

52 500

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P - 500

А.А. Глазов, М. Кузмяк

ИОННЫЙ ИСТОЧНИК
С ПОЛОСТНЫМ КАТОДОМ

Дубна 1980 год

P - 500

А.А. Глазов, М. Кузмяк

ИОННЫЙ ИСТОЧНИК
С ПОЛОСТНЫМ КАТОДОМ

604/3 ач.

1948

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

А н н о т а ц и я

В работе описывается ионный источник с холодными катодами, в котором используется разряд типа Пеннинга. Особенностью источника является наличие в катоде цилиндрической полости диаметром 3 мм и глубиной 40 мм. Источник работает в импульсном режиме $\tau_w = 50$ мксек, $P_w = 100$ гц. Ток разряда в импульсе равен 2а при напряжении 130 в. Отсос ионов осуществляется вдоль поля системой диафрагм. При общем напряжении отсоса порядка 20 кв ток ионов в импульсе достигает 50 ма.

1. Введение

Для получения больших разрядных токов в ионных источниках /ИИ/ обычно используются накаливаемые катоды или катоды, разогреваемые ионной бомбардировкой^{1,2/}. При соответствующем выборе материала катодов значительные разрядные токи при малых напряжениях и холодных катодах способен обеспечить разряд типа Пеннинга.

Для увеличения плотности тока в таком разряде можно локально повысить давление газа и эффективную эмиттирующую поверхность катода путем высверливания полости напротив анодной диафрагмы и подачи газа в нижнюю часть этой полости. В настоящей статье рассматривается влияние размеров полости на работу ионного источника с разрядом типа Пеннинга, описывается конструкция и характеристики действующего ИИ с полостным катодом.

II. Предварительные исследования

Для получения исходных данных, необходимых при конструировании ИИ, были проведены предварительные эксперименты с постоянным /от мощного выпрямителя/ питанием источника. Целью этих экспериментов было определение величины магнитного поля и давления газа, необходимых для стабильного горения разряда, а также выбор оптимальной геометрии разрядной области. Схема экспериментов приведена на рис. 1. Источник помещался в вакуумной камере объемом около 30 л, откачиваемой масляным диффузионным насосом со скоростью откачки порядка 2,5 тыс. л/сек при давлении 10^{-5} мм рт.ст. Для наблюдения за разрядом и обеспечения в источнике /за исключением района полости/ давления, близкого к давлению в вакуумной камере, его детали были укреплены в открытом /с выфрезерованными отверстиями/ тефлоновом корпусе. Рабочий газ /водород/ вводился в нижнюю часть катодной полости, обеспечивая необходимое повышение давления в этом районе. Измерение давления непосредственно в полости не проводилось, ввиду технических трудностей и неопределенности самого понятия, обусловленной значительным перепадом

давления внутри полости. Благодаря большой производительности вакуумного агрегата, расход газа мог достигать нескольких см³/мин при давлении в вакуумном объеме порядка $1/5 \div 10 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст.

Однородное магнитное поле, направленное вдоль оси источника, создавалось магнитом соленоидом и могло изменяться от 0 до 2000 эрстед. Разряд начинал стабильно гореть с $H=600$ эрстед. При $H=1500$ эрстед рост тока становился незначительным.

С целью выяснения оптимальной геометрии разрядной области была исследована зависимость тока разряда от размеров анода и анодных диафрагм, а также от диаметра и глубины полости в катоде. Результаты экспериментов приведены в таблице 1^{х/}.

Т а б л и ц а 1

А н о д			К а т о д		Характер работы $R=50$ ом, $H=1500$ эрстед $p=1 \div 2 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.
D_a	b_a	b_{aa}	b_k	b_{k1}	
мм	мм	мм	мм	мм	
15	42	5	2	20	Полость не работает ^{хх/}
15	42	5	3	30	Полость работает /1а,230в/
15	42	3	3	30	Полость не работает
15	42	5	3	40	Полость работает /2а,250в/
15	42	5	3	60	Полость работает, разряд
25	30	5	3	40	нестабилен.

^{х/} При проведении экспериментов катоды источника охлаждались проточной водой.

^{хх/} "Полость не работает" означает, что нет резко очерченного плазменного столба, выходящего из полости, и ток разряда /при прочих равных условиях/ в $10 \div 30$ раз меньше, чем при "работающей" полости.

III. Конструкция ионного источника и система питания

Разрез источника приведен на рис. 2, общий вид в сборе и детали — на рис. 3 /а/, /б/. Все детали источника размещены в корпусе из тефлона /политетрафторэтилен/. Использование тефлона в качестве конструктивного материала обусловлено сохранением им физико-механических свойств в широком интервале температур $-60 \div 300^\circ\text{C}$, что при незначительной средней мощности, вводимой в источник, позволило осуществить отвод тепла за счет теплопроводности токо- и газоподводов, легкостью обработки, хорошими вакуумными и изоляционными характеристиками /предельный вакуум в системе при наличии ИИ $3,5 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст., U проб. ~ 20 кв/мм/. Анод, диафрагмы, предназначенные для отсоса и формирования ионного пучка, и коллектор источника изготовлены из латуни и хромированы, катоды изготовлены из алюминия. Диаметр полости и отверстия для отсоса ионов — 3 мм, диаметр анодных диафрагм — 5 мм, глубина полости — 40 мм. Источник работает в импульсном режиме с длительностью импульса 50 мксек и частотой повторения 100 гц. Блок-схема системы импульсного питания приведена на рис. 4.

Формирование импульсов в блоках осуществляется с помощью искусственных линий. В блоке импульса дуги в качестве коммутирующей лампы применен тиратрон ТГ1-2,5/4. Для согласования сопротивлений и упрощения конструкции импульсного трансформатора и искусственной линии на выходе блока импульса отсоса стоит модуляторный тетрод ГИ-30 с накопительной емкостью в аноде и формирующей искусственной линией в цепи сетки.

При исследовании оптимального включения диафрагм было найдено, что ток коллектора достигает максимума и является более устойчивым в том случае, когда диафрагмы соединены с землей /- U отсоса/ через значительные сопротивления /1 мом, рис. 4/. Проведенные измерения показали, что за счет протекания ионного тока потенциалы на диафрагмах в этом случае устанавливаются примерно равными /несколько меньшими/ тем, которые необходимы для создания цилиндрического ионного пучка^{/3/}. Суммарный ток на диафрагмы составлял 40 — 50% от тока на коллектор. Следует отметить, что когда обе диафрагмы заземлены, ток на коллектор достигает 30 мА при $U_{гк} = 15$ кв.

