

Institute for Nuclear Research
of the Russian Academy of Sciences

Учреждение Российской академии наук
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН



Отчет
Экспедиция на судне «Верещагин»
Оз. Байкал, 1983 год
Данные по световому полю озера

Л.Б.Безруков (ИЯИ АН СССР), Н.М.Буднев (НИИПФ ИГУ),
М.Д.Гальперин (ИЯИ АН СССР), В.И.Добрынин (НИИПФ ИГУ),
П.П.Шерстянкин (ЛИ СО АН СССР)

ПРЕПРИНТ ИЯИ РАН
1276/2011
ЯНВАРЬ 2011

МОСКВА 2011 MOSCOW

INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Учреждение Российской академии наук
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН



Отчет
Экспедиция на судне «Верещагин»
Оз. Байкал, 1983 год
Данные по световому полю озера

Л.Б.Безруков (ИЯИ АН СССР), Н.М.Буднев (НИИПФ ИГУ),
М.Д.Гальперин (ИЯИ АН СССР), В.И.Добрынин (НИИПФ ИГУ),
П.П.Шерстянкин (ЛИ СО АН СССР)

ПРЕПРИНТ ИЯИ РАН
1276/2011
ЯНВАРЬ 2011
МОСКВА
2011

Institute for Nuclear Research
of the Russian Academy of Sciences
60-th October Anniversary prospect 7a,
Moscow 117312, Russia

Учреждение Российской академии наук
Институт ядерных исследований РАН
проспект 60-летия Октября, 7а
Москва, 117312

Отчет

Экспедиция на судне «Верещагин»
Оз. Байкал, 1983 год
Данные по световому полю озера

Л.Б.Безруков (ИЯИ АН СССР),
Н.М.Буднев (НИИПФ ИГУ),
М.Д.Гальперин (ИЯИ АН СССР),
В.И.Добрынин (НИИПФ ИГУ),
П.П.Шерстянкин (ЛИ СО АН СССР)

В отчете приведены экспериментальные данные о световом поле оз. Байкал, полученные в рейсе научно-исследовательского судна (НИС) «Верещагин» в августе 1983 года. Для сравнения приведены также данные, полученные М.Н. Гуштан (ТомскийПИ) со льда в марте 1986 и 1988 годов. Основное внимание уделено исследованию собственного свечения водной среды озера Байкал.

ISBN 978-5-94274-150-1

© Учреждение Российской академии наук
Институт ядерных исследований РАН, 2011
Institute for Nuclear Research
of the Russian Academy of Sciences, 2011

Отчет

Экспедиция на судне «Верещагин»
Оз. Байкал, 1983 год
Данные по световому полю озера

Л.Б.Безруков (ИЯИ АН СССР),
Н.М.Буднев (НИИПФ ИГУ),
М.Д.Гальперин (ИЯИ АН СССР),
В.И.Добрынин (НИИПФ ИГУ),
П.П.Шерстянкин (ЛИ СО АН СССР)

Препринт ИЯИ — 1276/2011

ЯНВАРЬ 2011

Подписано в печать 12.01.2011

Ф-т 60x84/8. Уч.-изд.л. 1,7. Зак. № 22141

Тираж 600 экз. Бесплатно

Печать цифровая

Издательский отдел

Учреждение Российской академии наук
Институт ядерных исследований РАН

117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 7а

Отчет

Экспедиция на судне «Верещагин»

Оз. Байкал, 1983 год

Данные по световому полю озера

Л.Б.Безруков (ИЯИ АН СССР), Н.М.Буднев (НИИПФ ИГУ),
М.Д.Гальперин (ИЯИ АН СССР), В.И.Добрынин (НИИПФ ИГУ),
П.П.Шерстянкин (ЛИ СО АН СССР) .

ПРЕДИСЛОВИЕ

У Вас в руках копия отчета о рейсе научно-исследовательского судна (НИС) «Верещагин» в том виде, в котором он сохранился до 2011 года. С собственным свечением водной среды мы столкнулись сразу после первых погружений оптических модулей на базе ФЭУ-49Б. Но уверенность, что водная среда озера обладает собственным свечением, пришла после первой экспедиции НИС, в которой погружался оптический модуль на базе ФЭУ-49Б на большие глубины. Также пришло понимание, что необходим батифотометр с управляемой шторкой (или затвором) для постоянного контроля скорости счета импульсов темнового тока ФЭУ. Это позволяет оперативно производить измерения с необходимой точностью. Такой батифотометр был создан в НИИПФ ИГУ и использовался в рейсе НИС «Верещагин», данные которого приведены в настоящем отчете.

Эти данные демонстрируют, что мы имеем дело с хемилюминесценцией взвешенных органических веществ, которые медленно опускаются под действием силы тяжести. Также они демонстрируют связь светового поля озера с движением водной среды озера. Мы наблюдаем характерные изменения в глубинной зависимости интенсивности свечения на тех глубинах, где достигается максимальная плотность воды и происходят процессы вертикального перемешивания. Например, в среднем Байкале это происходит летом на глубинах 100-200 метров и 300-400 метров. Мы наблюдаем также слабую глубинную зависимость интенсивности свечения в районе реки Ангара, что свидетельствует о наличии в этом районе быстрого вертикального перемешивания водной среды до самого дна озера. Уникальным является наблюдение на станции №6 в районе острова Ольхон независимости от глубины интенсивности свечения на максимальных

глубинах ниже 1300 метров. Это может свидетельствовать о поступлении тепла со дна озера, что является весьма вероятным из-за сейсмической активности района. Одновременные измерения интенсивности свечения водной среды и ее температуры было бы очень интересно.

В заключение хочу отметить, что в настоящее время в НИИПФ ИГУ возрождаются исследования люминесценции водной среды озера, что заслуживает всяческой поддержки.

Л.Б.Безруков 10.01.2011

В первой декаде августа с борта НИС "Верещагин" были проведены измерения распределения светового поля по глубинам на южном и среднем Байкале.

Места постановки станций и порядок их прохождения показан на рисунке 1.

Измерения проводились с помощью глубоководного фотометра, изготовленного на основе фотоумножителя ФЭУ-130 с низким уровнем собственных шумов. Импульсы с анода фотоумножителя через предусилитель ($K=3$) поступают на формирователь, уровень которого соответствует половине амплитуды однофотонного импульса. Импульсы с формирователя через ключевую схему передаются по кабель-тросу на приемную станцию и сосчитываются частотомером. Питание подводной части электроники осуществляется с помощью стабилизированного источника. Напряжение обратной полярности используется для управления шторочным механизмом, позволяющим контролировать уровень собственных шумов ФЭУ.

Измерения проводились следующим образом: прибор с закрытым окном фотоумножителя опускался на некоторую глубину и выдерживался до установления темпового темпа счета. Затем производились измерения светового поля. Число импульсов с ФЭУ пропорционально световому потоку на данной глубине. Для уменьшения статистической ошибки на каждой глубине производился набор статистики за 50 секунд.

Результаты измерений приведены на рисунках 2, 5, 7-12. Там же указано время и порядок прохождения глубины.

На станции № 1 было проведено детальное изучение распределения светового поля рис. 2. Было проведено две серии спусков и подъемов прибора. Фотоумножитель ориентирован вверх. На участке 320-360 м в I серии существенный вклад в освещенность вносит астрономическая составляющая.

На рисунке 3 показано изменение астрономической составляющей, полученное путем вычитания из данных серий I на глубинах 320-360 м значений линейной аппроксимации данных серии 2 на глубинах 300-350-400 м. Эта зависимость хорошо вписывается законом Бугера с показателем вертикального ослабления предельно рассеянного света $[\alpha]^{-1} = 17,8 \pm 0,1$ м (оптимизация проводилась с помощью метода).

На глубине 950 м обнаружено значительное изменение темпа счета со временем (рисунок 4). По-видимому это связано с наличием на данном горизонте подводных течений, являющихся тран-

спортерами источников света.

Различие результатов при спуске и подъеме на станции №2 (рисунок 15) объясняется значительным изменением освещенности поверхности во время измерений, а также сильным дрейфом судна (угол входа кабель-троса в воду $20-30^\circ$).

