Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, № 5, 72—79, 1979

УДК 550.383(479.25)

С. Р. ОГАНЕСЯН, А. Н. ПУШКОВ, А. Х. БАГРАМЯН, Э. Г. ГЕОДАКЯН

О ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩА «АЗАТ»

На территории искусственного водохранилища «Азат» выявлена локальная магнитная аномалия, которая связана с накоплением механических напряжений, возникающих после нагрузки водой.

В связи с инженерной деятельностью человека изучение проблемы возникновения землетрясения при заполнении крупных водохранилищ стало особенно важным, так как увеличилось число случаев явлений возбужденной сейсмичности данного района [2,3]. Процессы, происходящие на территории водохранилищ, можно изучать в лабораторных и натурных условиях. Последние дают возможность моделировать подготовку очага землетрясений. При лабораторном моделировании не всегда можно получить истинную картину накопления механических напряжений. Большим недостатком лабораторного моделирования является идеализация условий опыта, что не всегда может соответствовать природным процессам. Поэтому роль натурных моделирований неоценима. Помимо взрыва существуют еще два варианта натурного моделирования. При первом варианте, производя накачку газа или жидкости в скважину, мы создаем в горных породах дополнительное искусственное давление. Второй вариант—создание дополнительного давления на горные породы при накоплении воды в водохранилищах. Если иметь в виду, что намечается строительство 16 водохранилищ на территории Армении, то становится ясным перспектива моделирования магнитных процессов при накоплении упругих напряжений в земной коре на этой территории.

До настоящего времени такие эксперименты производились всего два раза. Первый—эксперимент Стейси и Девиса [4] на водохранилище Толбинго. Во время этого эксперимента получены изменения поля, достигавшие 8 *гамм* близ глубинной части (120 *м*) чаши водохранилища. Намагниченность горных пород 10^{-4} —10^{-3} СГСМ, чувствительность прибора 0.4 *гамм* и цена деления 1.7 *гамм*.

Второй опыт проведен в Советском Союзе, на Червакском водохранилище близ города Ташкента. Полученная аномалия за счет дополнительной нагрузки достигала 14 *гамм* [1].

Авторы этих экспериментов предполагают, что физической основой изменений поля является пьезомагнитный эффект горных пород. Вертикальное давление водяного столба изменяет намагниченность горных пород.

В Армении на реке Азат построено Азатское водохранилище. До начала постройки нами были заложены два маршрута, которые непосредственно пересекают территорию водохранилища (рис. 1).

