

ТРУДЫ

**Среднеазиатского научно-исследовательского
института ирригации**

Выпуск 38

Инж. С. Т. АЛТУНИН

Временно

ИНСТРУКТИВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО УЧЕТУ СТОКА ДОННЫХ НАНОСОВ ПРИБОРАМИ

В окончательной редакции проработано комиссией в составе С. Т. Алтунина, Н. А. Казакова, Н. И. Теперина, М. А. Халавченко и Е. М. Тимофеева

САНИИРИ

ТАШКЕНТ, 1936

ТРУДЫ

Среднеазиатского научно-исследовательского
института ирригации

Выпуск 38

Инж. С. Т. АЛТУНИН

Временко

ИНСТРУКТИВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО УЧЕТУ СТОКА ДОННЫХ НАНОСОВ ПРИБОРАМИ

17934 .

В окончательной редакции прера-
ботано комиссией в составе С. Т. Ал-
тунина, Н. А. Казакова, Н. И. Те-
перина, М. А. Халавченко и Е. М.
Тимофеева

САНИИРИ

ТАШКЕНТ, 1936

ОГЛАВЛЕНИЕ

1— Введение	3
2— Выбор створа и оборудование полевой лаборатории . . .	7
3— Конструкция приборов	8
4— Метод взятия проб и их обработка	12
5— Некоторые частные способы измерения движения наносов .	21
6— Заключение	22
7— Две формы для учета стока наносов	24

Ответ редактор Г. И. Антокольский

Ответственный редактор А. —

Технический редактор Е. П. Глаголева

Сдано в производство 13/VI 36 г.

Подписано в печать 27/IX 36 г.

Узлит 04521. Тираж 2000+52 А, 1¹⁴/₁₆ п. л. Заказ № 1387

Ташкент, Узполиграфкомбинат им. Ибрамова 1936 г.

1. Введение

Водные потоки в природе почти всегда перемещают большее или меньшее количество твердых отдельностей различной формы, веса и линейных размеров, поступающих в них от разрушения горных пород и слагающих их ложе.

Часть таких твердых отдельностей (наносов) перемещается потоком практически неразрывно с некоторыми окружающими их водными массами, так называемые „взвешенные наносы“. Другая часть их перемещается потоком настолько отлично от перемещений окружающих их масс воды, что отождествлять практически движение тех и других нельзя, это—так называемые „донные наносы“.

Одни и те же наносы в различных местах водного потока и в различные моменты могут перемещаться и в виде „взвешенных“ и в виде „донных“, это определяется состоянием движения потока, весом, величиной и формой этих наносов, но, кроме того, между областями того и другого вида движения устанавливается состояние подвижного равновесия. Отдельные твердые частицы из состояния „донных“ наносов (более мелкие) переходят в состояние „взвешенных“. Одновременно другие частицы, наоборот, из состояния „взвешенных“ переходят в „донные“.

Наиболее крупные частицы из состава донных не поднимаются над дном более некоторого предела, другие, более легко подвижные, перемещаются почти равномерно во всей массе потока, за исключением лишь некоторого придонного слоя, в котором в результате получается более сгущенный слой с преобладанием частиц более крупных фракций.

Явления перемещения водными потоками „донных наносов“ до настоящего времени слабо изучены, не разрабо-

тано даже общепризнанных методов и аппаратуры измерения расхода их.

Настоящей временной инструкцией имеется в виду преподать некоторые принципы для выбора и конструирования соответствующей аппаратуры, методов измерения и учета расхода „донных наносов“ с учетом тех характерных особенностей перемещения водными потоками донных наносов, которые можно считать достаточно прочно установленными к настоящему моменту.

К этим характерным чертам рассматриваемого явления, должно отнести нижеследующее:

1. Донные наносы перемещаются потоком не только отдельными частицами, влекомыми по дну и в придонных слоях, но, кроме того, они перемещаются как бы вместе с дном реки (слоем относительно малой толщины) в виде отдельных гряд или рифелей, с пологим верховым и крутым низовым откосом, имеющих при неизменных условиях некоторую определенную высоту гребня и длину между гребнями.