Зависимость астрономической составляющей от глубины рисунок 6 получена путем вычитания фона на 600 м из данных на глубинах 378-480 м. Отклонение от прямой (участок 3) можно объяснить просчетом импульсов за счет их перекрытия. Согласно статистике Пуассона количество таких импульсов составит

$$\bar{N}_{совн} = \bar{N} \frac{(\bar{N}\tau)^2}{2} e^{-\bar{N}\tau}$$

где \bar{N} число импульсов за счет засветки

τ длительность импульса
для $\bar{N} = 5 \cdot 10^3$ $\tau = 60$ мкс

$$N_{совн} \sim 160 \text{ имп/сек}$$

Наличие продолжительного плато на глубинах 500±1300 м, по-видимому связано с интенсивным вертикальным перемешиванием (влияние истока Ангары).

Рисунки 7-10 относятся к измерениям, проведенным на среднем Байкале. Значительное изменение - два порядка во всем диапазоне глубин - главное отличие в сравнении с южной котловиной. Вероятно сказывается сток р. Селенги, являющейся главным поставщиком взвешенного органического вещества в оз. Байкал.

На рисунке 13 представлена гистограмма импульсов фотоумножителя по всем станциям и аппроксимирующая её гауссова кривая.

Среднеквадратичное отклонение σ_{N_T} больше ожидаемого согласно статистике $\sigma_{ст} = \sqrt{176}/10 \approx 1.3$

Возможно, что это связано с некоторыми систематическими сдвигами при измерениях на различных станциях.

На станции № 5 было произведено ряд измерений по определению влияния возмущения вносимого прибором на характер свечения. Интенсивные спуски и подъемы прибора в пределах 460±650 м не дали изменения темпа счета на глубине 500 м.

Не замечено корреляции между временем после остановки прибора и интенсивностью свечения на глубинах 1050±1280 м рис. 13.

Со слов Н.М. Буднева: угол зрения модуля составляет $\sim 120^\circ$.