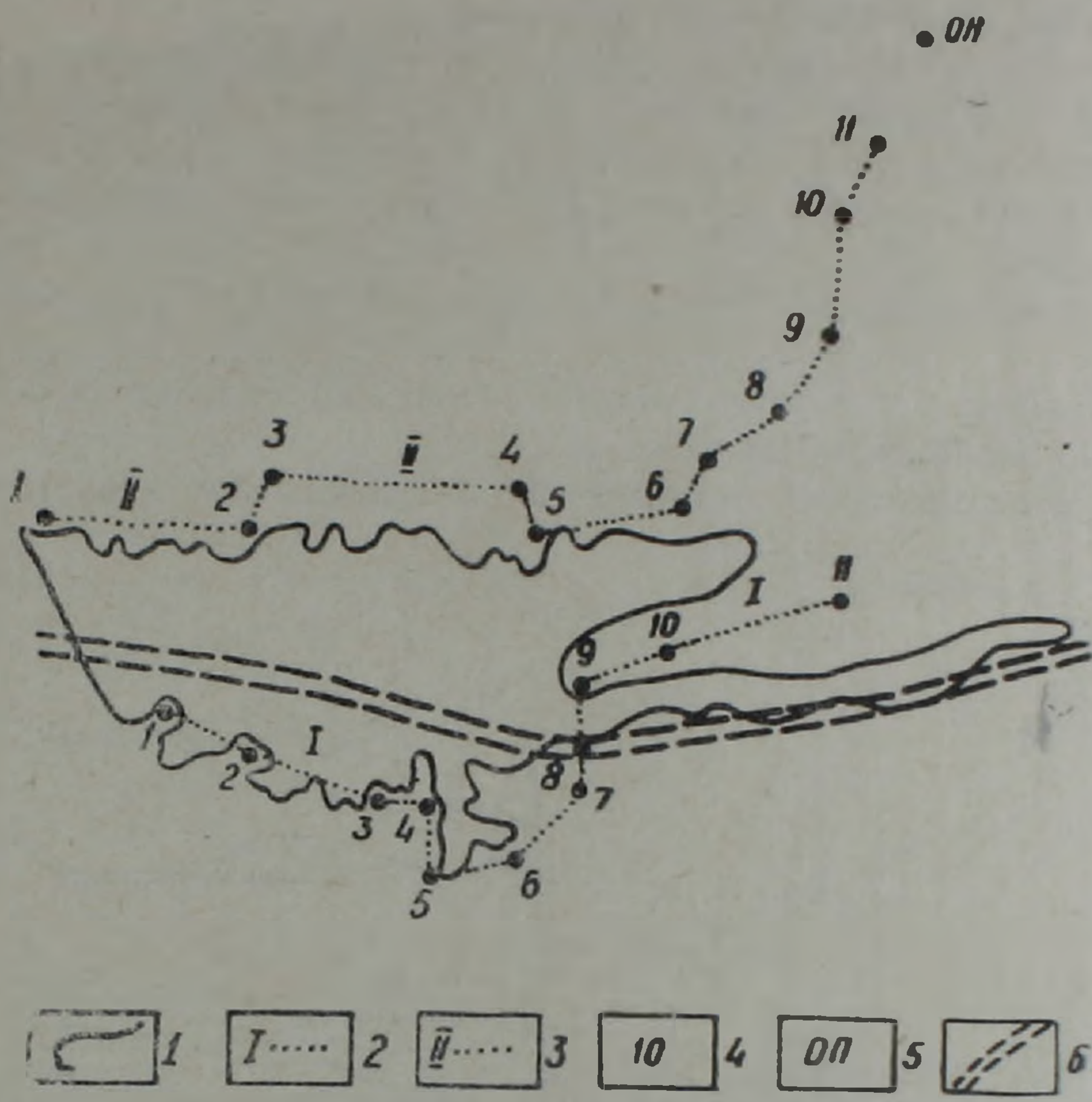


Рис. 1. 1—Контур водохранилища «Азат»; 2 и 3—маршруты магнитных съемок; 4——номера пунктов измерений; 5—опорный пункт полигона, тектоническое нарушение.

Со дна водохранилища были взяты образцы керна с глубин до 20 *м*. Испытание намагниченности и магнитной воспримчивости этих образцов под давлением до 800 *кг/см*^{2} показали, что изменения намагниченности у песчаников эоценового возраста начинаются от 20 *кг/см*^{2}, у известняков только от 200 *кг/см*^{2}. У этих пород изменения начальной магнитной воспримчивости составляют от 1 до 10 процентов. Это естественно, потому что $J_n = 5 \cdot 10^{-5}$ СГСМ, а $H_0 = 3 \cdot 10^{-6}$ СГСМ.

В северо-восточной части водохранилища находится Аждаак-Сарисурбский лавовый поток, который представлен базальтами, андезито-базальтами четвертичного возраста, у которых изменения намагниченности должны быть существенно большими. У этих базальтов $J_n = 5 \cdot 10^{-2}$. СГСМ. Так как вдоль водохранилища проходит зона глубинного разлома, то предполагалось возможным получить локальную аномалию и за счет активизации разлома после нагрузки.

Первый маршрут начинается у плотины, переходит на правый берег через азатскую свиту (известняки, песчаники), выходит на четвертич-

ные базальты и удаляется от водохранилища на 1,5 *км*. Второй маршрут начинается у плотины, проходит над породами эоценового возраста (песчаники, глины) и доходит до опорного пункта полигона, который находится на расстоянии 3,5 *км* от полигона в спокойном малоградиентном поле. Общее число пунктов составляет 22.

Все измерения производились абсолютным магнитометром РМР—2А с точностью единичного отсчета 0,5 *гамм*. Среднеквадратичная ошибка абсолютных измерений не превышает 0,5—1,0 *гамм*, за исключением нескольких пунктов, на которых она иногда достигает 1,5—2,0 *гамм*.