Движение гряд или отдельных частиц происходит прерывисто и с непостоянной скоростью: то они перемещаются в виде отдельных частиц с переменной скоростью, то через некоторое время эта же частица перемещается вместе с общей массой смеси в виде гряды или рифеля с другой уже наименьшей скоростью, а временами движение их приостанавливается совершенно.

В состав смеси перемещающейся по дну наносов входят частицы различной крупности, в том числе и те, которые перемещаются во взвешенном состоянии, а не исключительно те, более крупные частицы, которые в данных условиях вообще не поднимаются на значительную высоту над дном.

2. Толщина перемещающегося по дну слоя, состоящего из отдельных перемещающихся частиц, изменяется как по ширине и длине потока, так и в каждой данной точке во времени, и при том не только в зависимости от изменчивости гидравлического состояния потока, но и при неизменном гидравлическом состоянии. Высота донных движущихся гряд-рифелей на горных реках доходит до 15—20 см, на реках типа Аму-дарьи—до 2—2,5 м.

3. По ширине русла поток донных наносов обычно занимает только часть ее одной или несколькими полосами, которые называются „активными полосами“. Ширина активной полосы для данного створа не является неизменной, она колеблется около некоторого предела, меняюще-

гося с изменением расхода воды. Наибольшая ширина активной полосы, возможная в данном створе, называется предельной шириной, для данного створа это величина постоянная (такое понятие, например, вводит Шоклич в своих формулах). Конечные точки активной полосы не являются точками нулевого расхода.

Пульсация расходов донных наносов при опытах в стеклян-
ном лотке СЯНИИДИ.
длительность держания прибора $t = 30''$