Напряжение на измерительном сопротивлении является при этом задерживающим для вторичных электронов из коллектора, часть которых могла бы влиять на измеряемый ток. Включение в цепь второй диафрагмы выпрямителя /-1000 в/ в пределах точности измерений / $\pm 20\%$ / не приводило к изменению тока коллектора.

1У. Характеристики И.И.

Результаты исследования характеристик ИИ при изменении его параметров приведены на графиках рис. 5. На рис. 5 /а/ изображена зависимость тока дуги от напряженности магнитного поля. Разряд зажигается при поле порядка 1170 эрстед, и ток разряда монотонно возрастает с ростом магнитного поля. Однако при полях, больших 1540 эрстед, возрастание тока становится незначительным и дальнейшее повышение поля — нецелесообразным. На рис.5/б/ приведена зависимость тока дуги от давления в вакуумной камере. Разряд начинает гореть при давлении / $1,8 \div 2 / 10^{-5}$ мм рт.ст. Ток дуги имеет максимум при давлении порядка $6 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст. Расход газа при этом составляет $9 \text{ см}^3 / \text{мин}$. При дальнейшем увеличении давления в вакуумной камере до значения / $4 \div 5 / \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст. ток дуги вновь начинает возрастать, однако эта область давлений не является рабочей для данного ионного источника. Измерения проводились путем определения на экране осциллографа ИО-4 амплитуды импульса, снимаемого с эталонного сопротивления в 75 ом, включенного последовательно в цепь разряда. На рис. 5 /в,г/ приведены зависимости тока ионов на коллектор от напряженности магнитного поля и давления в вакуумной камере. Эти зависимости, в основном, соответствуя приведенным на рис. 5 /а,б/, являются, как и следовало ожидать, более резкими. При уменьшении магнитного поля ток ионов убывает не только за счет уменьшения тока дуги, но и за счет увеличения доли ионов, попадающих на диафрагмы. Уменьшением рассеяния на газе объясняется и более резкий максимум тока ионов при малых давлениях.

На рис. 6 показана зависимость ионного тока на коллектор от отсасывающего напряжения для двух давлений в разрядной камере: $6 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст. и $1,2 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.

При значении отсасывающего напряжения в 20 кв ток ионов достигает 50 ма. Измерения проводились по схеме рис. 4 путем измерения амплитуды импульса ионного тока, протекающего через эталонное сопротивление в 1 ком.

Фотографии импульса напряжения на вторичной обмотке трансформатора дуги, тока дуги и тока ионов приведены на рис. 7 /а,б,в/. Они получены с экрана осциллографа ИО-4 при подаче соответствующих напряжений непосредственно на пластины электронно-лучевой трубки. Метки расположены с интервалом в 10 мксек. Пик напряжения на вторичной обмотке трансформатора дуги в начале импульса /до зажигания разряда/ достигает 3,5 кв.

С целью выяснения возможности получения значительных токов в разряде, что может представлять интерес для источников многозарядных ионов, была также исследована зависимость тока дуги от приложенного напряжения при уменьшенном до 50 ом балластном сопротивлении и коэффициенте трансформации импульсного трансформатора дуги примерно равном единице. Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

$P = 1,5 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.,		$H = 1800$ эрстед			
$U_{\text{втор. тр-ра}}$	в	375	475	556	650
$I_{\text{дуги}}$	а	5	7	8,5	10,5

Как видно из таблицы, при изменении тока дуги от 5 а до 10а напряжение на дуге оставалось постоянным и равным 125 в. Пик напряжения /до зажигания дуги/ достигал $3 \div 4$ кв.

Необходимо, однако, отметить, что как напряжение на разряде, так и ток разряда не являлись достаточно стабильными.

У. Заключение

Как видно из приведенных выше результатов исследования ионного источника с полостным катодом, наличие полости в одном из катодов обеспечило высокую плотность разрядного тока / $j \approx 10^a / \text{см}^2$ / при работе в объеме с высоким вакуумом, а также позволило увеличить диаметр отверстия в другом катоде для отсоса иочов до значения близкого к диаметру анодных диафрагм, что привело к значительному увеличению ионного тока.

Конструкция установки, в которой проводилось исследование ИИ, не позволила осуществить анализ ионного тока, однако, известно, что в ИИ с разрядом типа Пеннинга при токах дуги 1 - 2 а ионы H_1^+ составляют от 50 до 90% /4,5,6/.

Таким образом, благодаря использованию полостного катода в разряде типа Пеннинга, удалось создать ионный источник, который наряду с общеизвестными достоинствами источников с холодными катодами способен отдавать значительные ионные токи при отсосе вдоль магнитного поля /до 50 ма при $U_{ac} = 20$ кв/, устойчиво работая в объеме с высоким вакуумом порядка / $5 - 8 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 марта 1960 года.

Л и т е р а т у р а

1. R.S. Livingston and R.J. Jones, Rev. Scient. Instr., 25, 552 (1954).
2. C.B. Mills and C.F. Barnett, Rev. Scient. Instr., 25, 1200 (1954).
3. D.E. Radley, Journ. of Electronics and Control, IV, 125 (1958).
4. М.Д.Габович, О.Ф.Немец, З.П.Федорус. Украинский физ.журнал, 111, №1,
104, /1958/.
5. J.D. Gow and J.S. Foster, Rev. Scient. Instr., 24, 606 (1953).
6. C.E. Anderson and K.W. Ehlers, Rev. Scient. Instr., 27, 809 (1956).