Всего произведено 13 циклов измерений, которые показали следующее.

На графиках первых трех циклов (рис. 2,3) выделяются ложные локальные аномалии в несколько *гамм*, которые, по всей вероятности, связаны со строительной техникой. После завершения строительства

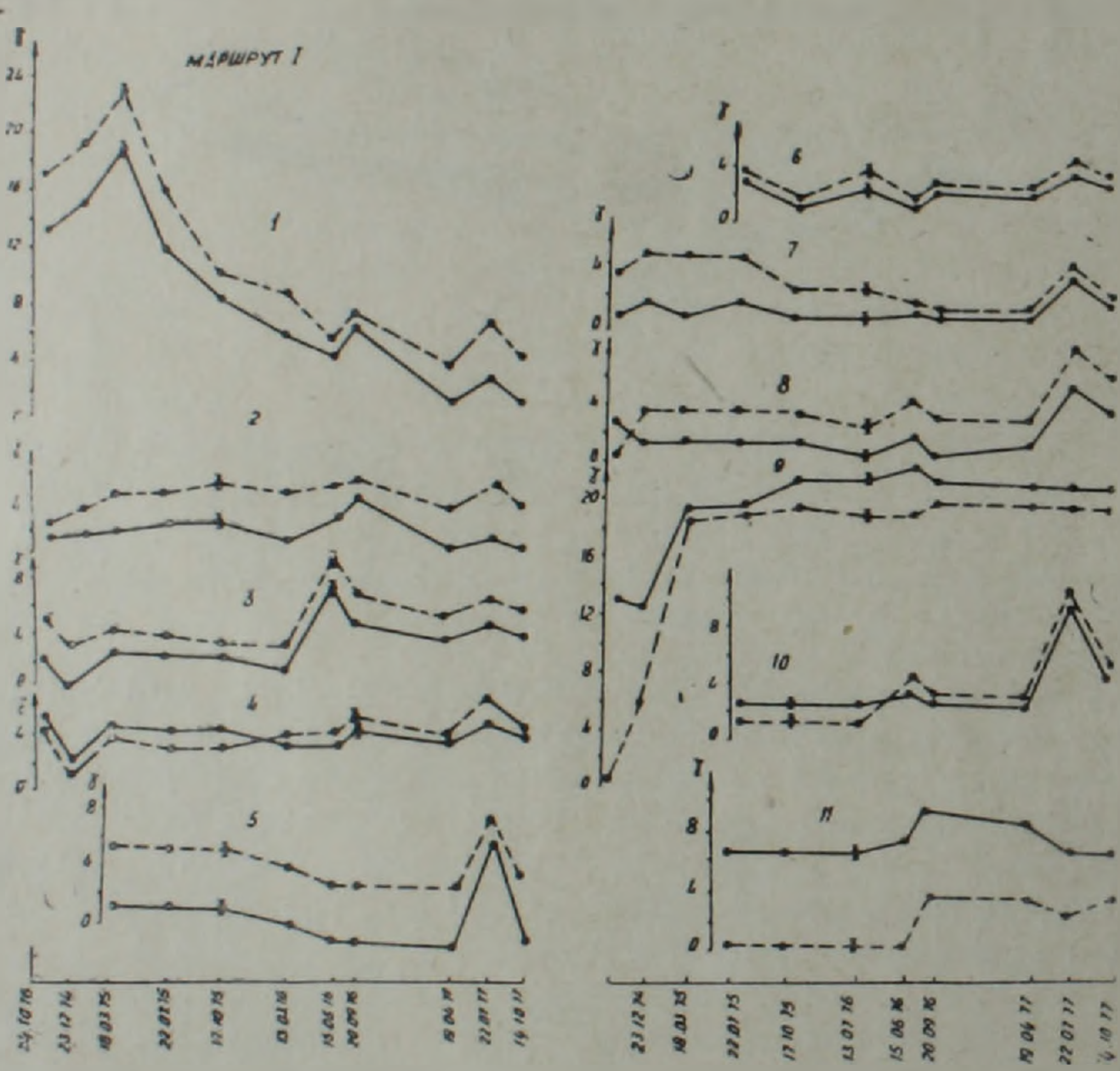
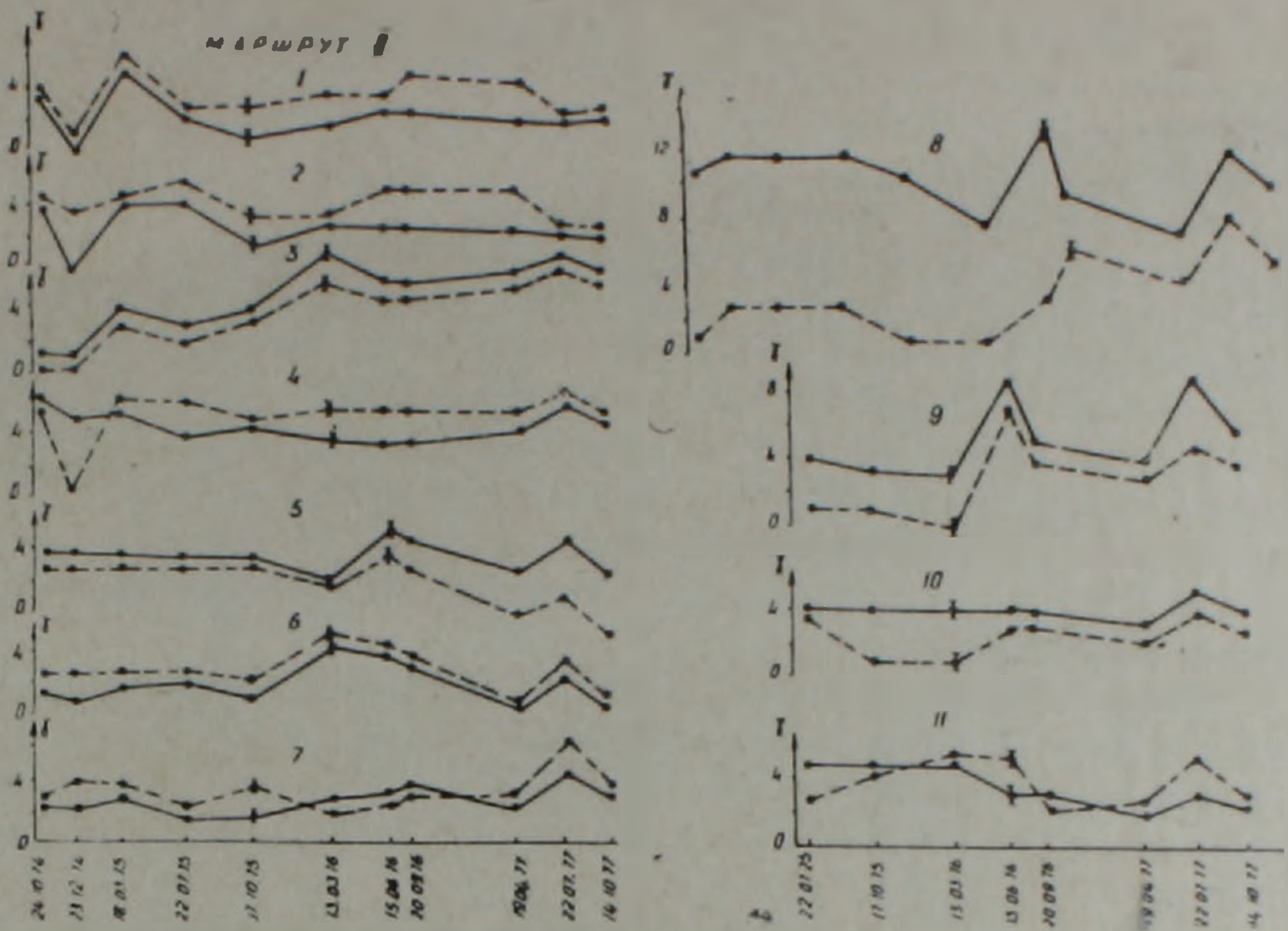
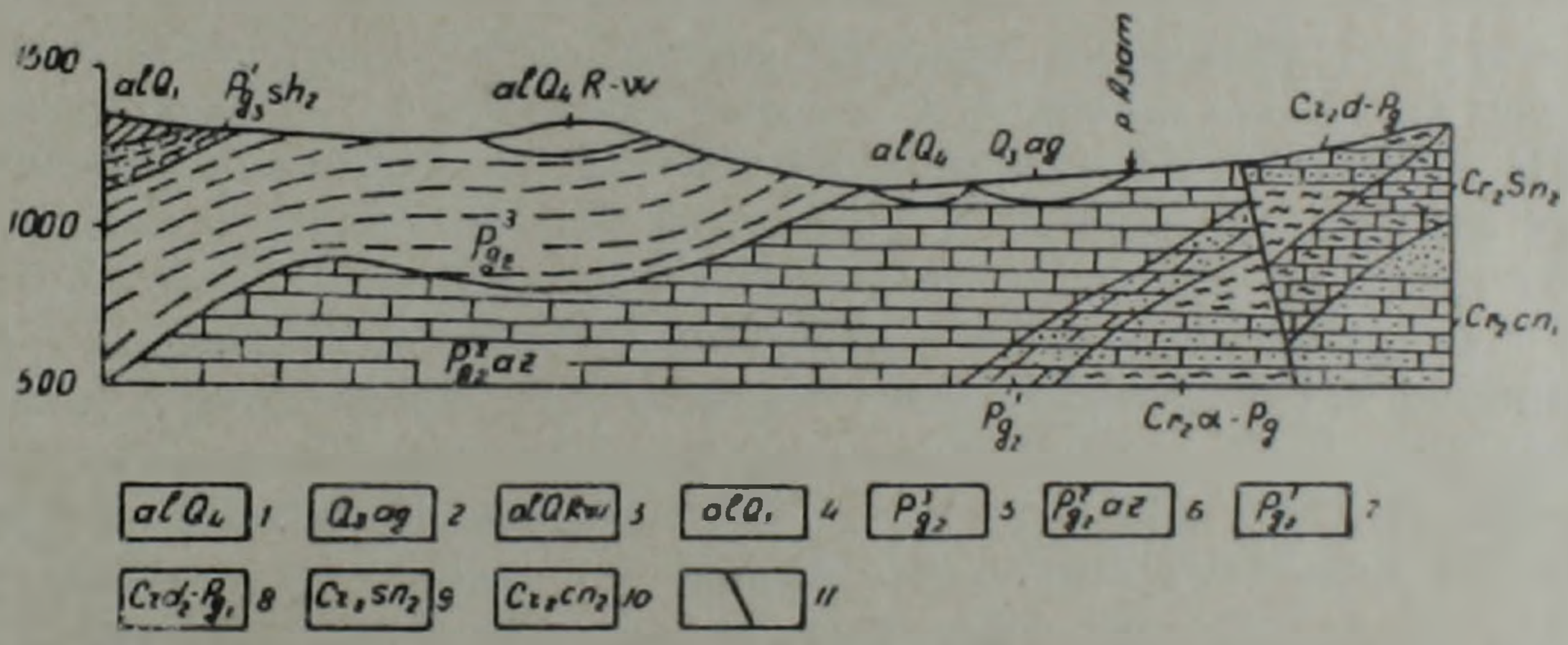