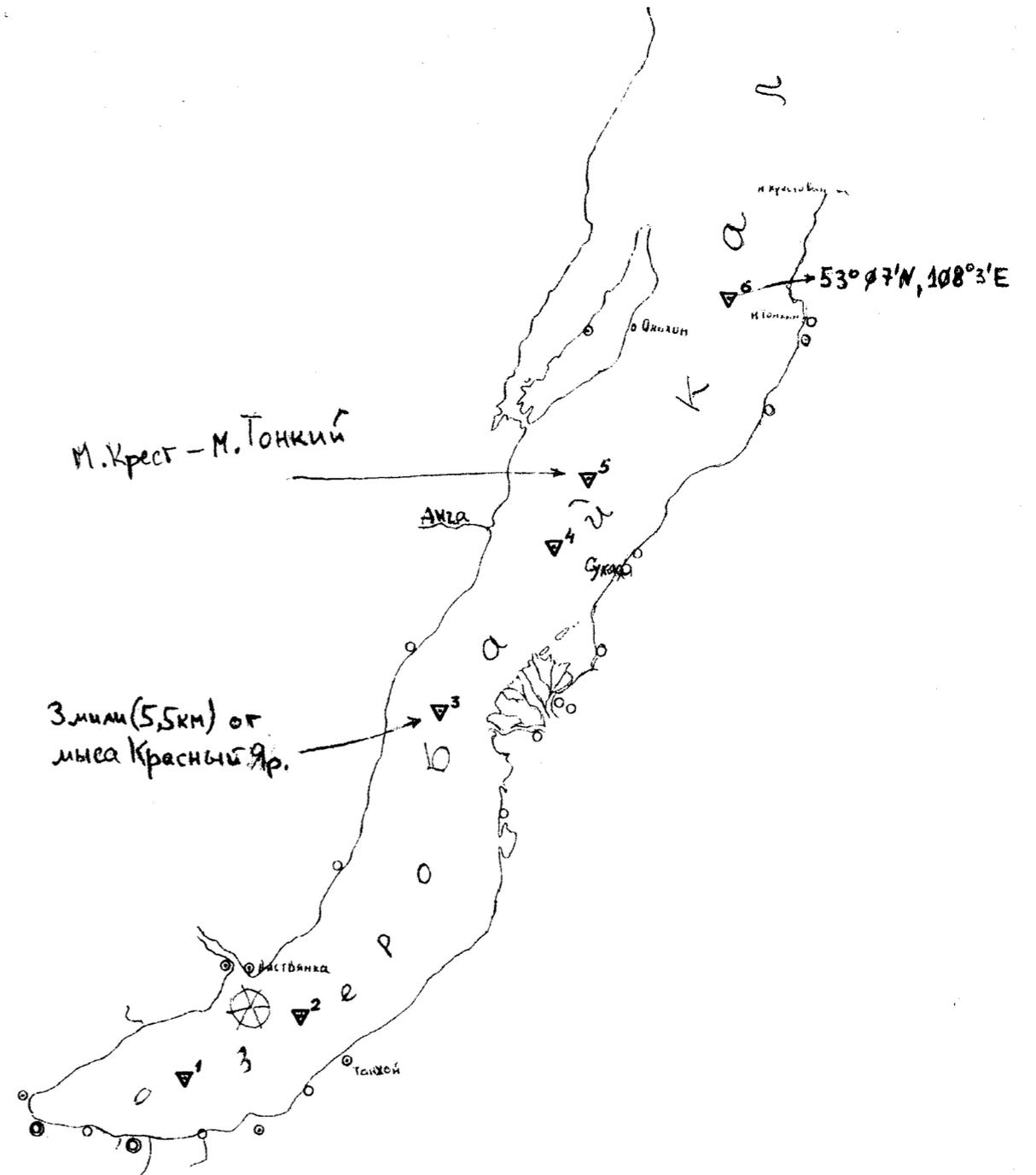


Рис. 1. Схема южного и среднего Байкала
▽ места постановки станций

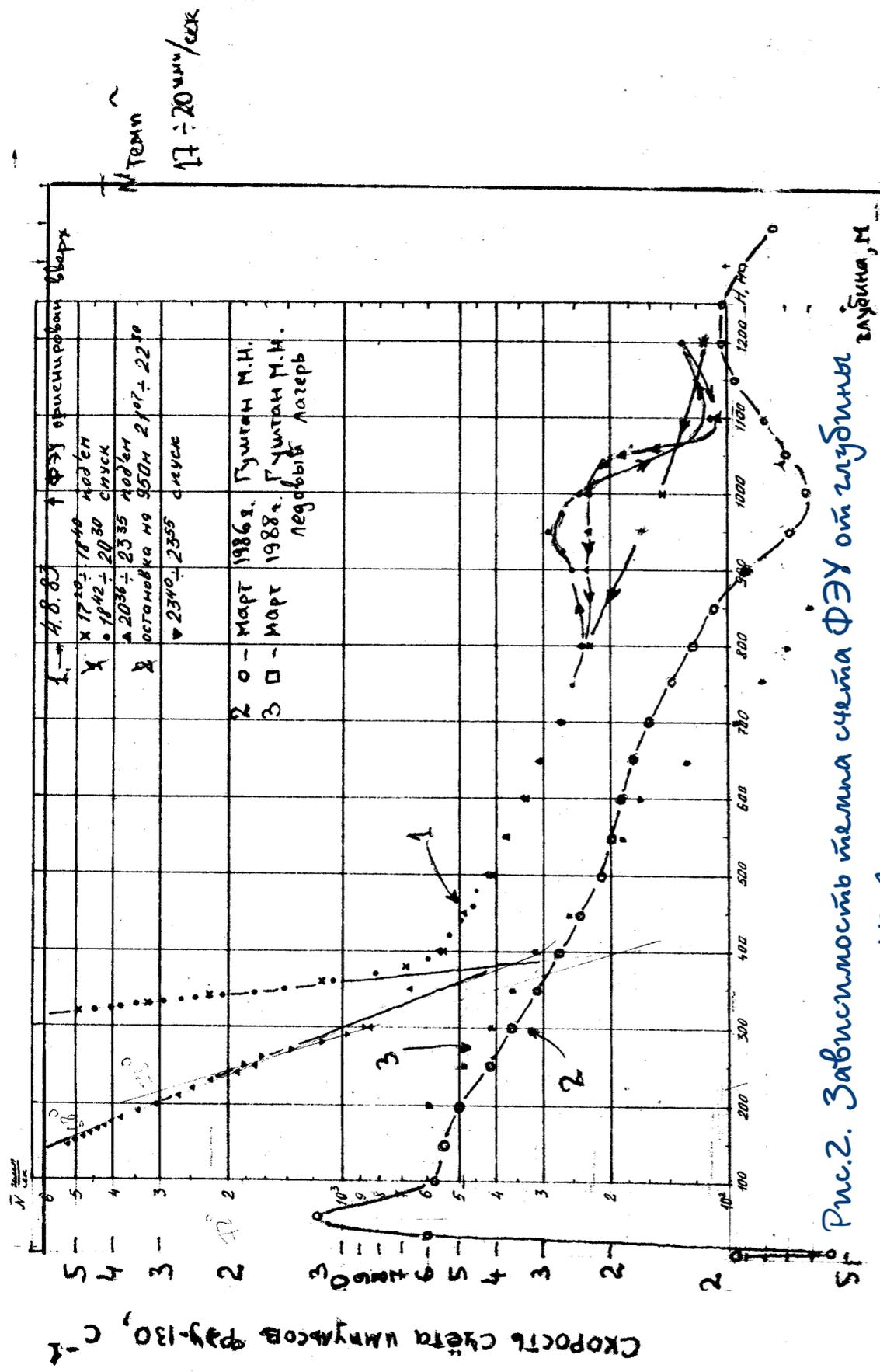


Рис.2. Зависимость темпа счёта ФЭУ от расстояния
станция № 1

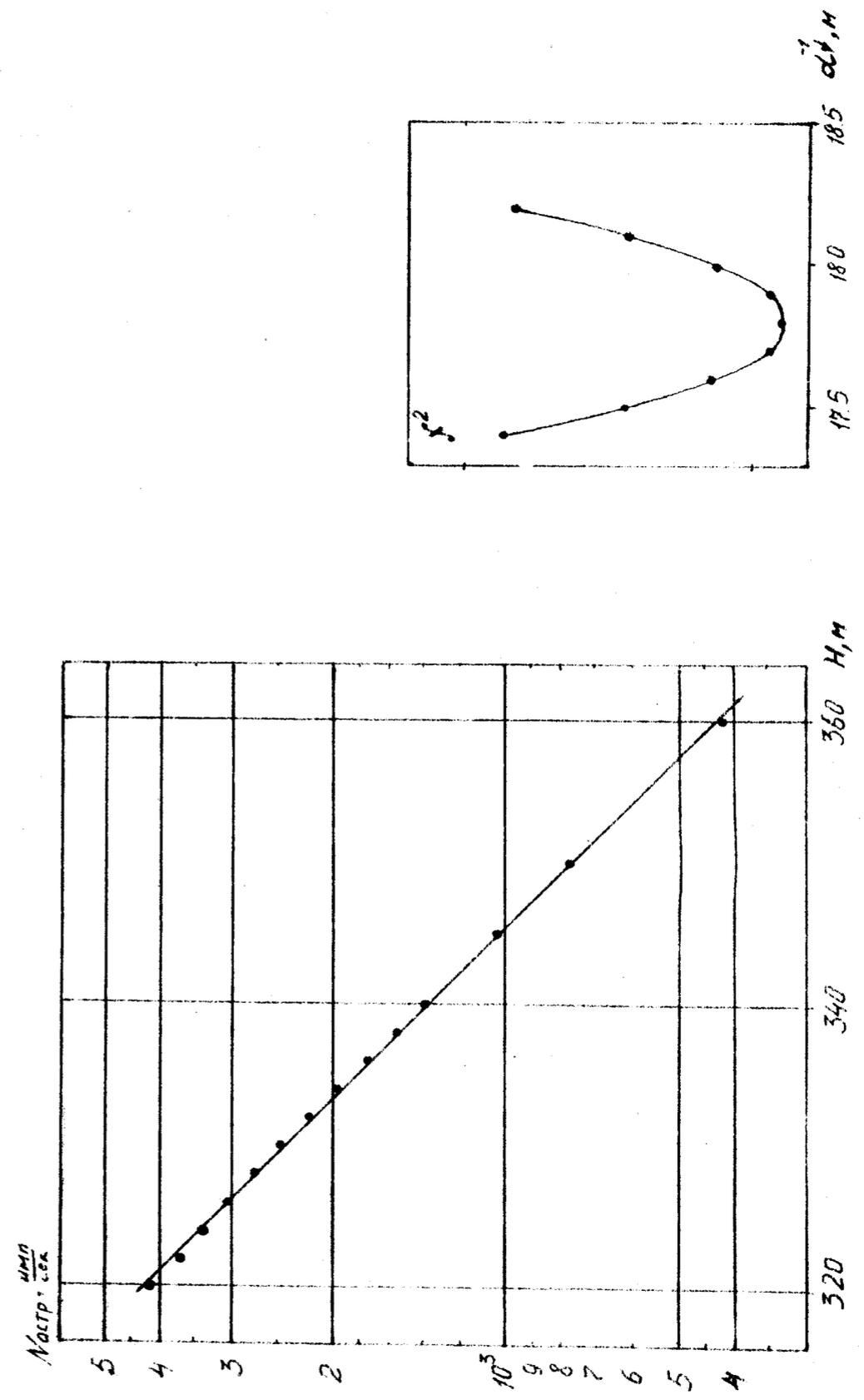


Рис.3. Зависимость астрономической составляющей от расстояния
(станция № 1)

