ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ОСАДКОВ РАЗРЕЗА ИСААКЯН

Исследования, которым посвящена данная статья, представляют собой часть работ, объединенных общей целью—выяснить возможность изучения тонкой структуры геомагнитного поля на молодых осадочных породах озерно-аллювиальной толщи Ширакской котловины. Эта задача включает в себя два этапа: первый связан с определением природы естественной остаточной намагниченности (I_n), которая несет информацию о древнем геомагнитном поле только в том случае, если она первична, то есть сформирована одновременно с осадком; второй—с выявлением временных закономерностей в изменении геомагнитного поля с учетом всех существующих экспериментальных погрешностей. В предыдущих работах [1, 2] было показано, что намагниченность осадков разреза Лусахпюр (озерно-аллювиальные отложения плейстоцена) и разреза Норашен (озерные голоценовые осадки оз. Севан), по всей видимости, имеет ориентационное происхождение, то есть синхронна с осадкообразованием. Периодические изменения параметров $\vec{I}_n$ вдоль разреза, как показано в [1], очевидно, отражают вековые вариации геомагнитного поля—PSV.

В данной работе исследуется еще одна коллекция озерно-аллювиальных осадков Ширакской котловины с точки зрения решения первого этапа общей задачи—выяснения природы I_n . Для детального палеомагнитного изучения был выбран разрез осадочных отложений, расположенный в 300—400 м от с. Исаакян, в выемке автомобильного шоссе. Видимая его мощность 4,4 м, а литологическое строение их (снизу вверх) следующее:

	Глубина, м
1. Глина с ракушечником	4,35—4,23
2. Песок серого цвета с ракушечником	4,23—4,20
3. Песок серого цвета, мелкозернистый с ракушечником	4,20—4,17
4. Песок желтого цвета, среднезернистый с прослоем глины серого цвета	4,17—3,70
5. Песок желтого цвета, мелкозернистый	3,70—2,20
6. Песок серого цвета, крупнозернистый	2,20—1,60
7. Песок желтого цвета, мелкозернистый	1,60—1,20

8. Песок желтого цвета, уплотненный	1,20—1,10
9. Уплотненный желтоватый песок	1,10—0,80
10. Песок светло-серый тонкозернистый	0,80—0,00

Стратиграфические положения разреза следующие—по данным [3] он относится к анийскому горизонту, который соответствует бакинскому ярусу по каспийской схеме.

Для отбора ориентированных образцов делалась расчистка на глубину 0,5 м, чтобы достичь свежей, без следов выветривания породы.

Проводился непрерывный сверху вниз по разрезу отбор образцов на уровнях, располагавшихся через 3—3,5 см. С каждого уровня отбирались по 2—5 кубических образцов с ребром 2,4 см. Поскольку породы оказались очень рыхлыми, образцы пропитывались смесью силикатного клея с водой (в пропорции 1:1). Такая пропитка представляется оптимальной, т. к. при этом образец закрепляется по всему объему, не меняет своих магнитных свойств и, кроме того, силикат устойчив к нагреву, что существенно для дальнейших лабораторных исследований.

Первый этап лабораторной обработки коллекции заключался в определении величины и направления вектора остаточной намагниченности I_n , а также в оценке величины лабораторной магнитной вязкости образцов (при относительных значениях вязкости $\sim 50\%$ коллекция обычно бракуется). Значения I_n данной коллекции оказались в пределах $10—120 \cdot 10^{-6}$ СГС. Восприимчивость вдоль разреза меняется плавно, обнаруживая тенденцию уменьшаться с глубиной примерно в два раза—от $300 \cdot 10^{-6}$ СГС в верхних слоях до $150 \cdot 10^{-6}$ СГС в нижних. Имеются два участка повышенных значений χ , где наблюдается большой разброс. Сравнение изменений I_n и χ позволяет предположить, что разброс связан с изменением концентрации ферромагнитных минералов, а не со сменой ферромагнетика. Это находит подтверждение в исключительной однородности литологических характеристик разреза.

Об однородности состава свидетельствуют и результаты микроскопического исследования прозрачно-полированных шлифов, изготовленных из 4 образцов, взятых из разных частей разреза. Все образцы представляют собой пески довольно хорошей сортировки с большим количеством стекла и темноцветных со следами слабых изменений в самой породе и довольно слабой пигментацией. Наблюдаемая картина соответствует предположению об осаждении размытых вулканогенных пород в спокойном бассейне с последующим быстрым захоронением осадка.