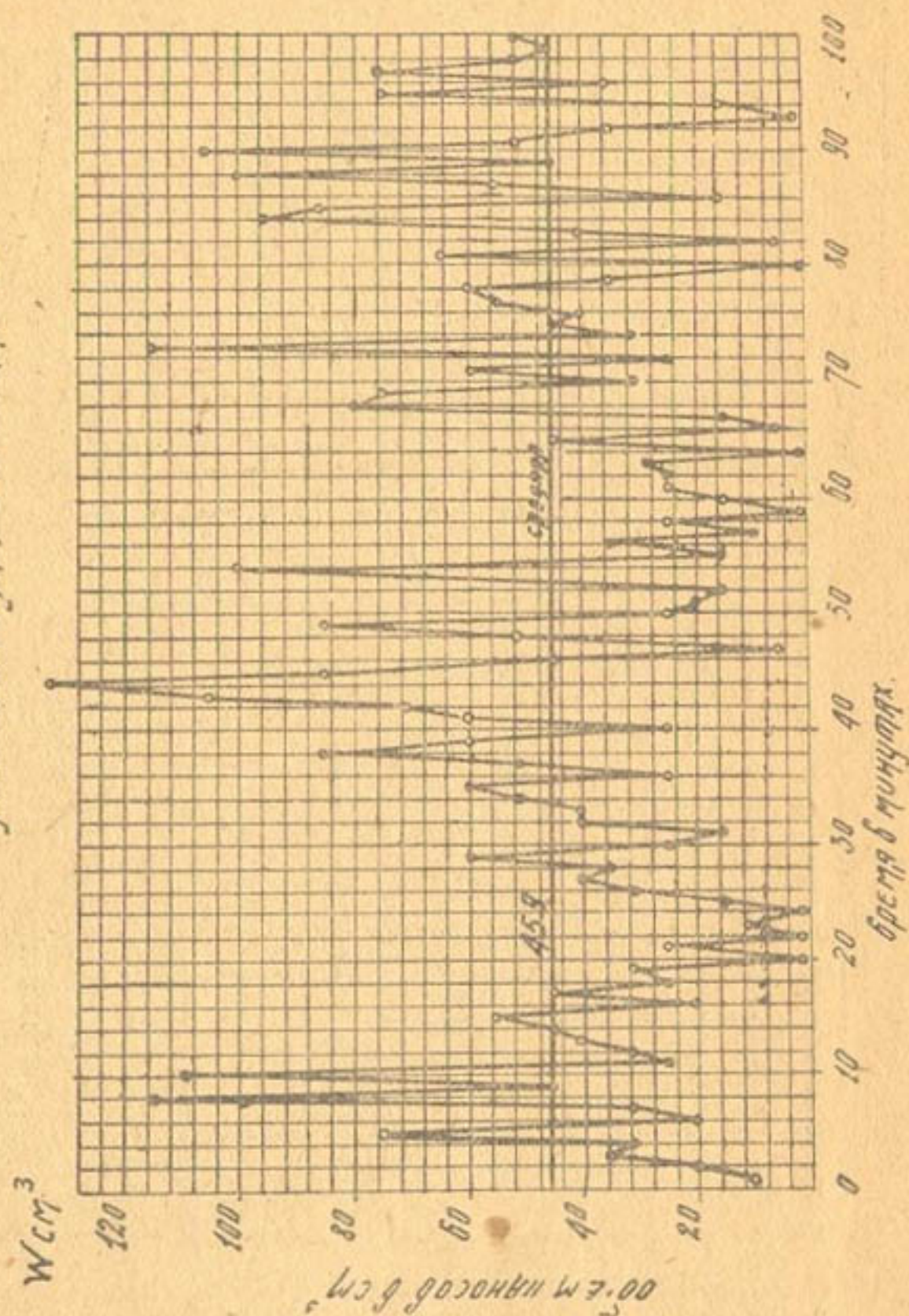


Рис. 1

4. Количество донных наносов, проходящее в единицу времени над данным элементом, взятым по ширине русла при неизменном расходе воды в потоке, не являет-

ся величиной постоянной во времени. Она изменяется в очень широких пределах, от нуля и даже отрицательных величин (наносы движутся временами в обратном общему течению направлению) до весьма значительных величин, в 2, 3 и 4 раза превышающих среднюю величину. Пери-