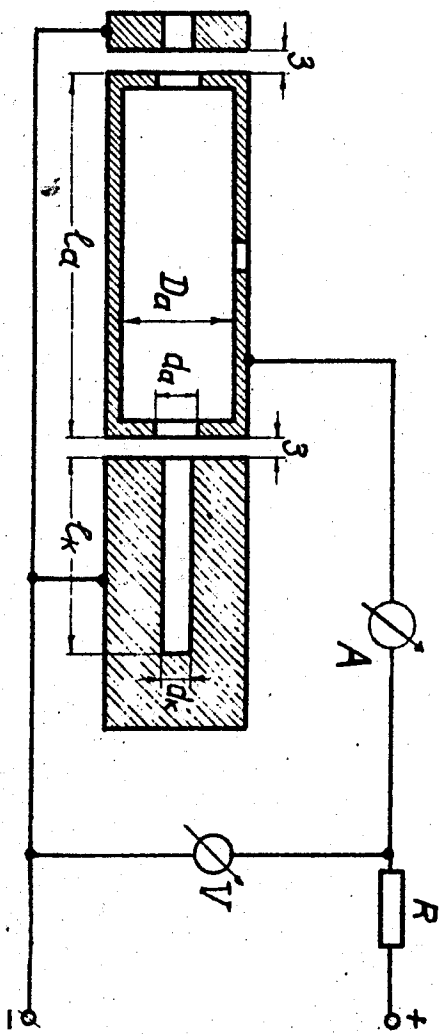


Рис. 1.

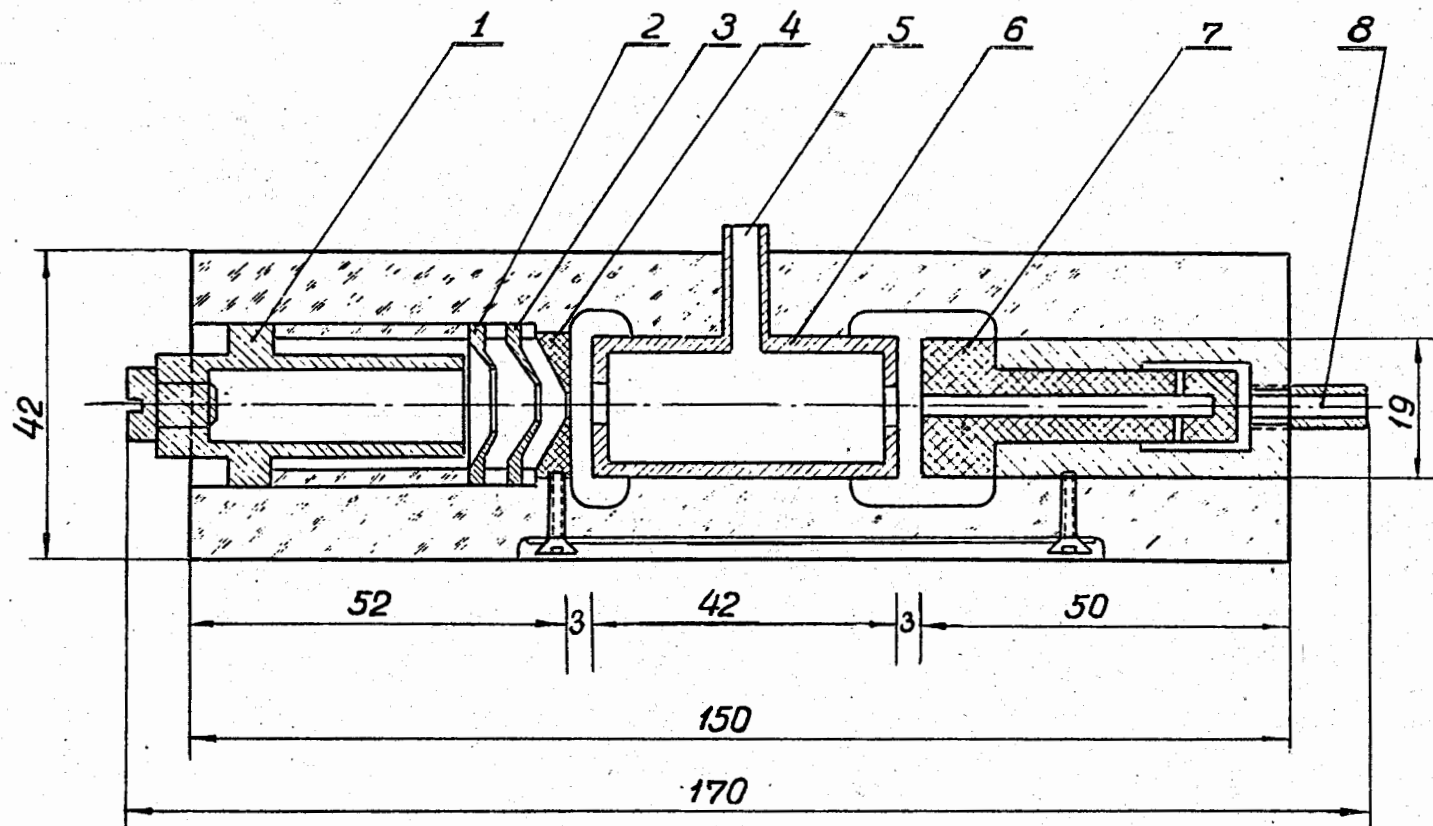


Рис. 2. 1 - коллектор, 2,3 - диафрагмы, 4 - катод, 5,8 трубки для подачи газа, 6 - анод, 7 - полостной катод.