Характеристики рудного элемента изученных образцов представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, рудный элемент представлен в основном магнетитом, титаномагнетитом и гематитом обломочной формы, которые равномерно распределены в осадке.

Таким образом, мы вправе считать, что основные ферромагнетики имеют аллотигенное происхождение, хотя в шлифах наблюдается некоторое количество аутигенного гематита и гидроокислов.

Из изложенного напрашивается предварительный вывод о том, что остаточная намагниченность образцов первична, то есть синхронна образованию осадка, если она связана с магнетитом и гематитом.

Чтобы проверить последнее предположение, а также получить независимые данные о ферромагнитной фракции образцов, были предприняты лабораторные магнито-минералогические исследования коллекции.

Для выборки из 11 образцов, взятых равномерно вдоль разреза,

были получены кривые дифференциального термомагнитного анализа (ДТМА), выполненного в палеомагнитной лаборатории Казанского государственного университета по методике [4].

На рис. 1 представлены кривые скорости изменения индуктивной намагниченности в поле $H=1500$ э с температурой (первый и второй нагрев). По характеру кривых образцы разбились на 2 группы, внутри каждой из которых кривые подобны и отличаются лишь интенсивностью пиков. На рис. 1а показаны кривые dI_i/dT для типичного представителя 1-ой группы—обр. 70—5. На кривой первого нагрева отчетливо виден пик в области температур $\sim 320^\circ\text{C}$, и затем кривая плавно падает к 600° . Кривая вторичного нагрева имеет «корытообразную» форму с резким спадом к $T \sim 530^\circ$. Наблюдаемая картина может соответствовать следующим процессам: 1) в породе содержался титаномagnetит, неустойчивый к нагреву, который распался в области $T \sim 320—360^\circ$, с образованием магнетита с $T_c \sim 520—540^\circ$ (т. е. с небольшой примесью титана, которая отчетливо видна на кривой повторного нагрева); 2) аналогичный процесс перехода титаномagгемит-маггемит; 3) распад какого-либо сульфида (например, пирротина) с точкой Кюри 320° при нагреве до 700°C с образованием магнетита или маггемита.