Рис. 2 и 3. Жирная линия—изменения геомагнитного поля на уровне 0,7 *м* от поверхности Земли. Пунктирная линия—изменения геомагнитного поля на уровне 1,5 *м* от поверхности Земли.

общий фон поля успокоился и значительный ход в поле не замечается, кроме нормального годового хода в пределах 2—3 *гамм*. Исключение составляют пункты 1 и 9 на первом маршруте. Возле первого пункта





alQ₄ 1 | Q₃ag 2 | alQRw 3 | alQ₁ 4 | P₃¹ 5 | P₃², az 6 | P₃¹ 7

K₂d-P₃ 8 | Cr₂Sn₂ 9 | Cr₂cn₂ 10 | 11

Рис. 4. 1—Современные отложения, аллювиальные галечники, гравии, пески, суглинки и глины; 2—Ажлаак-Сарисурбская лавовая толща, базальты, андезито-базальты; 5—Рисс-вюрм. аллювиальные отложения, терраса 110—120 м; 4—Нижнечетвертичные аллювиальные отложения, терраса 140—160 м; 5—Верхний эоцен. Глины, песчаники и туфопесчаники; 6—Азатская свита. Песчаники, известковые песчаники, известняки; 7—Нижний эоцен. Известняки, фациально переходящие в мергели, известковистые песчаники и конгломераты; 8—меловая система, датский ярус—палеоцен. Чередующиеся глины, известняки, песчаники; 9—Сеноиский ярус, верхняя часть. Известняки, мергели; 10—Коньякский ярус, верхний подъярус. Песчаники, известняки с базальными конгломератами; 11—разрывное нарушение.

построен железобетонный тоннель, а у 9-го пункта неоднократно производили взрывы. Во время этих взрывов были зарегистрированы как обратимый, так и необратимый эффекты в изменениях поля порядка 42,5 *гамм*.

Водохранилище заполнялось дважды—изменение уровня 30 и 50 *м* соответственно. Во время первого заполнения локальные изменения с обратимым характером были обнаружены на пунктах $3_1.5_2$— соответственно 6 и 4 *гамм*. Повторные измерения показали стабильность аномалии на этих пунктах. Максимальные изменения поля наблюдались на пунктах 5, 7, 8, 10 первого маршрута и 7, 8, 9, 10 второго маршрута при вторичном заполнении в 1977 году. Самые большие изменения—7,5 *гамм*, наблюдались на пункте 101 (рис. 3). После снижения уровня воды наблюдался обратный ход с небольшим остаточным эффектом.

Наблюдавшаяся локальная аномалия такого характера может быть связана: 1) с деформациями верхних слоев земной коры; 2) с электрическими токами, которые могут возникать при фильтрации подземных вод; 3) с разностью вариаций между опорным и текущим пунктами.

Разница вариаций между текущими (МП) и опорными (ОП) пунктами не превышает 1 *гаммы*, что лежит в пределах ошибки. Расстояние между ОП и текущими пунктами не более 3,5 *км*.

Фильтрация подземных вод, по данным Иститута водных проблем, существует у пункта 1_2, где аномальный ход в геомагнитном поле не обнаружен. Этот пункт находится далеко от зоны полученной аномалии. Значит эта аномалия не может быть связана с фильтрациями. По данным вышеуказанного института, в районе плотины наблюдается вертикальное смещение в 1 *см* при заполнении водохранилища, но на этих пунктах аномальных изменений поля не обнаружено.

Обсуждая результаты эксперимента, необходимо отметить чрезвычайно благоприятные условия—локализация горных пород со значительными магнитными свойствами при полностью немагнитном окружении. Проведенные измерения показали, что аномальные изменения геомагнитного поля с амплитудами 7,5 *гамм* приурочены именно к этой части водохранилища. Однозначность этого факта подтверждается двукратным повторением и зависимостью амплитуды изменений поля от уровня.

Однако, особо следует подчеркнуть, что в предыдущих аналогичных экспериментах [1,4] изменения поля при увеличении нагрузки имели другой знак. Особенности геологической ситуации (рис. 4) позволяют нам высказать предположение, что мы имеем дело с изгибом базальтовой плиты и действуют не сжимающие напряжения, а растягивающие. В пользу этого говорит проседание при заполнении водохранилища более рыхлых немагнитных окружающих пород, что видно из образования трещин. Таким образом, лавовый поток оказывается как бы закрепленным на одном конце.

Наряду с изучением локальных аномалий геомагнитного поля изучалась сейсмичность района водохранилища, с целью выявления изменений в пространственно-временном распределении сейсмического фона. Под сейсмичностью подразумевалась совокупность слабых зем-