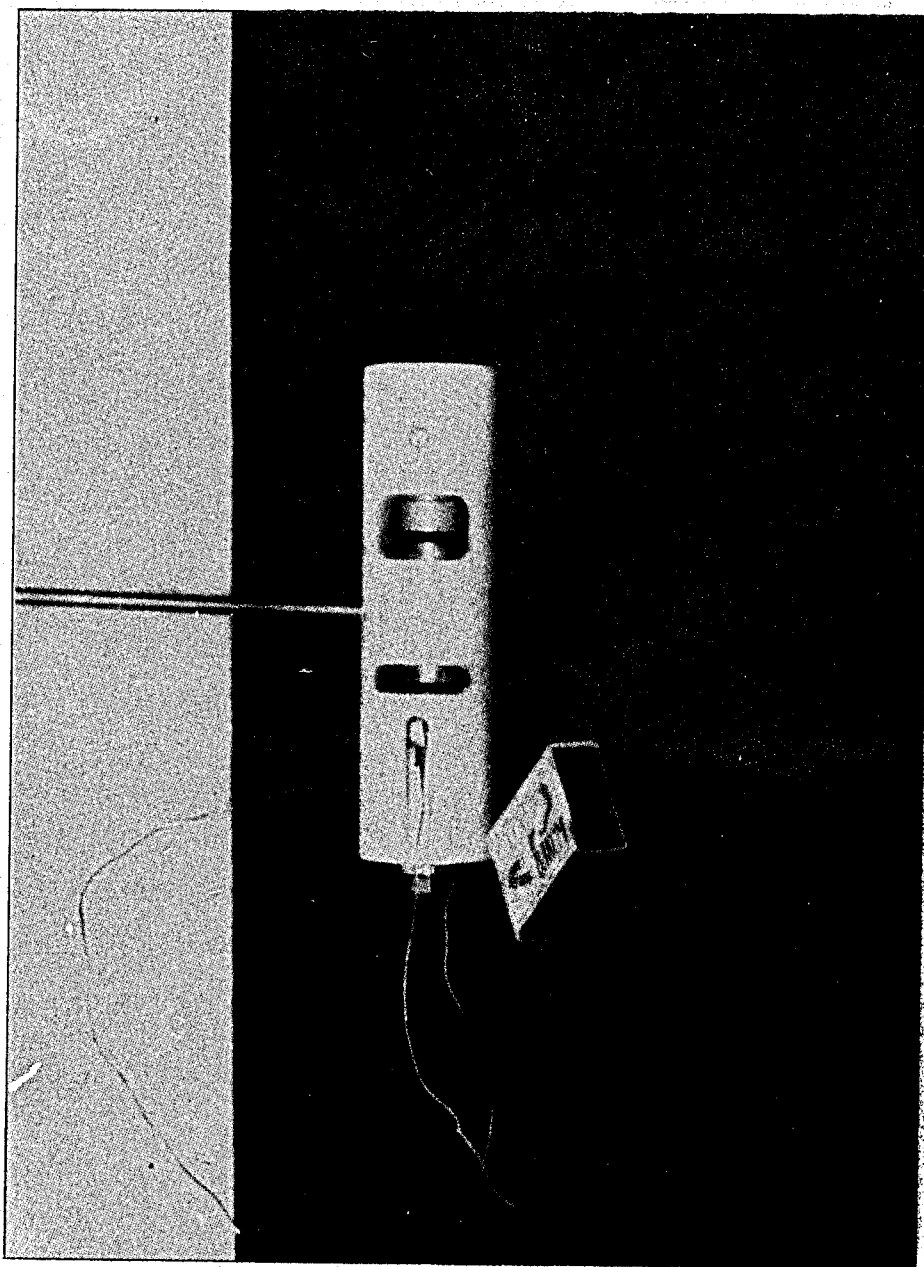


Рис.3 /а/

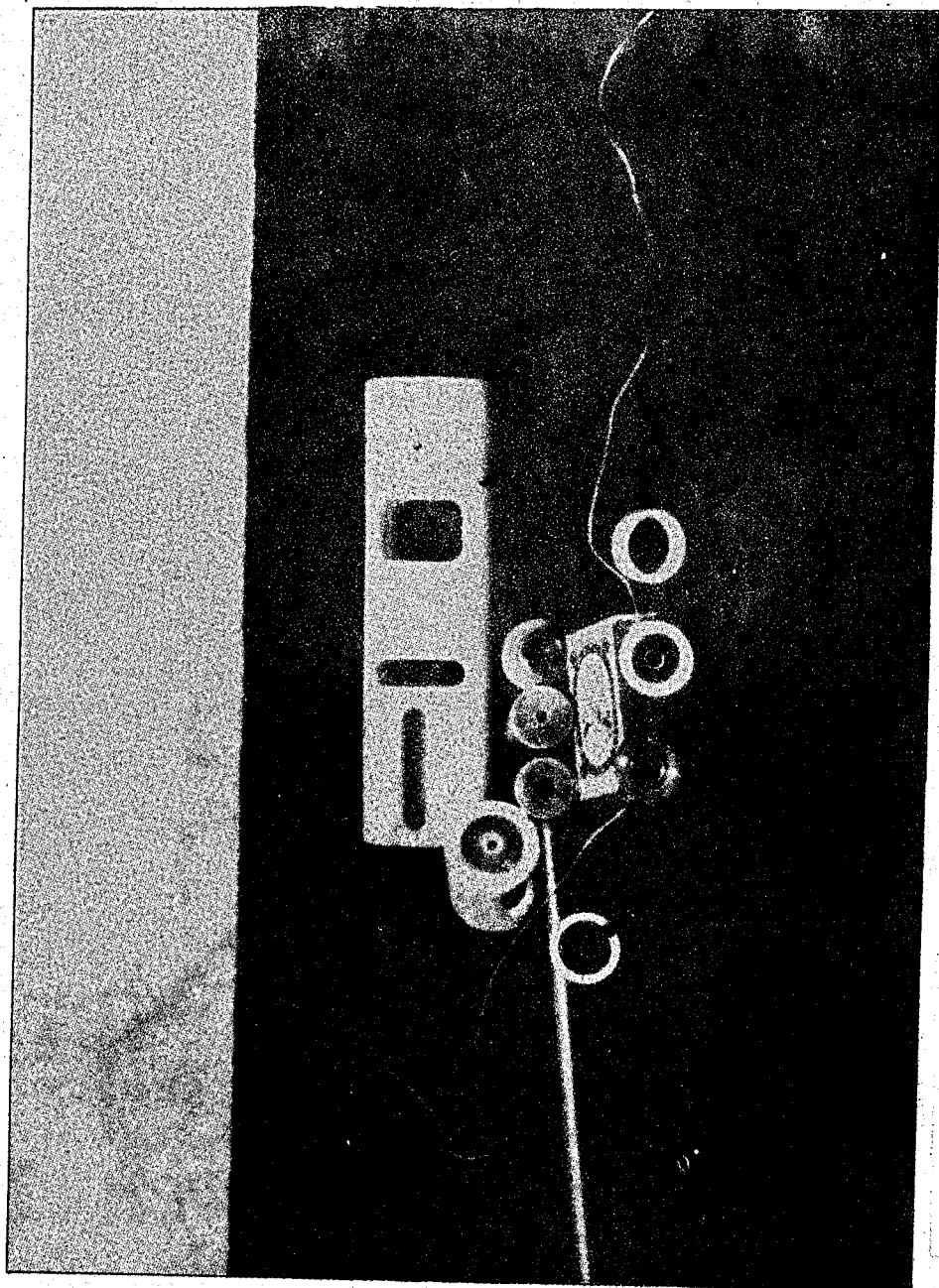


Рис. 3 /б/.