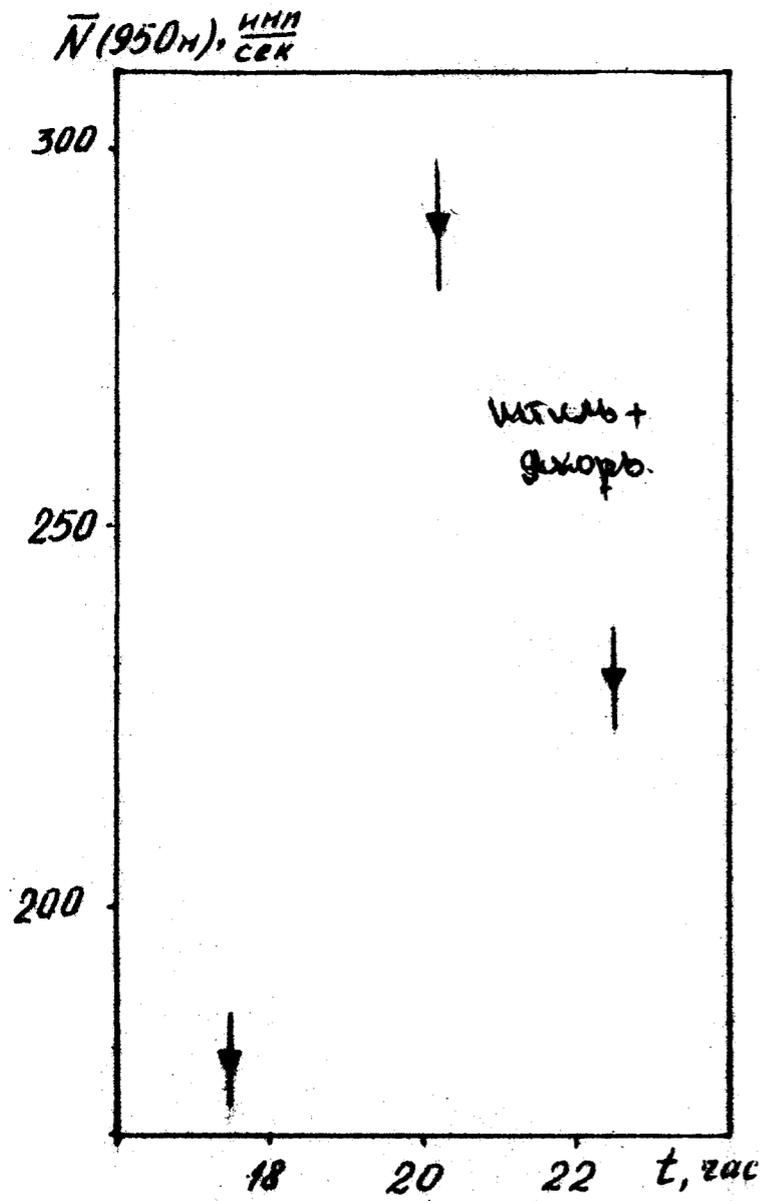
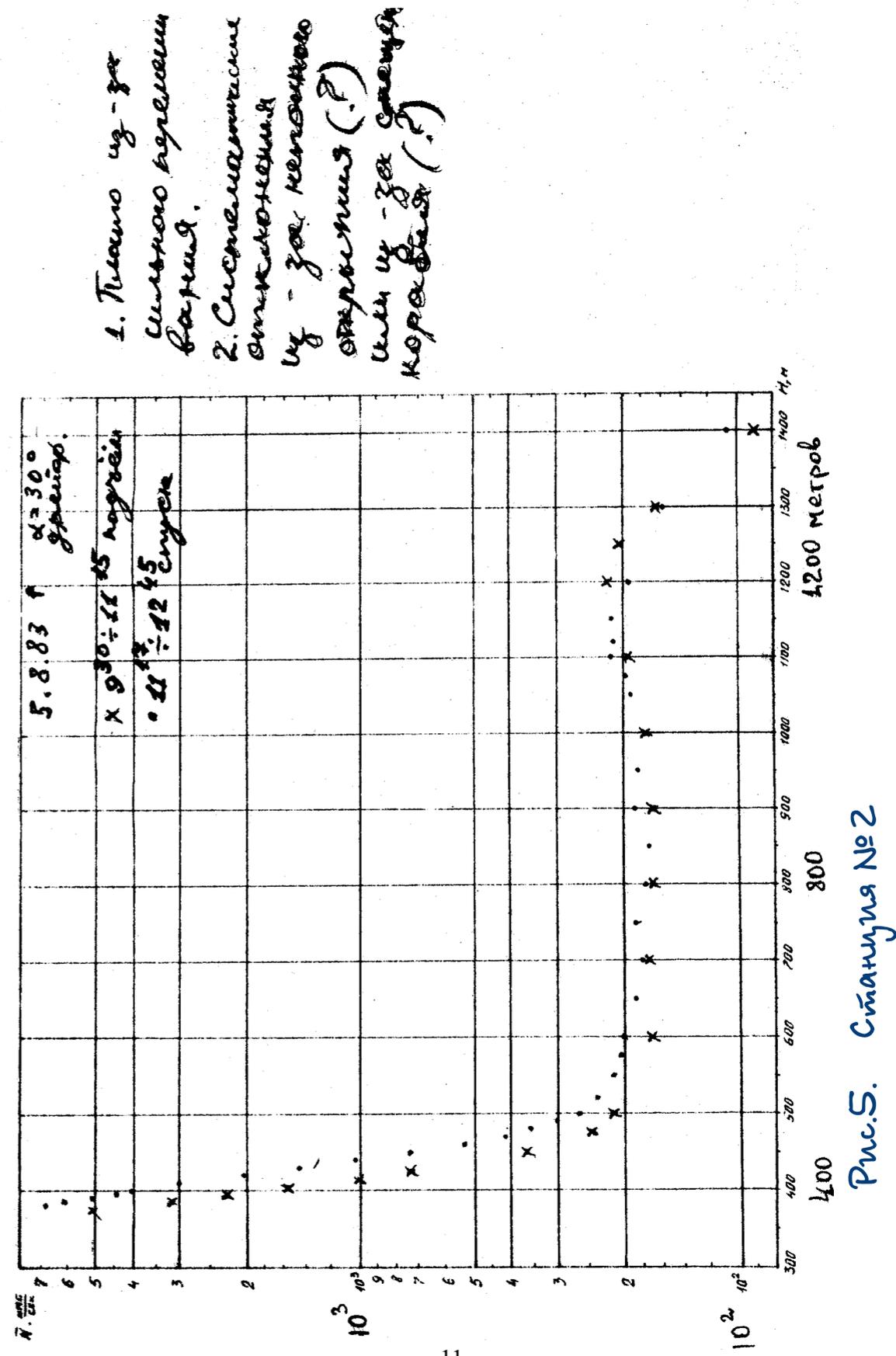


Рис.4. Зависимость темпа счета на глубине 950 м от времени



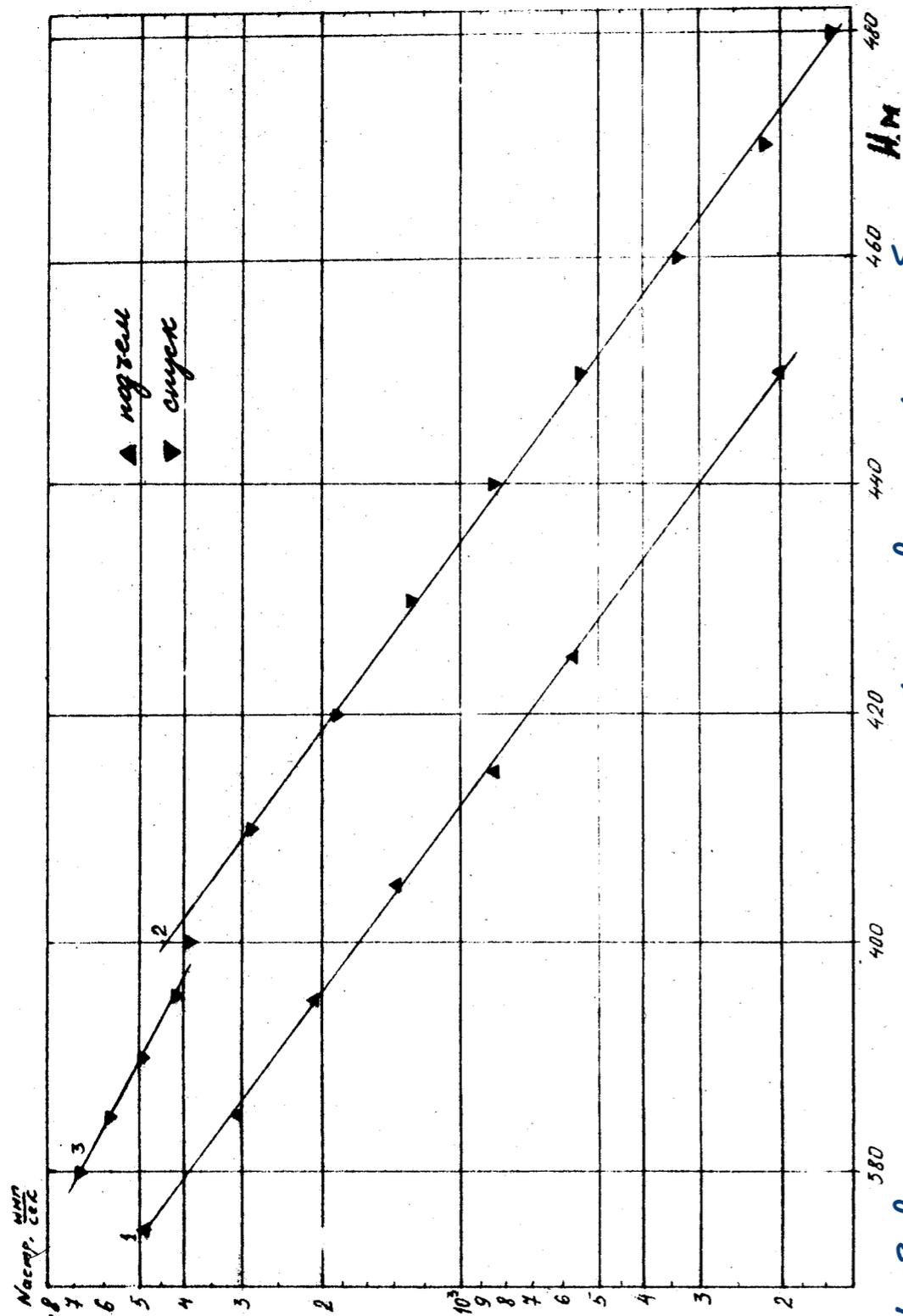


Рис.6. Зависимость астрономической составляющей от высоты
(станция №2)