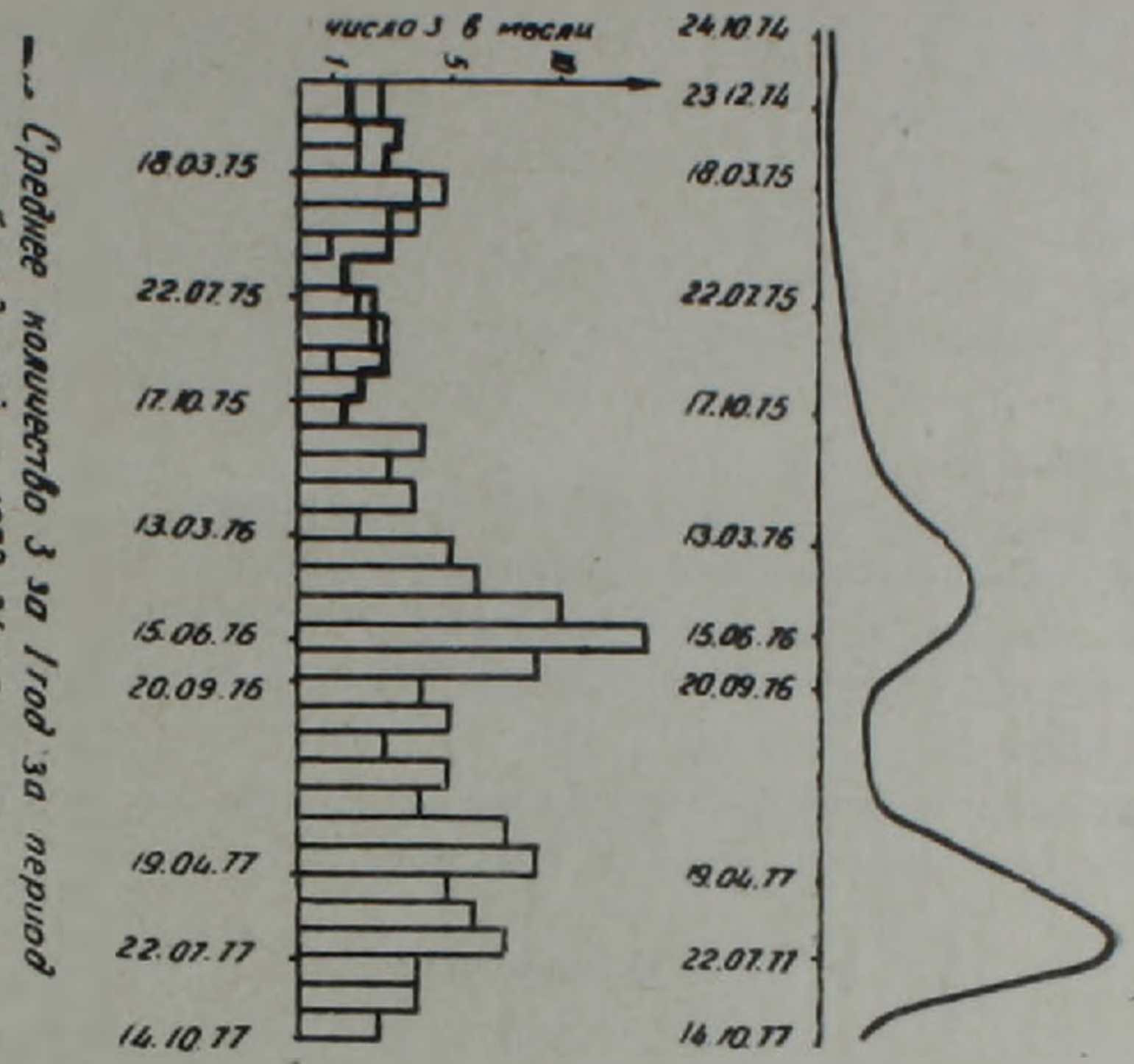


Рис. 5. Жирная линия—график наполнения водохранилища.

летрясений с энергией 10^5—10^9 *дж*. Расположение действующих стационарных сейсмических станций «Ереван», «Мецамор» и временной станции «Гарни» в районе исследований таково, что не позволяет надежно, с большой точностью, определить эпицентры относительно слабых землетрясений и микроколебаний, возникших в данном районе. В связи с этим основное внимание было уделено временному изменению сейсмичности исследуемого района с целью выявления корреляционной связи между изменением сейсмического фона и заполнением водохранилища.

Для выявления среднего сейсмического фона исследуемого района до заполнения водохранища была изучена сейсмичность за период наблюдений с 1972 по 1974 годы включительно.