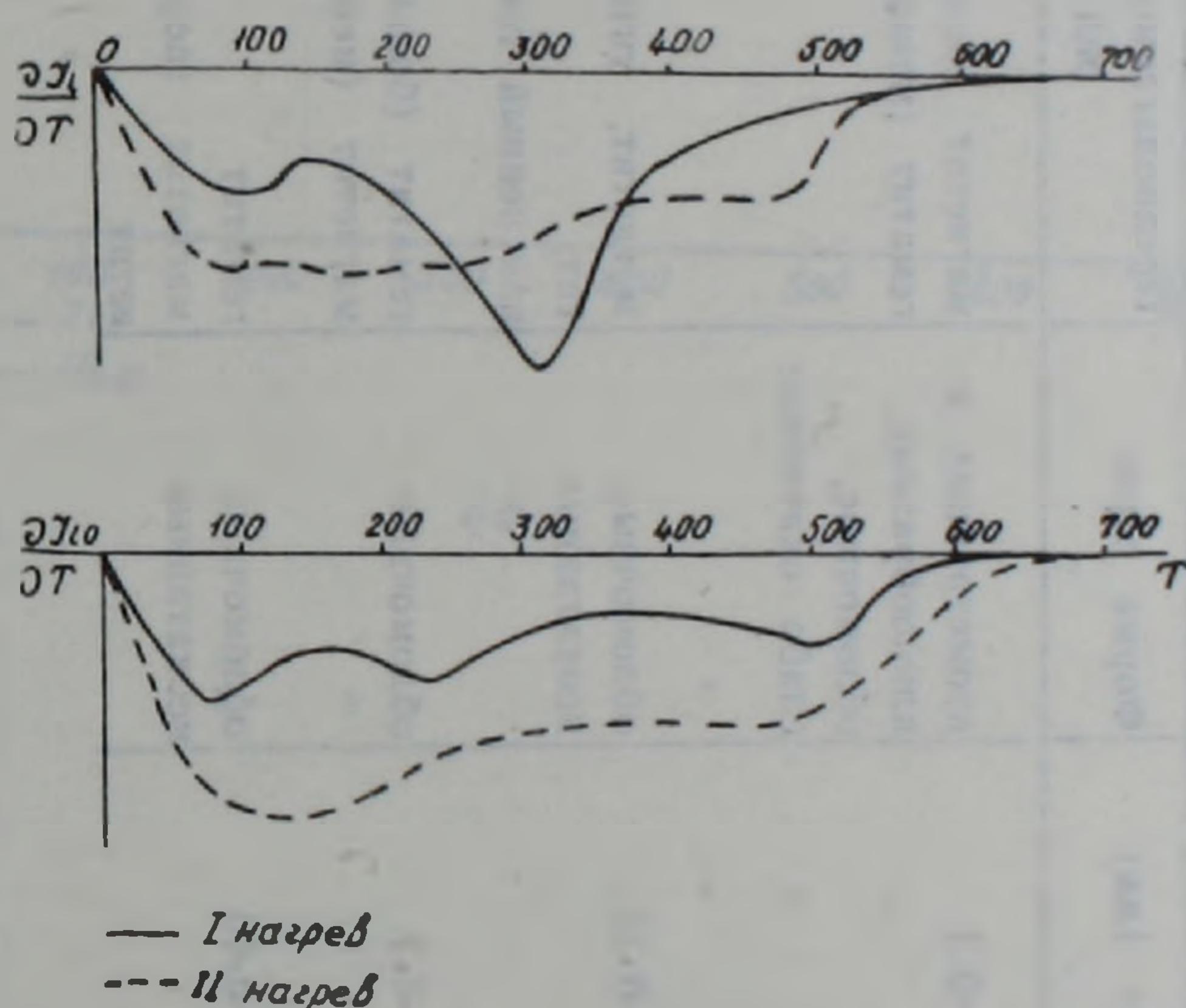


Рис. 1. Типичные кривые дифференциального термомагнитного анализа (dI_i/dT) для верхней (а) и нижней (б) частей разреза.

—— первичный нагрев а) 70—5
 --- вторичный нагрев б) 138—1

Кривые ДТМА больше похожи на те, которые должны наблюдаться при распаде титаномagnetита. При распаде же титаномagгемита следует ожидать появления чистого магнетита с T_c , близкой к 585°C . то же самое было бы и в случае распада пирротина. Если сопоставить полученную картину с данными оптических наблюдений, то первый вариант и здесь оказывается предпочтительным.

На рис. 1 б представлены дифференциальные термомагнитные кривые dI_i/dT (первый и второй нагрев) для образца 138-1—типичного представителя 2-ой группы, анализ которых четко указывает на присутствие магнетита с T_c около 575°C . Небольшой пик в области $T \sim 200^\circ$ связан с разрушением небольшого количества маггемита.

Разрушающее поле насыщения— H'_{cs} —изменяется в пределах

Таблица 1

Характеристики рудного элемента осадков разреза Исаакян

№ № обр.	Содержание, %	Размер зерна (мм)	Форма зерен	Предполагаемый мине- рал	Распределение	Примечание
43—5	2—3	0,01—0,1	изометричные и клинообразные, обломочные, слабо окатанные	магнетит (больше) гематит (меньше)	равномерное	Наблюдаются выделе- ния аутигенного гемати- та и гидроокислов, как самостоятельных, так и по биотиту
97—6	3—4	0,05—0,15	обломочные, неокатанные	магнетит, титаномагне- тит, измененный гематит	равномерное	Наблюдаются аутиген- ный гематит и гидро- окислы
127—5	2—3	0,05—0,1	обломочные	гематит (больше) магнетит (меньше)	равномерное	
147—3	2	0,01—0,05	обломочные неокатанные	гематит магнетит (поровну), гетит	равномерное	Наблюдаются аутиген- ный гематит и гидро- окислы

550—850 э. Вообще говоря, такая высокая жесткость не характерна для магнетитового ряда и объясняется скорее всего присутствием гематита и гидроокислов, которые видны в шлифах, но не проявляются на термомагнитных кривых на фоне преобладающего магнетита.