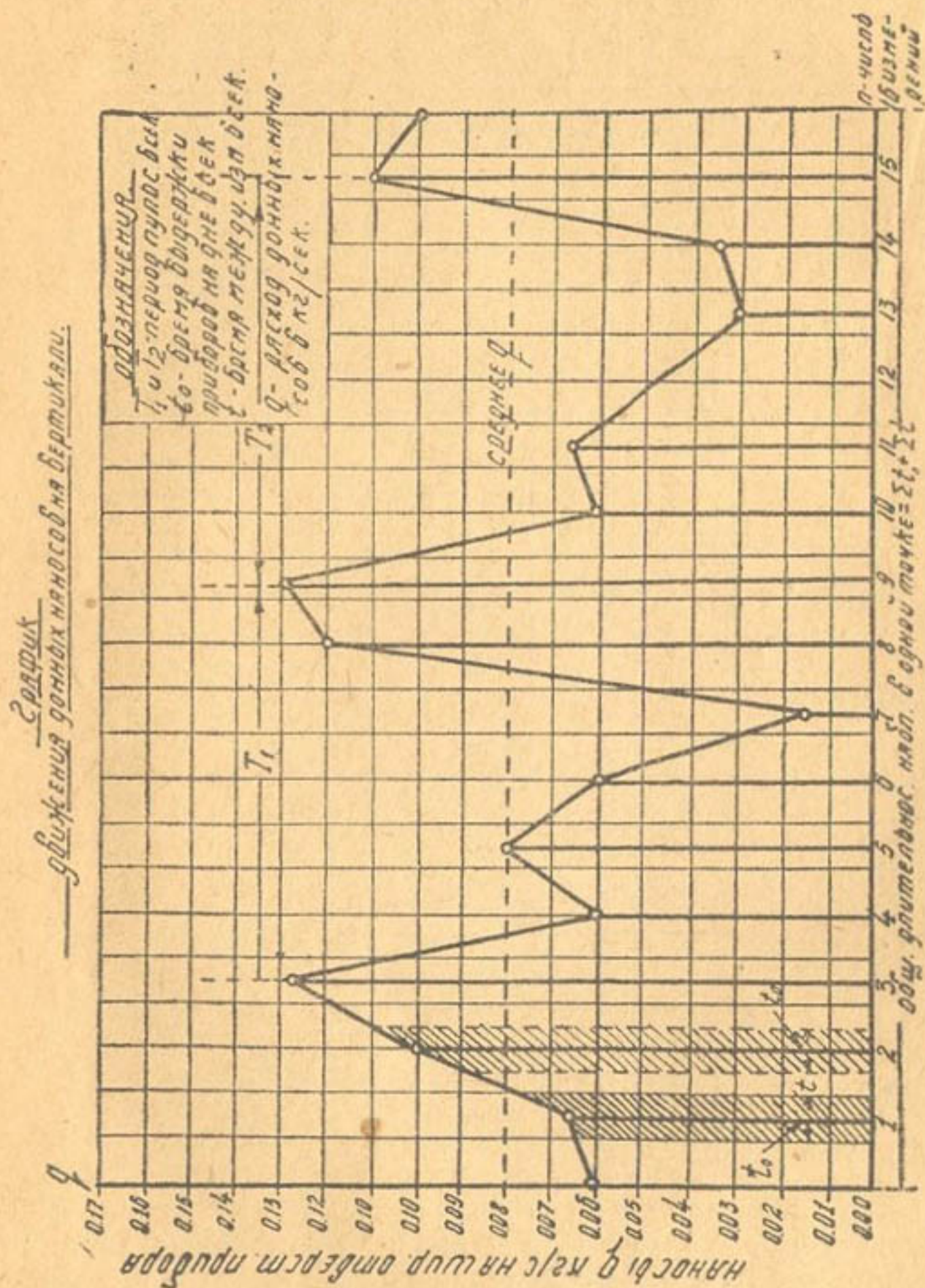


Рис. 2

оды таких изменений тоже изменчивы по времени и достигают весьма значительной длительности. Например, Шоклич указывает на 18-минутные периоды, экспедиция Санири на канале Шаарихан-сай в Фергане наблюдала периоды около 27 минут, на Сурхан-дарье — 18 минут, на Исфайрам-сае — 21 минута, в опытном лотке Санири (рис. 1) наблюдались периоды в 12 — 18 минут. Это явление называется пульсацией расхода „донных наносов“, период почти одинакового повторения расходов донных наносов называется периодом пульсации и обозначается буквой T (рис. 2).

При конструировании приборов для измерения расходов донных наносов и при установлении методов измерений, перечисленные характерные черты этого явления должны обязательно учитываться, так как иначе случайные влияния настолько будут искажать результаты измерений, что таковые не будут иметь никакого практического значения ни в отношении выявления действительной качественной стороны явления, ни даже хотя бы в отношении сравнительной его оценки для различных потоков или для одного потока, но в различные периоды времени.

II. Выбор створа и оборудование полевой лаборатории

1. При выборе створа для измерений расхода донных наносов должно руководствоваться теми же правилами, которыми руководствуются при выборе створа для гидрометрических измерений вообще.

Но при этом должно быть обращено сугубое внимание на отсутствие подпора или спада на участке расположения створа и местных явлений, увеличенного или уменьшенного поступления наносов (подмыв берега, впадение притока или сухого сая с большим количеством наносов и т. п.).