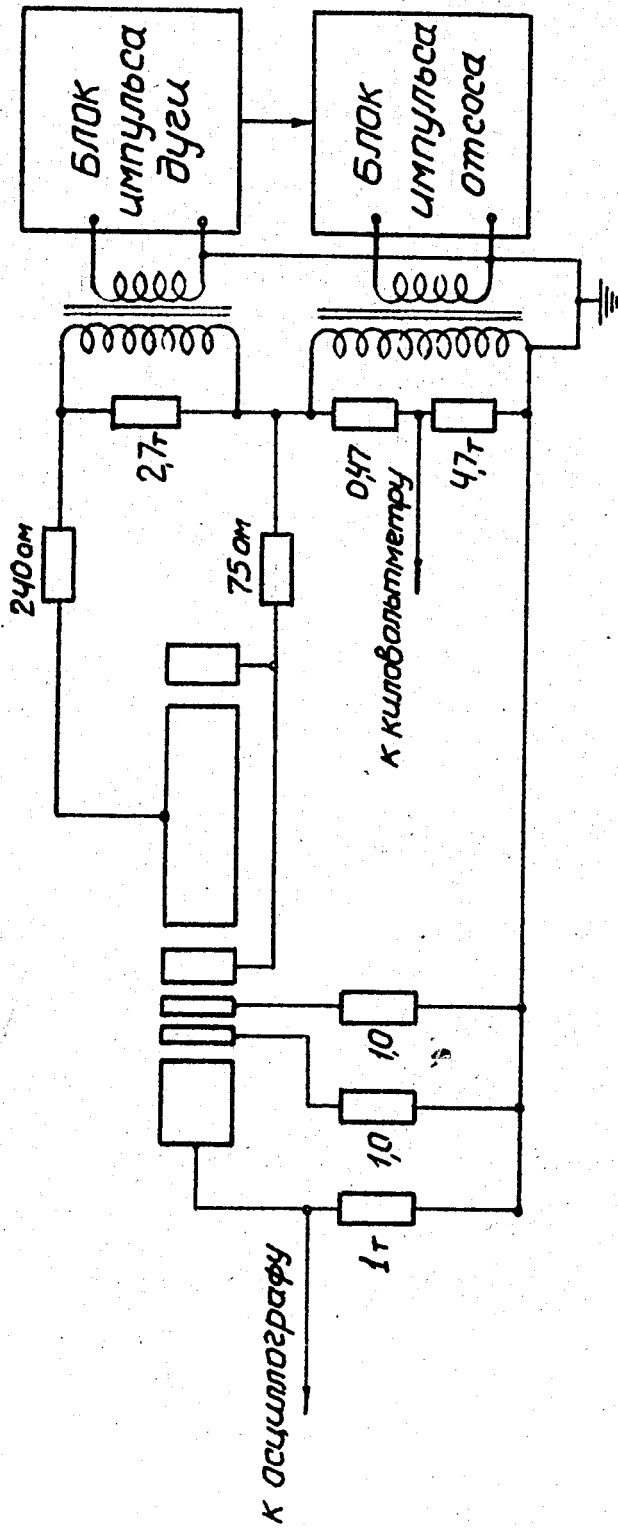


Рис. 4.