На основании инструментального материала, полученного сетью сейсмических станций Армянской ССР, составлен среднегодовой уровень количества землетрясений с $K=5\div8$ исследуемого района (рис. 5). Согласно графику количество регистрируемых землетрясений в данной территории доходит до 30 с $K=5\div8$ в год без особых увеличений количества землетрясений, попадающих на определенные отрезки времени. Необходимо учесть также, что через исследуемый район проходит зона тектонического нарушения. Начиная с периода

1975 по 1977 гг. строились отдельные гистограммы количества регистрируемых землетрясений по месяцам для каждого года в отдельности.

Как видно из гистограммы, количество слабых землетрясений резко возрастает. При этом, начиная с первого накопления водохранилища до уровня 30 *метров*, количество микроземлетрясений с энергетическим классом $K=5\div8$ возрастает почти в 2 раза

Сопоставляя графики накопления водохранилища водой с количеством землетрясений по месяцам четко выделяется корреляционная связь между величинами с некоторым смещением во времени максимальных их значений. Интересно отметить, что локальные изменения геомагнитного поля во времени и увеличение сейсмичности данного района очень четко согласуются.

Некоторые расхождения изменений во времени и количестве землетрясений с максимальными значениями уровня воды в водохранилище объясняются, по нашему мнению, процессом накопления деформаций в данном участке земной коры. Однако во втором накоплении водохранилища до уровня 50 *метров* наблюдается некоторое опережение наступления максимальных значений количества землетрясений и дальнейшей его стабилизации во времени.

Выводы

1. Наблюдается связь между изменением геомагнитного поля и уровнем воды в водохранилище.

2. Полученная аномалия связана с упругим изгибом слоев земной коры.

3. При наступлении первого максимума наполнения водохранилища увеличивается количество микроземлетрясений с незначительным увеличением количества энергии, выделяемой в данной области. При втором заполнении до уровня 50 *метров* количество микроземлетрясений сравнительно падает.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН Армянской ССР,
Институт земного магнетизма
и распространения радиоволн
АН СССР

Поступила 6.X 1978

Ս. Ի. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա. Ն. ՊՈՒՇԿՈՎ, Ս. Խ. ԲԱՂՐԱՄՅԱՆ, Է. Գ. ԳՅՈՒԼՔՅԱՆ

«ԱԶԱՏ» ՋՐԱՄԲԱՐԻ ՏԱՐԱՆՔՈՒՄ ԿԵՈՒՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԵՎ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածը նվիրված է Ազատ գետի վրա կառուցված ջրամբարի տարածքում կատարված մագնիսական դաշտի վեկտորի մեծության և սեյսմիկության

փոփոխությունների կապին ջրամբարում ջրի մակարդակի փոփոխությունների հետ։

Կախվածություն է հայտնաբերված գեոմագնիսական դաշտի և ջրամբարում ջրի մակարդակի տատանումների միջև։ Ստացված անոմալիան կապված է երկրակեղևի շերտերի առաձգական ճկման հետ։

Ջրամբարի ջրով լցվելու առաջին մաքսիմումին հասնելու ժամանակ մեծանում է միկրոերկրաշարժերի քանակությունը, ըստ որում, աննշան չափով աճում է տվյալ շրջանում ձերբազատվող էներգիայի քանակությունը։ Ջրի երկրորդ կուտակման ժամանակ մինչև 50 մ մակարդակը, միկրոերկրաշարժերի քանակությունը համեմատաբար նվազում է։

ЛИТЕРАТУРА

1. *К. Н. Абдуллабеков, Е. Бердалиев, Л. Н. Пушков, В. А. Шапиро* Предварительные результаты экспериментальных исследований на водохранилище Чарвак. Сб. «Исследование пространственно-временной структуры геомагнитного поля». «Наука», Москва, 1977.
2. Влияние инженерной деятельности на сейсмический режим. Изд. «Наука», 1977.
3. *Н. И. Николаев* «Водохранилища и землетрясения». Изв. АН СССР. «Физика Земли», № 8, 1978.
4. *Davis P. M., Stacey F. D.* Nature, 1972, 240, № 5380, 348.