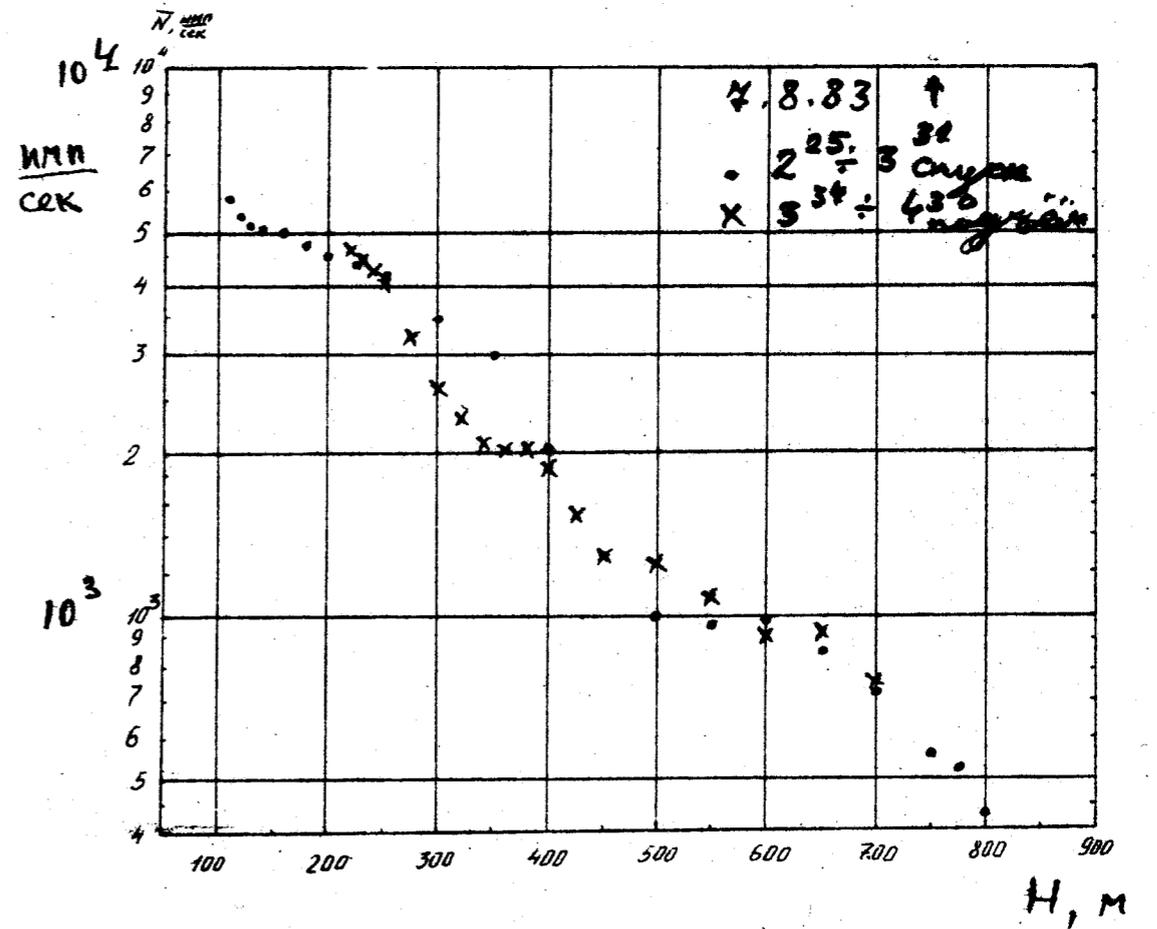


Рис.7. Станция 3
(без вычета фона ФЭУ)