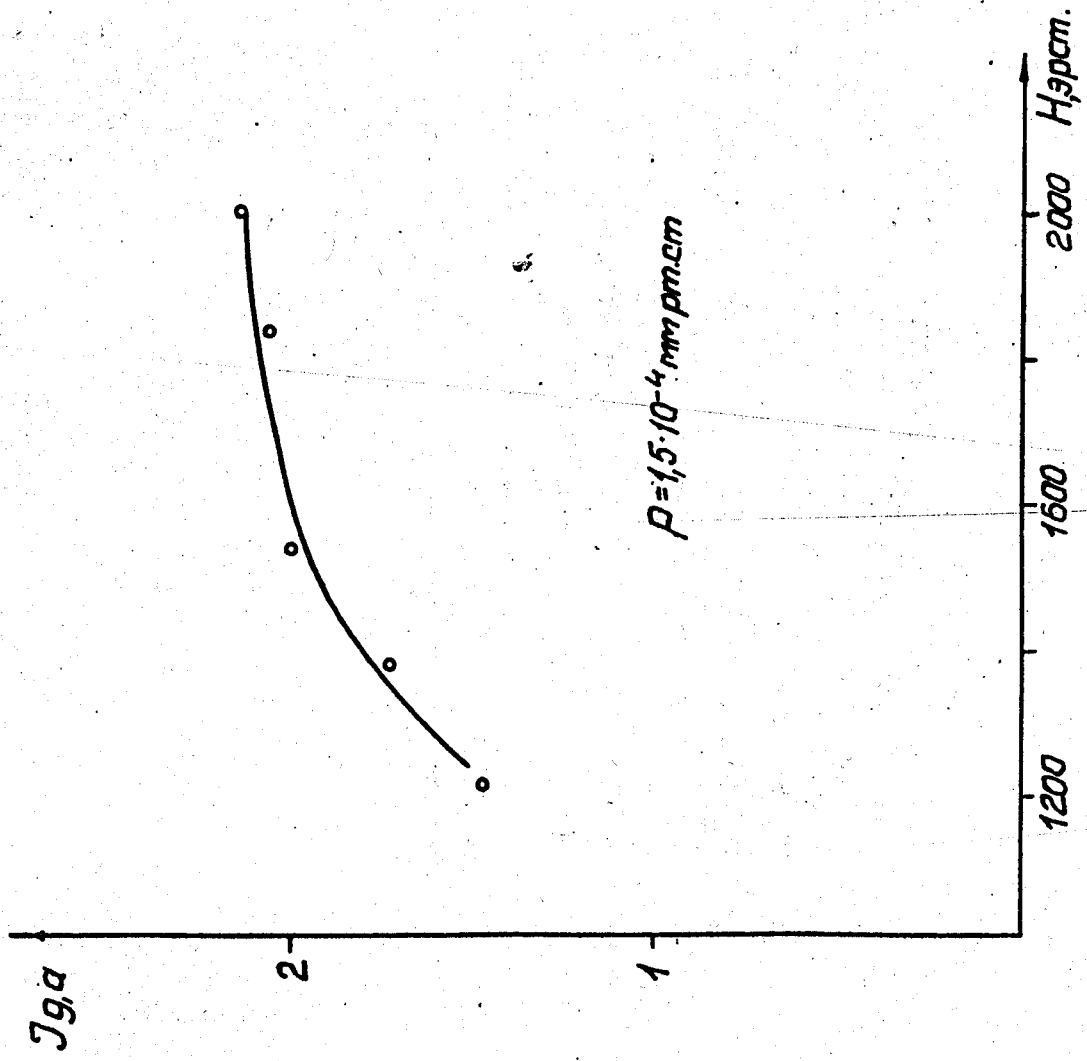


Рис. 5 /а/

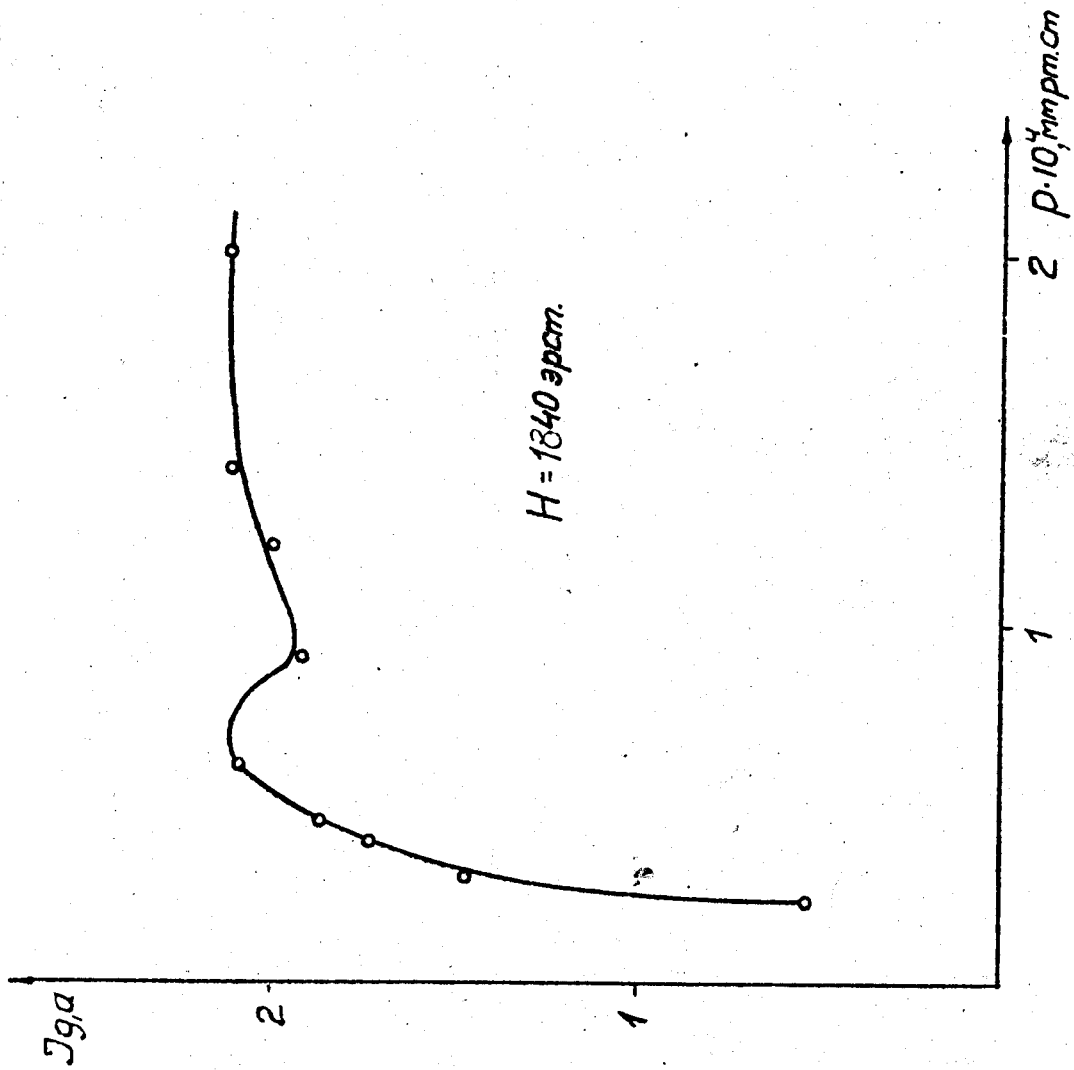


Рис. 5 /6/.