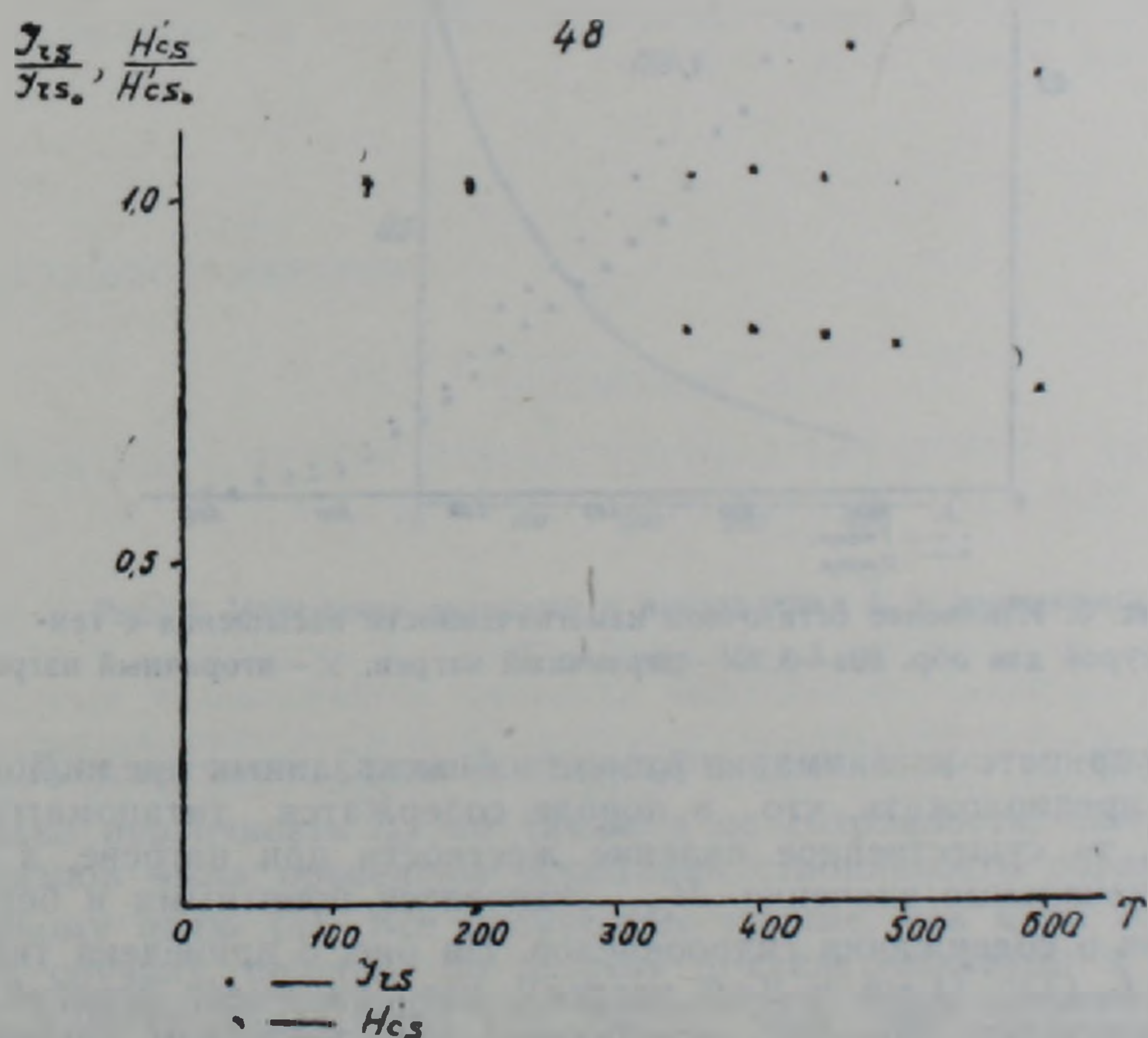
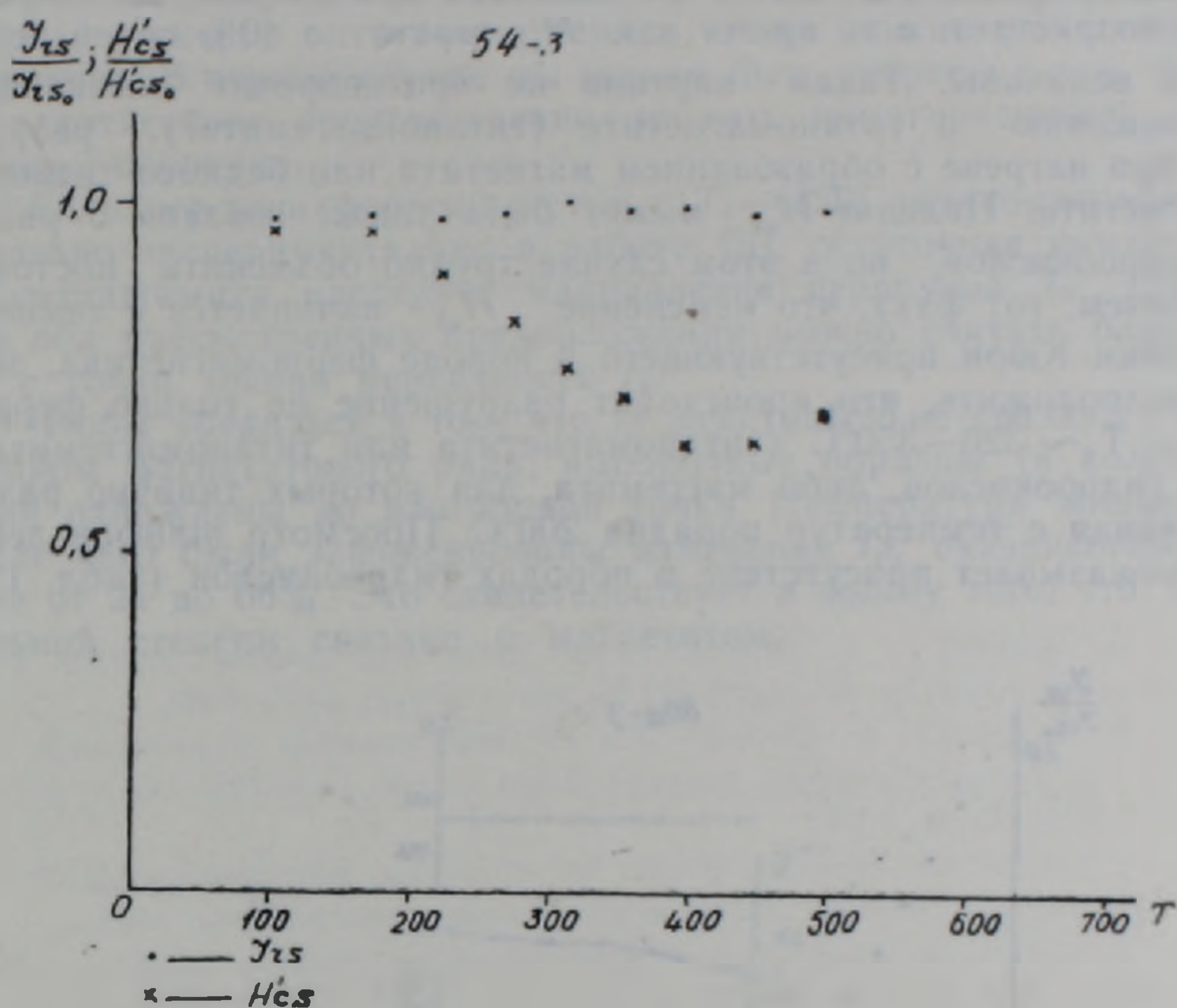