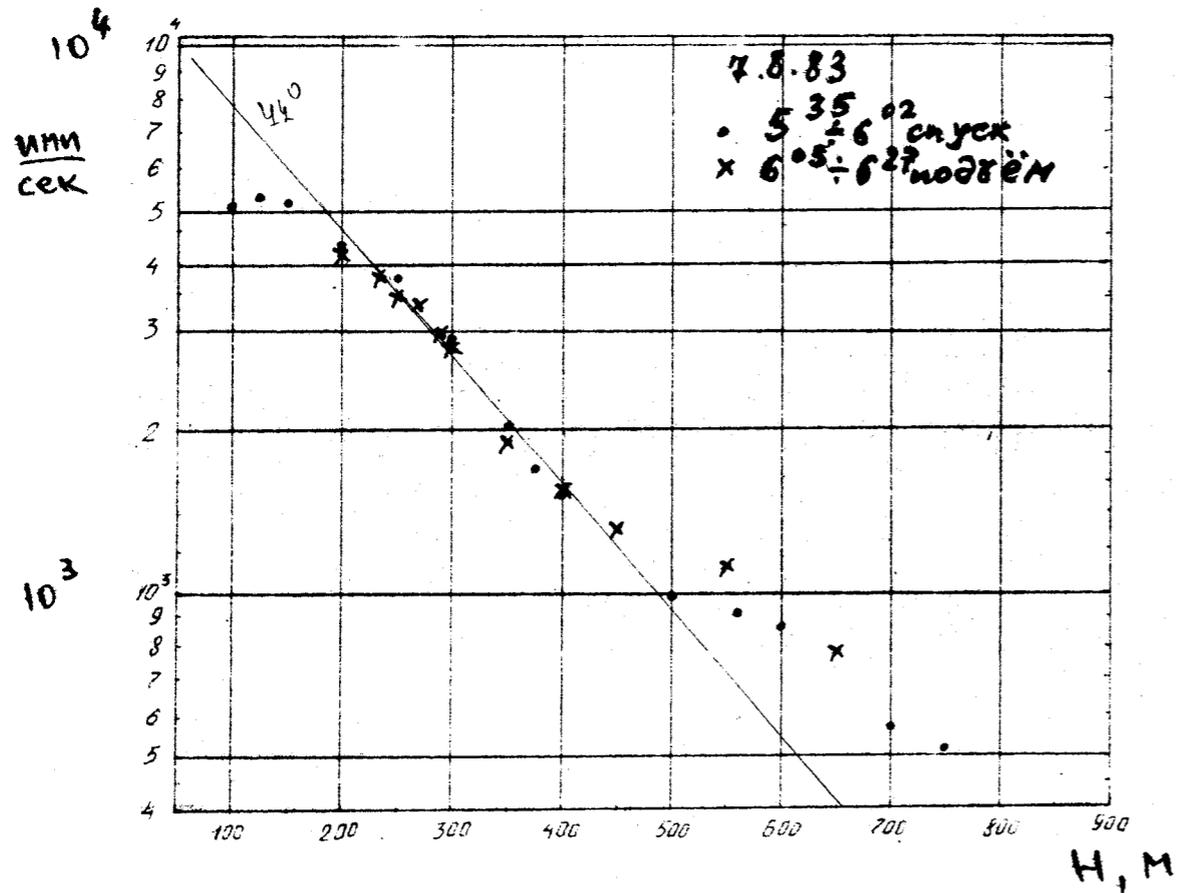


Рис. 8. Станция 3

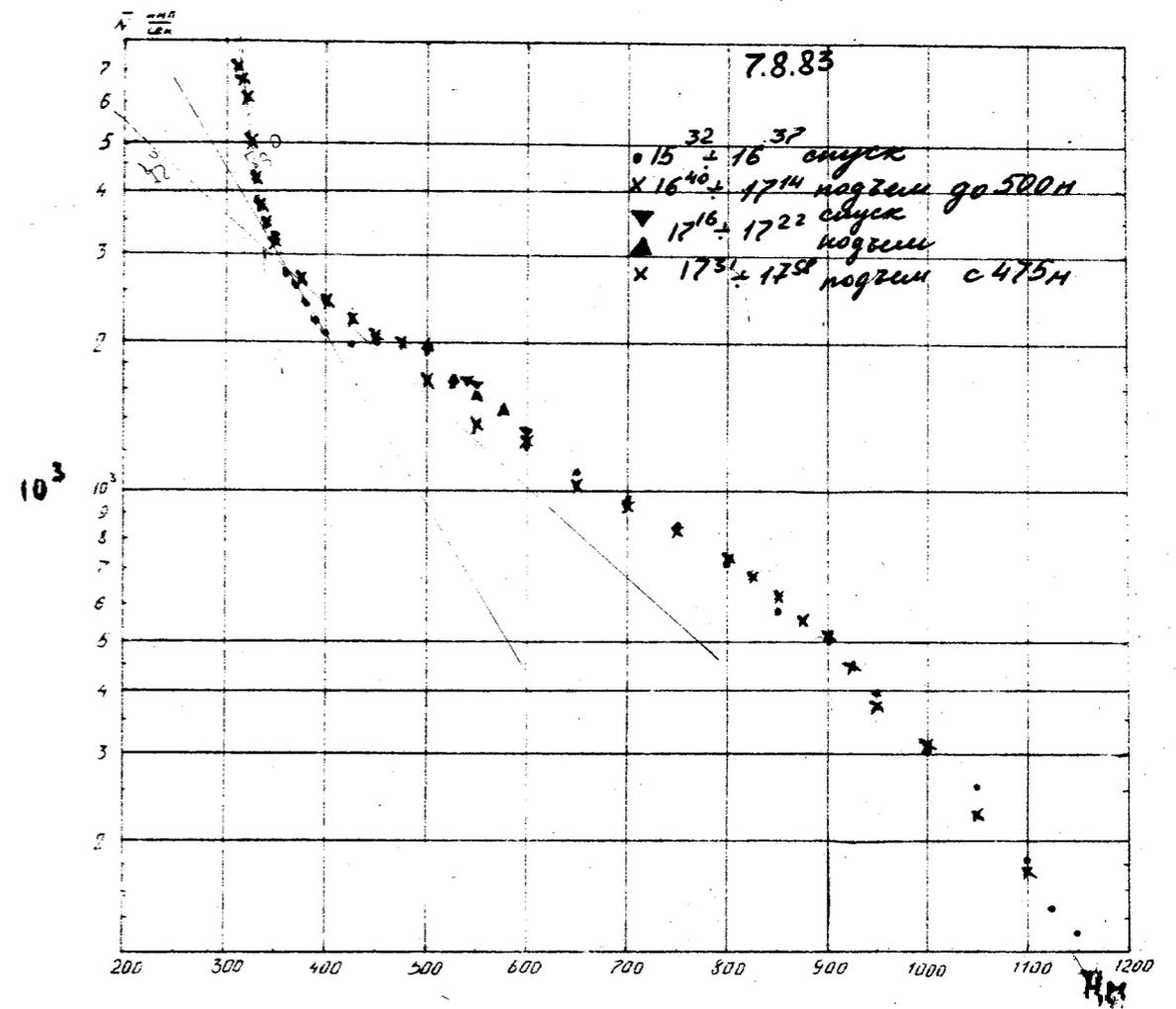


Рис. 9. Зависимость темпа счета ФЭУ
 от глубины
 Станция № 4

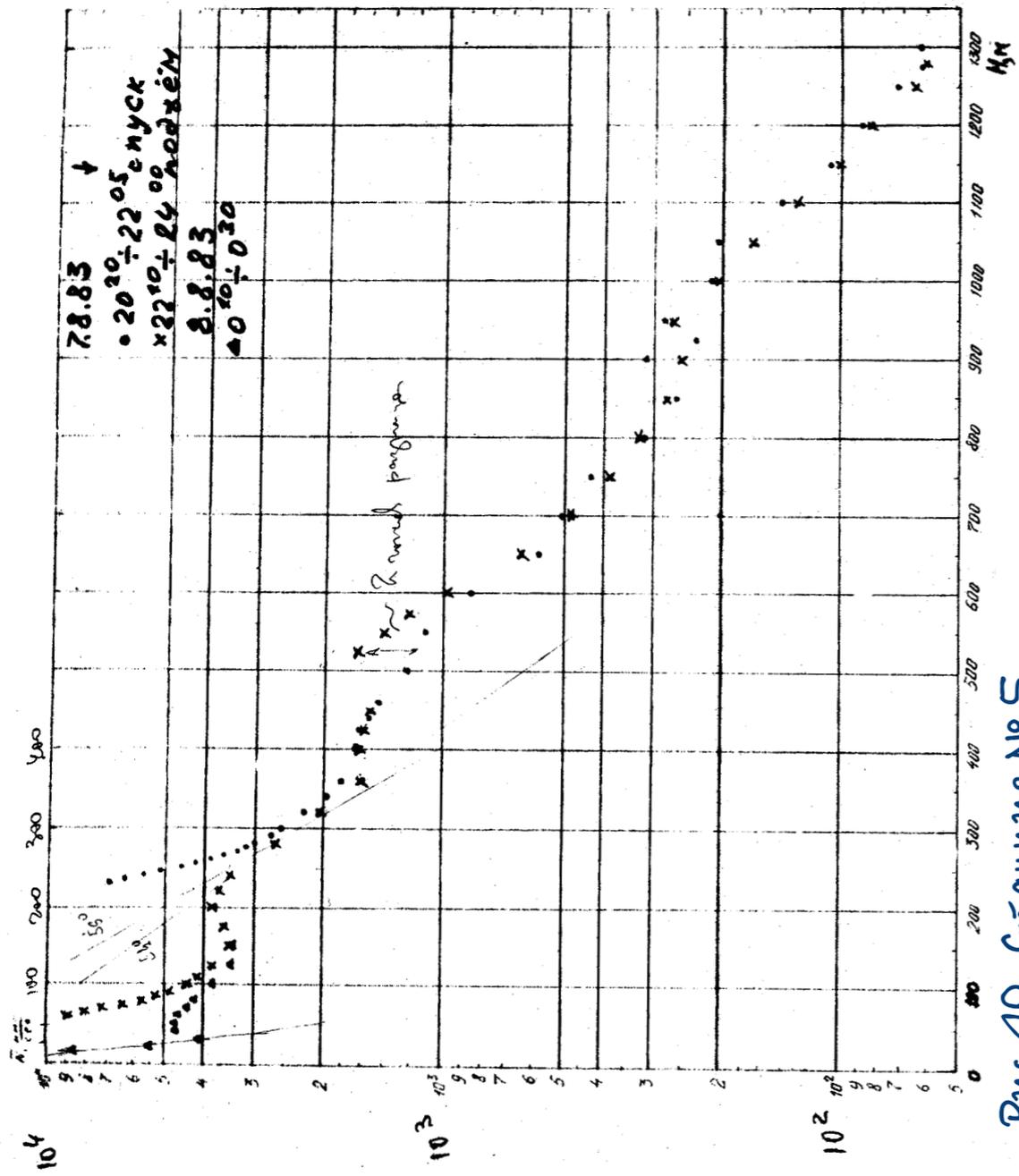


Рис. 10. Сімануля № 5

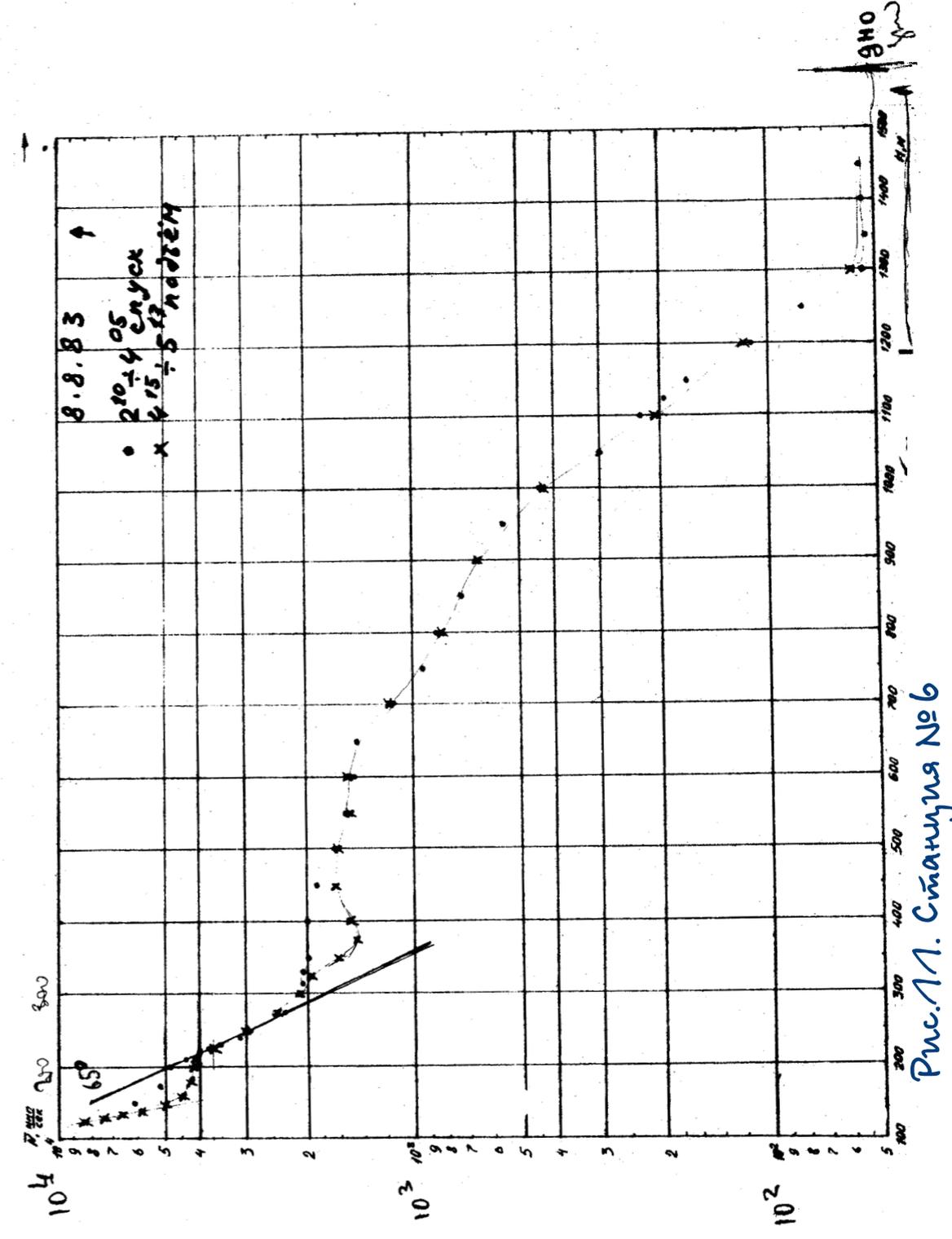


Рис. 11. Сімануля № 6

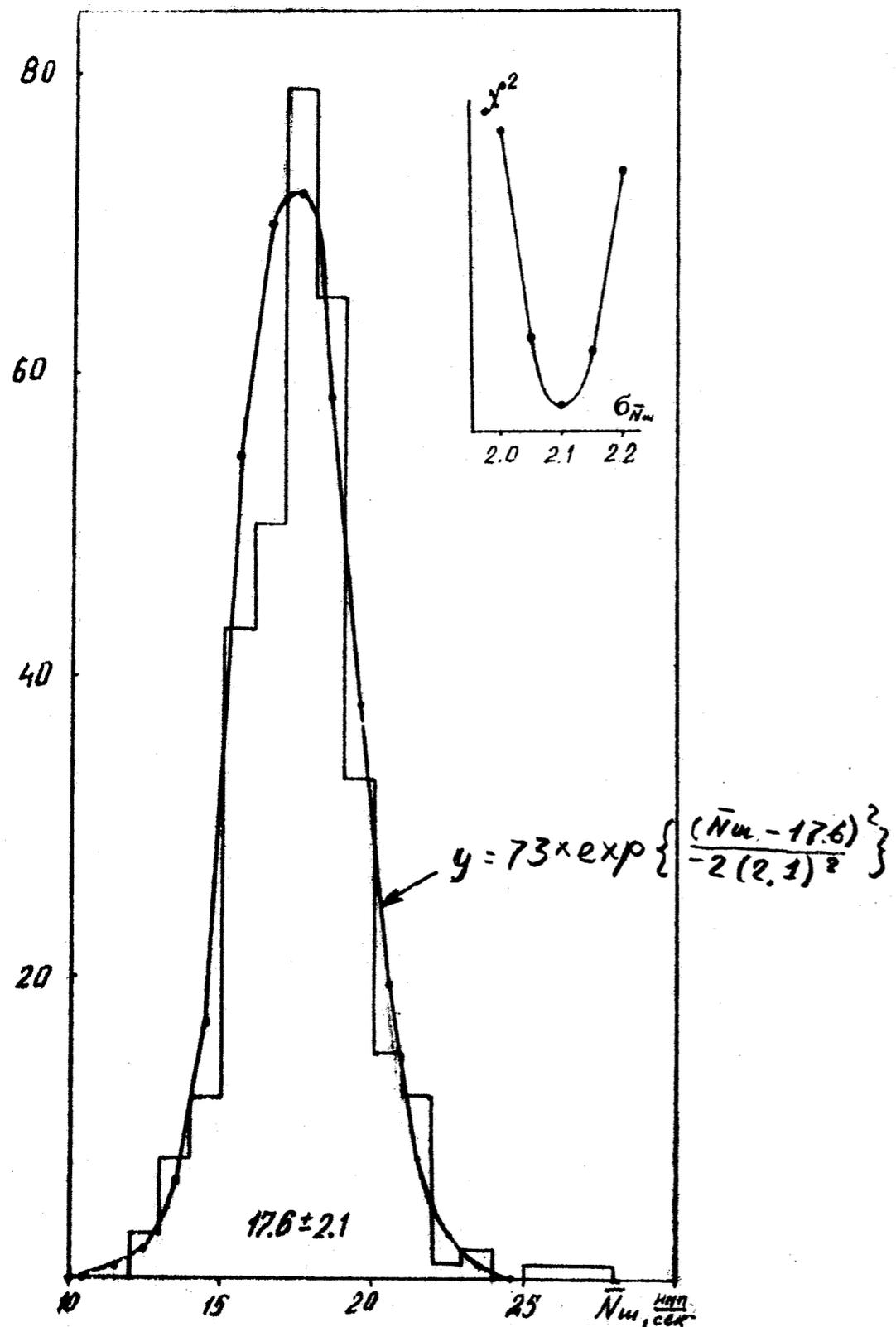


Рис.12. Гистограмма шумов фотомножителя

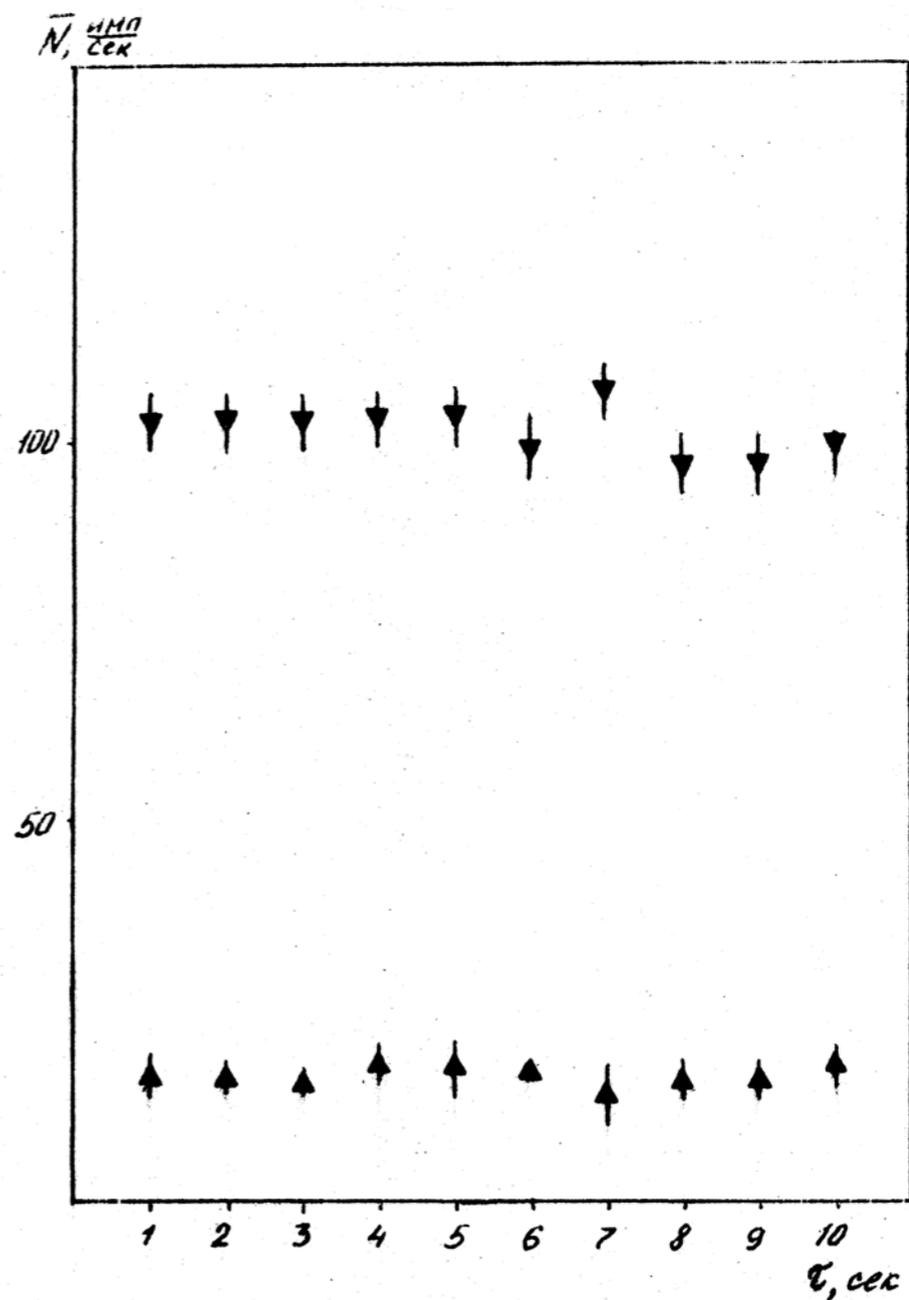
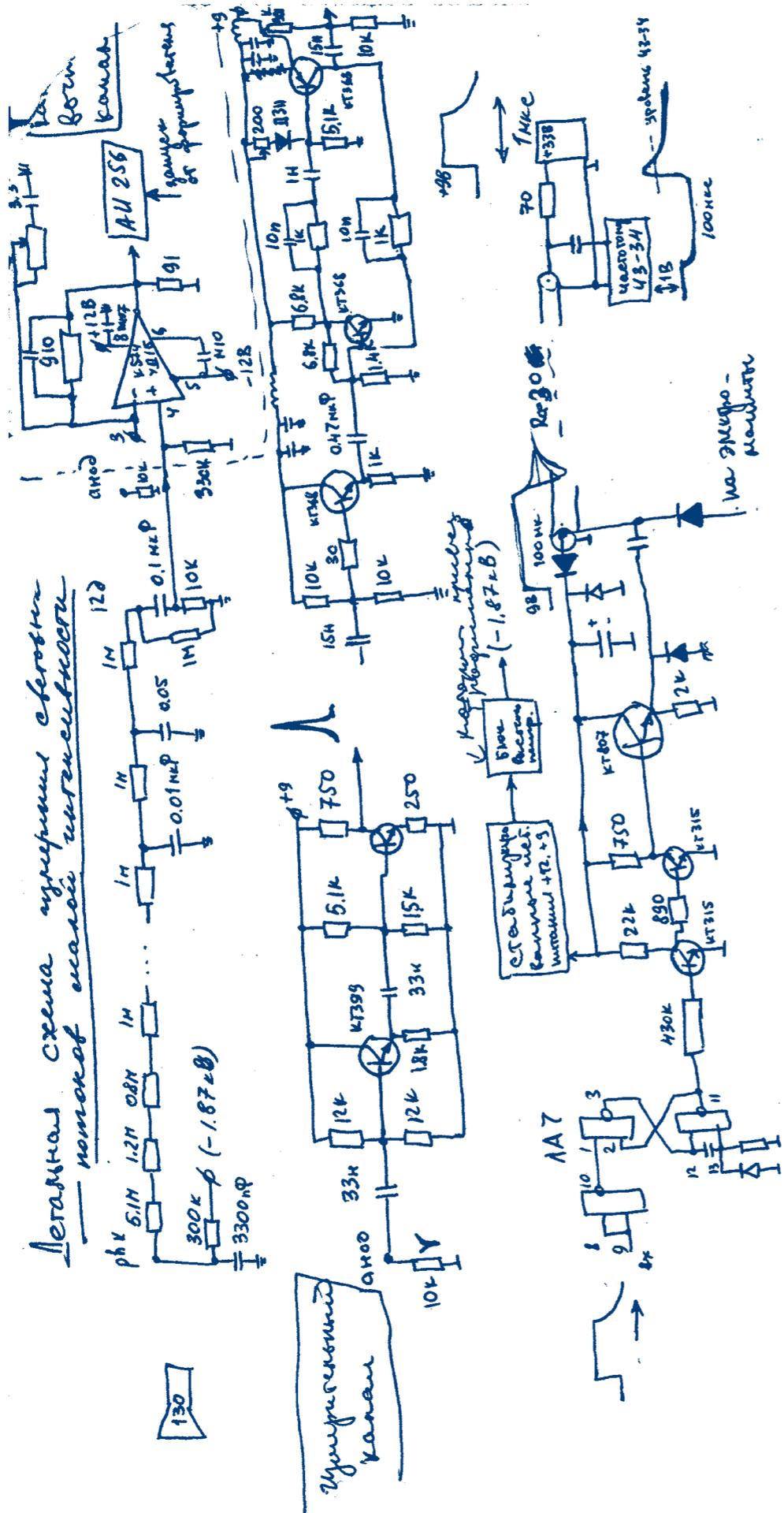


Рис.13. Значение интенсивности ↓ и собственных шумов ФЭУ ↑ от времени после остановки прибора

Начальная схема измерений частоты
номеров каналов интерференции



04.08.83 Разрезка Мачугин - Селзак (Баскниев)

Маршрут пойдом 16⁰⁰
№ 10 селзак

Частота	Сигнал	Уровень	Примечание	Сигнал	Уровень