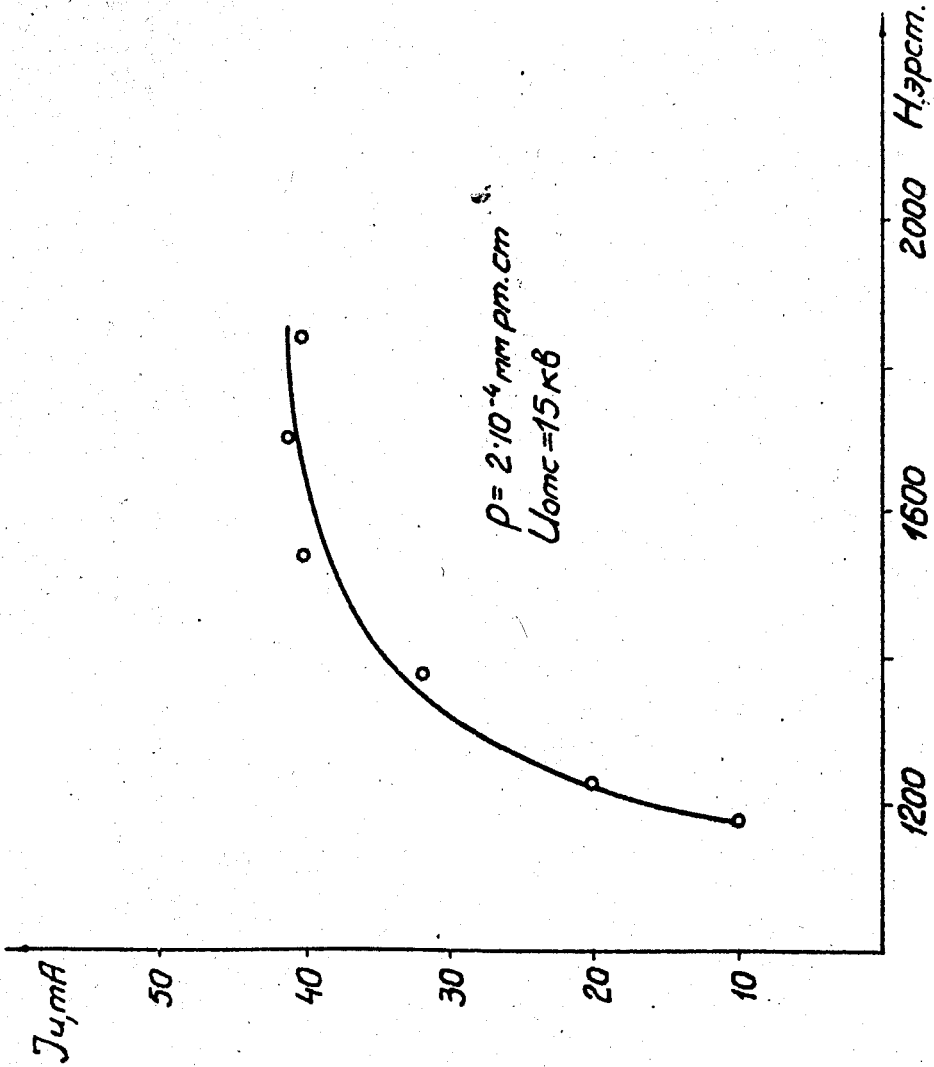


Рис. 5 /в/.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

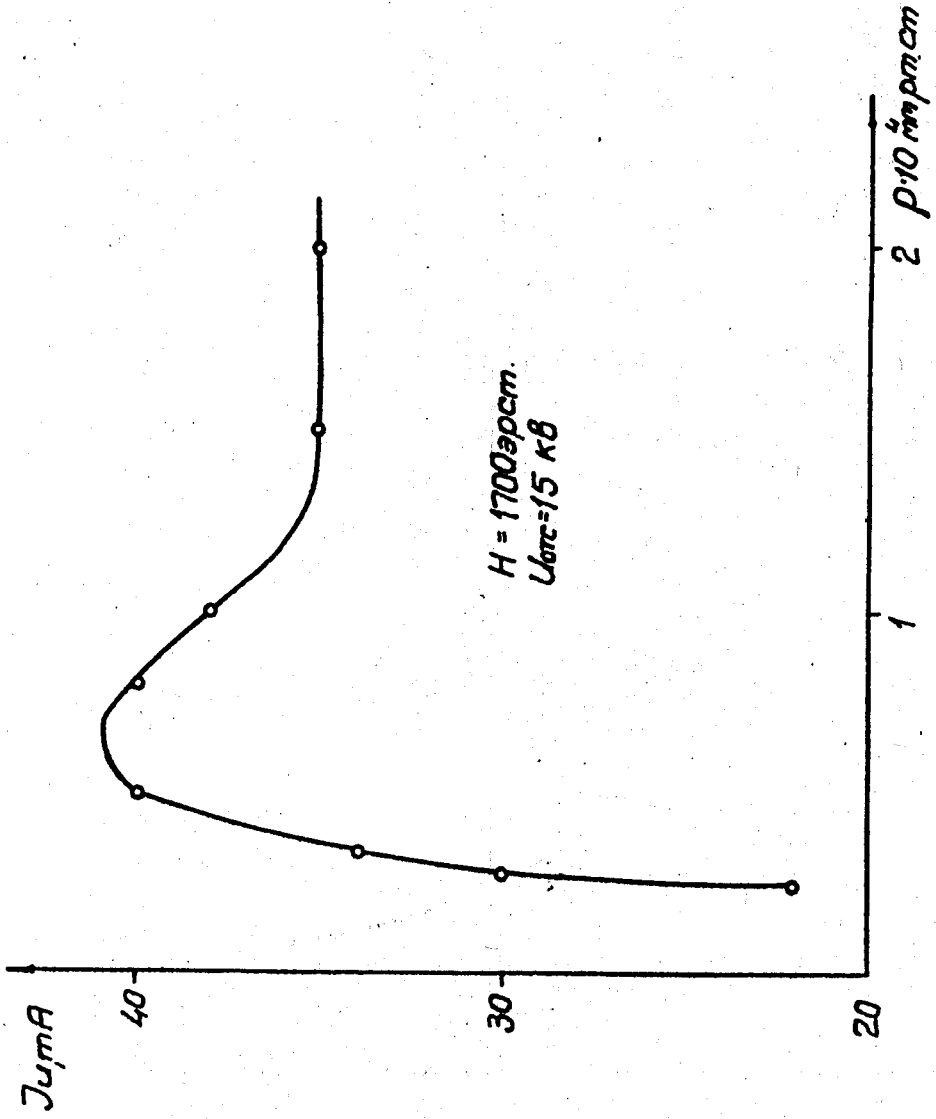


Рис. 5 /Г/.