Рис. 2. Изменение параметров насыщения (I_{rs} и H'_{cs}) с температурой

а) обр. 54—3 б) обр. 48

$\bullet$ — I_{rs} $\times$ — H'_{cs}

Для 11 образцов из разреза была получена температурная зависимость параметров насыщения (намагниченности насыщения I_{rs} и H'_{cs}). Типичные кривые для 2-х образцов приведены на рис. 2. Как видно из графика, I_{rs} почти не меняется при нагреве до 700°C , или слегка возрастает, в то время как H'_{cs} теряет до 40% своей первоначальной величины. Такая картина не противоречит высказанному предположению о титаномagnetите (титаномagгемите?), разрушающемся при нагреве с образованием магнетита или бедного титаном титаномagnetита. Падение H'_{cs} может быть также связано с разрушением гидроокислов, но в этом случае трудно объяснить постоянство I_{rs} . Впрочем, тот факт, что изменение H'_{cs} начинается с температур ниже точки Кюри присутствующего в породе ферромагнетика, заставляет предположить, что происходит разрушение не только ферромагнетика с $T_c \sim 320\text{—}350^\circ\text{C}$ (титаномagnetита или титаномagгемита), но и либо гидроокислов, либо маггемита, для которых типично разрушение, начиная с температур порядка 200°C . Просмотр шлифов действительно показывает присутствие в породах гидроокислов (табл. 1).