17 ²⁰	1200	1158	фон в темной сети	380	10724
	1200	155		370	8381 (8343; 8302; 8451; 8435; 8372)
	1000	1484		380	6983
	152	опан		390	6123
	800	2303		400	5573
	164	опан		400	169
	600	3363		420	5344
	168	опан		440	5008
	500	4115		460	4615
	159	опан		480	4515
18 ¹⁰	400	5556	1943	500	4285
	179	опан		186	опан
	380	6922	550	3825	
	169	опан		173	опан
	360	11577	600	3414	
	181	опан	650	3042	
18 ²⁰	340	22480	700	2706	
	177	опан	1955	450	2570
19 ³⁷	330	32464	700	2392	
	170	опан		175	опан
	320	49464	20 ⁰⁵	900	2544
18 ⁴²	322	44769	20 ⁰⁹	1000	2824
	324	41190	20 ¹²	950	2903
	326	38161	20 ¹⁵	900	2533
18 ⁴⁸	328	34720	20 ¹⁷	925	2648
	330	51945	20 ²⁰	950	2946
	332	29356	20 ²²	975	2723
	334	26963	20 ²⁵	1000	2464
	336	24530	20 ²⁷	1100	1102
	338	22515	20 ³⁰	1200	1345
	340	20776	20 ³⁴	1000	2246 (2109; 2236; 2268; 2250; 2285)
	345	17059	20 ³⁷	1000	2352
19 ⁰⁰	350	14409	20 ⁵⁵	1000	2395
			21 ⁰⁰	1100	1091
				1050	1879
			21 ⁰⁴	950	2312
			21 ¹⁵	950	2324

Лекция!

Я говорил о 1000 м
1000 м, так что я
нахожусь под поверхностью
мне среднего фронта
на, где м

700 м 1130 $\mu\text{m}^2/\text{cm}^2$?
800 857
900 661
1000 434

22 ⁰⁷	950	2324
22 ³⁰	950	2372
22 ³⁵	900	2375
22 ³⁸	800	2434
	700	2754
	650	3122
	600	3340
22 ⁴⁸	550	3784
22 ⁵⁰	550	167
22 ⁵⁹	550	3708
	500	4237
	450	4918
	400	5709
	350	6743
	300	8595
	23 ⁰⁹	250
230		22494
220		24965
210		27118
200		31032
190		34921
180		38737
175		40709
170		42499
165		44159
160		46161
155		48739
150	50740	
175	52798	
23 ³⁸	250	18412
	260	16407
	270	13886
	280	11754
	290	9840
300	8847	

опан