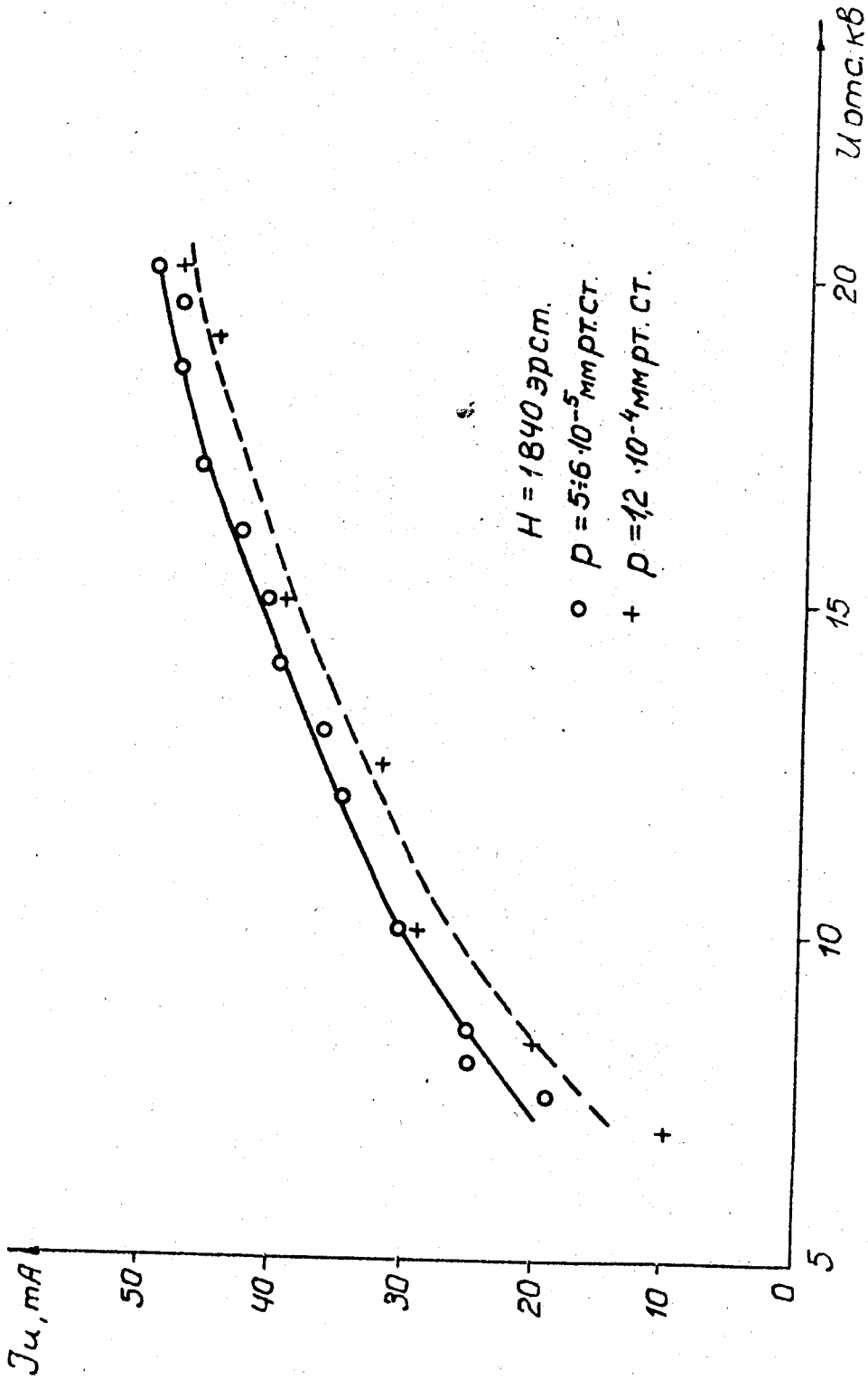


Рис. 6.

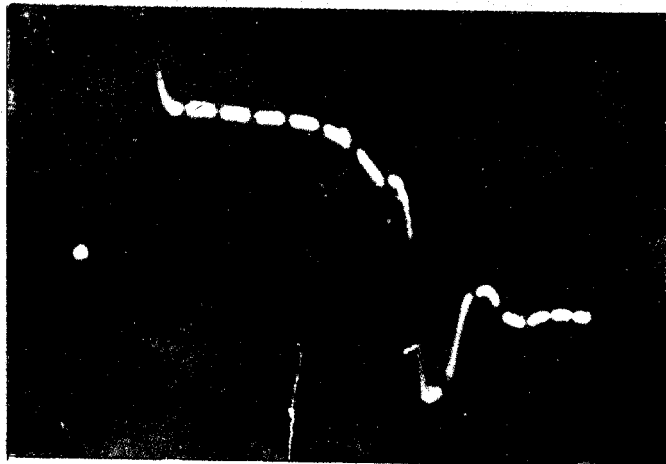


Рис. 7 /а/.

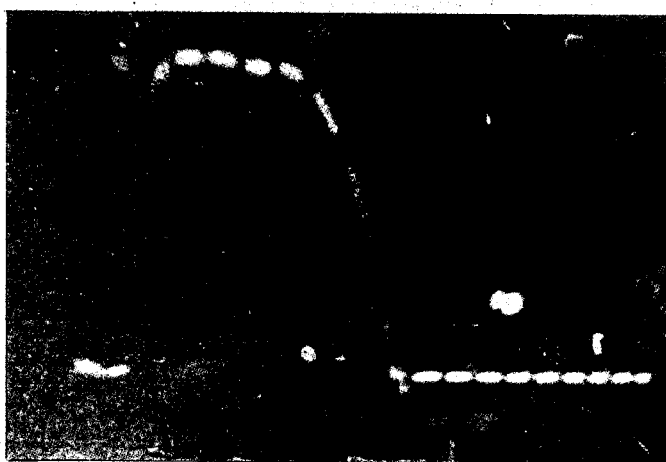


Рис. 7 /б/.

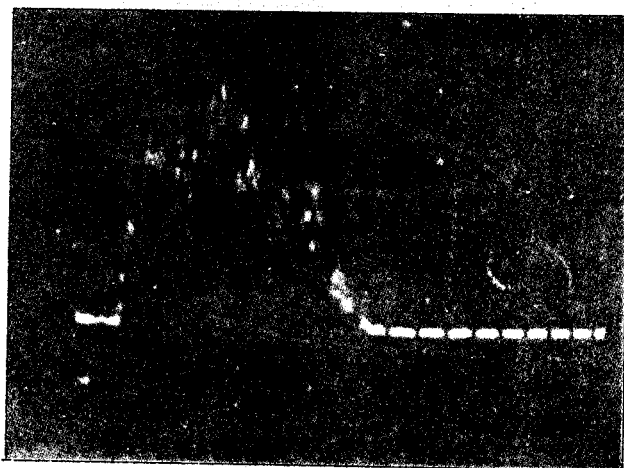


Рис. 7 /в/.