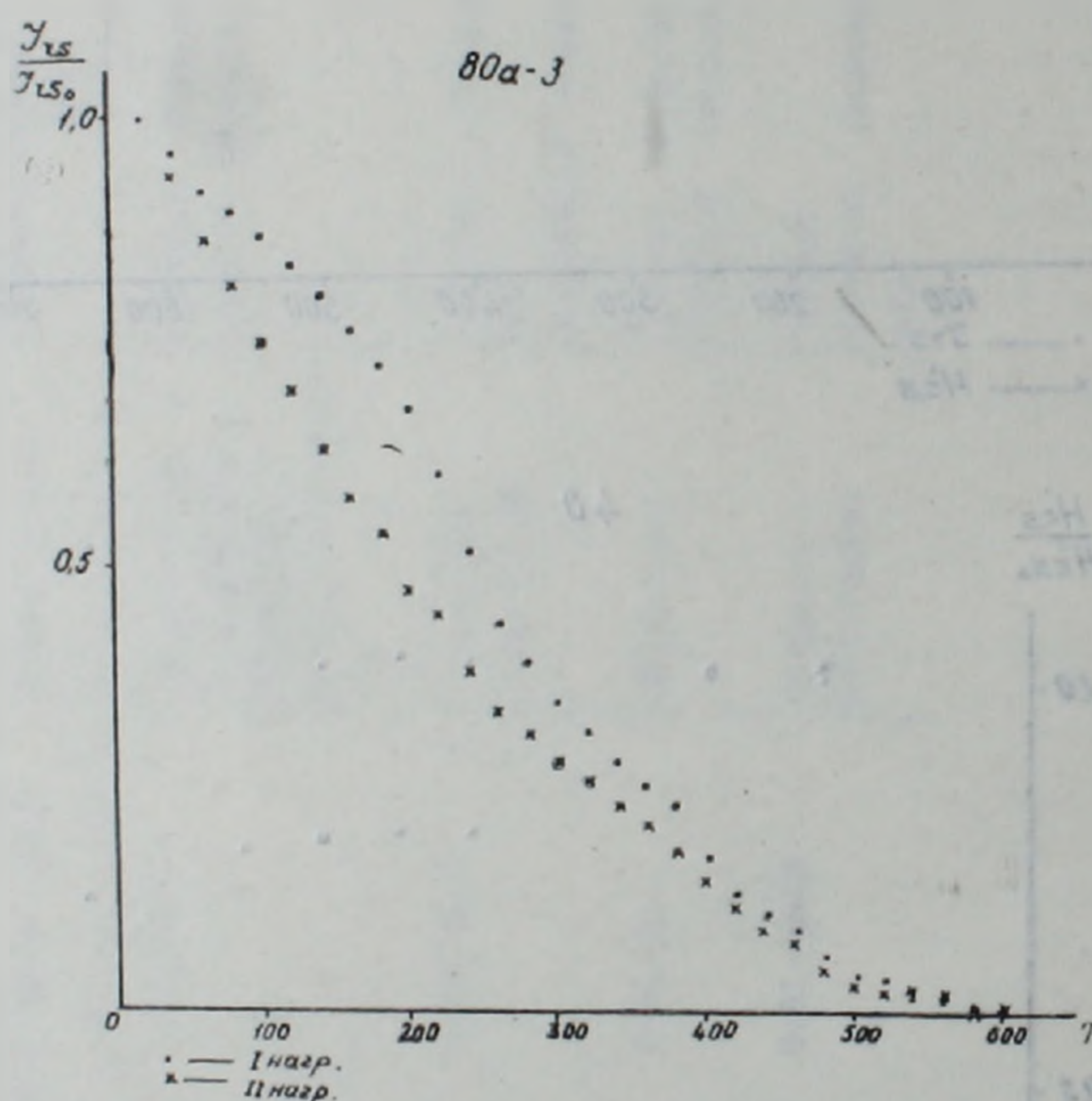


Рис. 3. Изменение остаточной намагниченности насыщения с температурой для обр. 80a—3, $\cdot$ — первичный нагрев, $\times$ — вторичный нагрев

Если принять во внимание второе из высказанных предположений, то есть предположить, что в породе содержатся титаномagгемит с $T_c \sim 300^\circ$, то существенное падение жесткости при нагреве, а также высокие начальные значения H'_{cs} становятся понятными и без предположения о содержании гидроокислов. На рис. 3 приведена типичная кривая $I_{rs}(T)$ (1-ый и 2-ой нагрев), которая имеет перегиб в области температур $250\text{—}300^\circ$, исчезающий при повторном нагреве, что также свидетельствует в пользу предположения о ферромагнетике с $T_c \sim 300^\circ\text{C}$. Однако эта кривая позволяет сделать важный вывод о том, что в породе присутствует магнетит, причем в количестве не меньшем, чем титаномagnetит. Вогнутость кривой $I_{rs}(T)$ в области высоких

температур свидетельствует о наличии мелких зерен магнетита, достигающих по малости размеров до области суперпарамагнитных.

Итак, по всем имеющимся данным, основными ферромагнетиками в изучаемых породах можно считать титаномagnetит и магнетит, хотя и предположение о титаномagnetите также можно рассматривать как вероятное. В первом случае мы можем быть уверены в том, что он имеет аллотигенное происхождение, то есть намагниченность, связанная с ним, первична.

Если все-таки ферромагнетик с $T_c \sim 320^\circ$ титаномagnetит, то, как показано экспериментально в работе [5], остаточная намагниченность титаномagnetита наследует направление первичной I_n . Таким образом оба рассмотренных предположения можно считать благополучными с точки зрения первичности I_n .

Чтобы убедиться в том, что I_n действительно связана с ферромагнетиком магнетитового ряда, выборочные образцы (в количестве 20) были охлаждены до изотропной точки (температура жидкого азота), после чего были зафиксированы изменения I_n , оказавшиеся в диапазоне от 24 до 66%. Это свидетельствует в пользу того, что I_n в значительной степени связано с магнетитом.

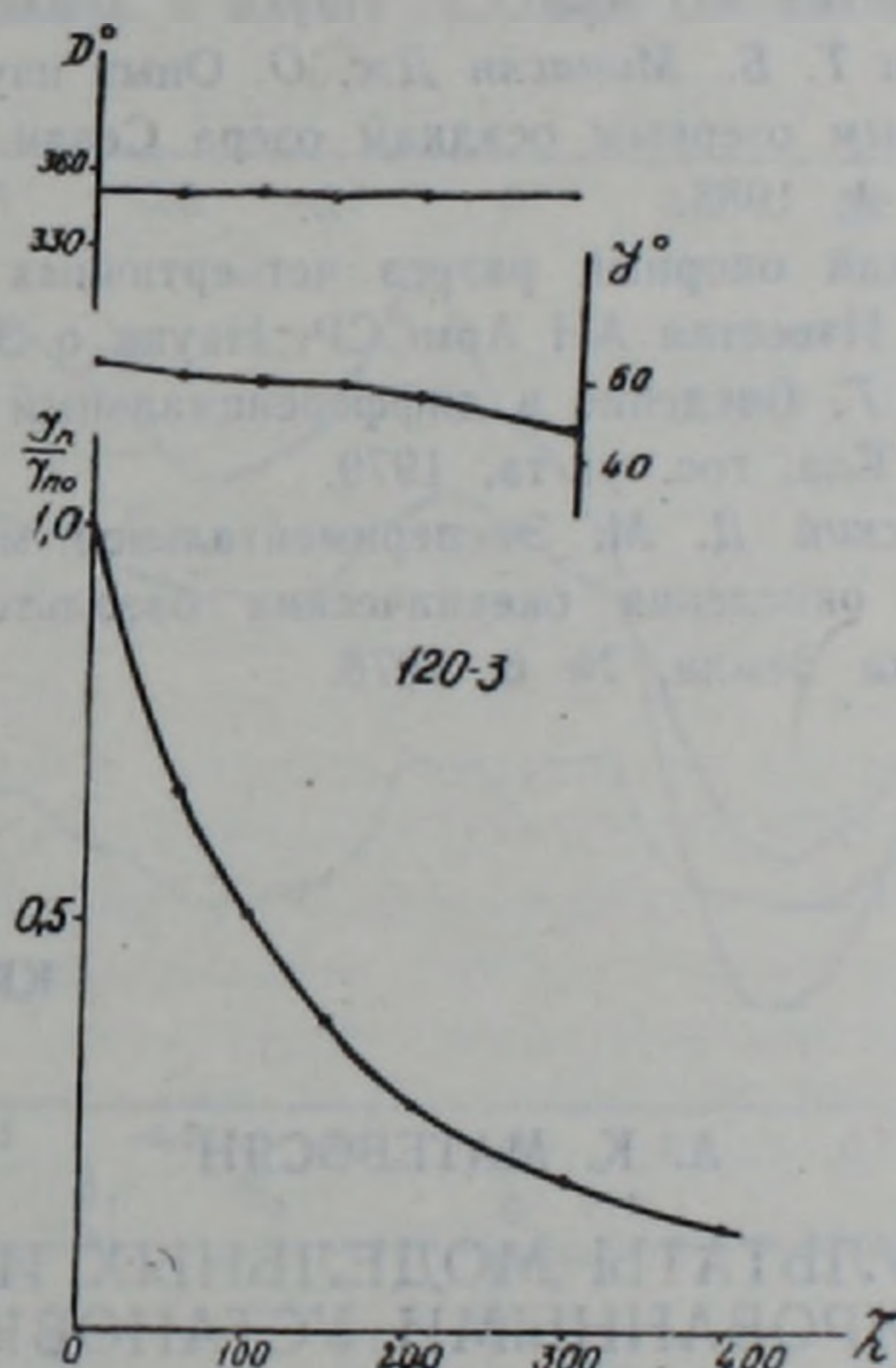


Рис. 4. Изменение величины и направления $\vec{I}_n$ в переменном поле $\tilde{h}$ для обр. 120—3

Для изучения тонкой структуры геомагнитного поля важна не только первичность I_n , но также и ее сохранность. Поэтому для 20 образцов были проведены испытания стабильности образцов к переменному полю ($\tilde{h}$). Все полученные кривые, как и во всех предыдущих случаях, подобны по разрезу и свидетельствуют в пользу того, что в полях до 300—400 э I_n теряет $>70\%$ своей величины, а направление вектора $\vec{I}_n$ (D^0 и J^0) при этом практически не меняется (типичная кривая приведена на рис. 4). Это свидетельствует в пользу того, что I_n стабильна, и ее носителем является мягкий ферромагнетик.

Итак, результаты оптических и лабораторных исследований приводят нас к выводу о том, что естественная остаточная намагниченность осадков разреза Исаакян первична, то есть синхронна процессу осадкообразования. Это обстоятельство, а также высокая однородность литологических и магнитных свойств вдоль разреза делают этот объект подходящим для изучения закономерности временных изменений геомагнитного поля.

В заключение авторы выражают глубокую признательность Г. Н. Петровой, В. М. Трубихину, Н. Якубовской, Ю. В. Саядян и сотрудникам лаборатории Казанского университета за консультации, ценные советы и за помощь при проведении лабораторных исследований.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 19. I. 1984.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варданян А. А., Нечаева Т. Б., Петрова Г. Н. Магнитные свойства осадков разреза Лусахпюр. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, № 1, 1983.
2. Варданян А. А., Нечаева Т. Б., Минасян Дж. О. Опыт изучения палеовековых вариаций по голоценовым озерным осадкам озера Севан. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, № 4, 1983.
3. Саядян Ю. В. Ширакский опорный разрез четвертичных континентальных отложений в Закавказье. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, № 3, 1969.
4. Буров Б. В., Ясонов П. Г. Введение в дифференциальный термомагнитный анализ горных пород. Изд. Каз. гос. ун-та, 1979.
5. Назарова Е. А., Печерский Д. М. Экспериментальное моделирование процессов низкотемпературного окисления океанических базальтов при инверсиях магнитного поля. Физика Земли, № 6, 1978.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 550.837

А. К. МАТЕВОСЯН

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКРАНИРОВАННЫМИ УСТАНОВКАМИ

Теоретические исследования характера и особенностей кривых, полученных при наблюдениях экранированными установками, нуждаются в экспериментальной проверке основных положений и выводов в первую очередь в лабораторных условиях [2, 3, 4]. Кроме подтверждения правильности теоретических положений, экспериментальные исследования позволяют производить сравнительные оценки параметров электрического поля, полученных различными установками, при изучении более близких к реальным условий и важных для практики геоэлектрических разрезов, не поддающихся математическим расчетам. С этой целью проводились объемное моделирование в электролитическом баке и двухмерное моделирование на электропроводной бумаге.

Объемное моделирование над моделью, изготовленной из двух винипластовых труб, имитирующих непроводящие цилиндрические тела ($\rho_2 = \infty$) бесконечного простира-
60