Если измерения должны производиться в районе существующих гидрометрической станции или поста, то использование для измерения расхода донных наносов существующего гидрометрического створа допускается лишь в случае безусловного выполнения на нем вышеуказанных обязательных условий, в противном случае створ должен быть выбран вновь.

При этом должно производиться наблюдение горизонтов и измерение расходов воды и взвешенных наносов и на этом, вновь выбранном створе.

Если точки взятия проб донных наносов не совпадают с точками измерения скоростей для определения расходов

воды, то дополнительно на тех вертикалях, где берутся пробы донных наносов, нужно у дна измерить донные скорости с целью выявления ее пульсации.

2. При использовании для замеров расходов донных наносов оборудования существующих гидрометрических створов, необходимо иметь в виду большие нагрузки на мостики и тросы против тех нагрузок, какие имеют место при гидрометрических измерениях, т. к. для удержания ловительных приборов требуются большие усилия и при надобности нужно соответственно усиливать дополнительными устройствами.

3. При пунктах, назначенных для измерений расходов донных и взвешенных наносов, обязательно организуется полевая лаборатория для просушивания, взвешивания, определения объемов и удельного веса наносов и их гранулометрического состава.

Лаборатория оборудуется следующим основным инвентарем:

1. Приборами и оборудованием для просушивания и анализа взвешенных наносов согласно имеющемуся в инструкции списку по учету стока взвешенных наносов.

Дополнительно для анализа донных наносов в полевой лаборатории следует иметь:

2. Набор грохотов или сит для донных наносов.

3. Двое весов: технические и торговые с комплектами разновесок и гирь.

4. Полога для просушивания проб, фильтровальной бумагой, мензурками разной величины, бутылками, мешечками, ведрами, тарой для хранения проб, примусами для просушивания и необходимым мелким вспомогательным инвентарем и материалами.

III. Конструкция приборов

§ 4. Конструкция и размеры приборов должны соответствовать условиям протекания потока и с гранулометрическим составом влекомых по дну наносов.

Все существующие приборы по измерению донных наносов можно разделить на две большие группы:

1. Приборы для улавливания песчаных наносов в реках равнинных и с более спокойным течением.

2. Приборы для улавливания более крупных наносов (гальки) в реках горного и предгорного типа с галечниковым дном и значительными скоростями течения.

ПРИБОРЫ
для улавливания насекомых

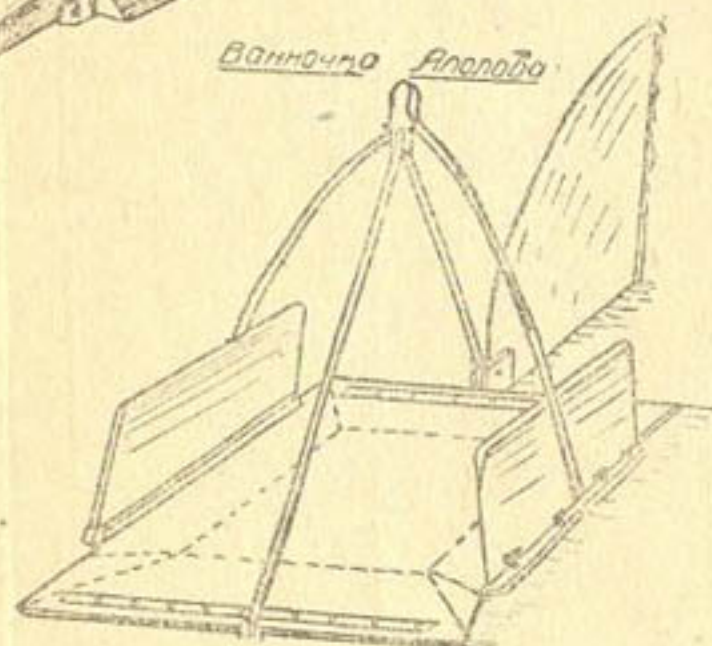
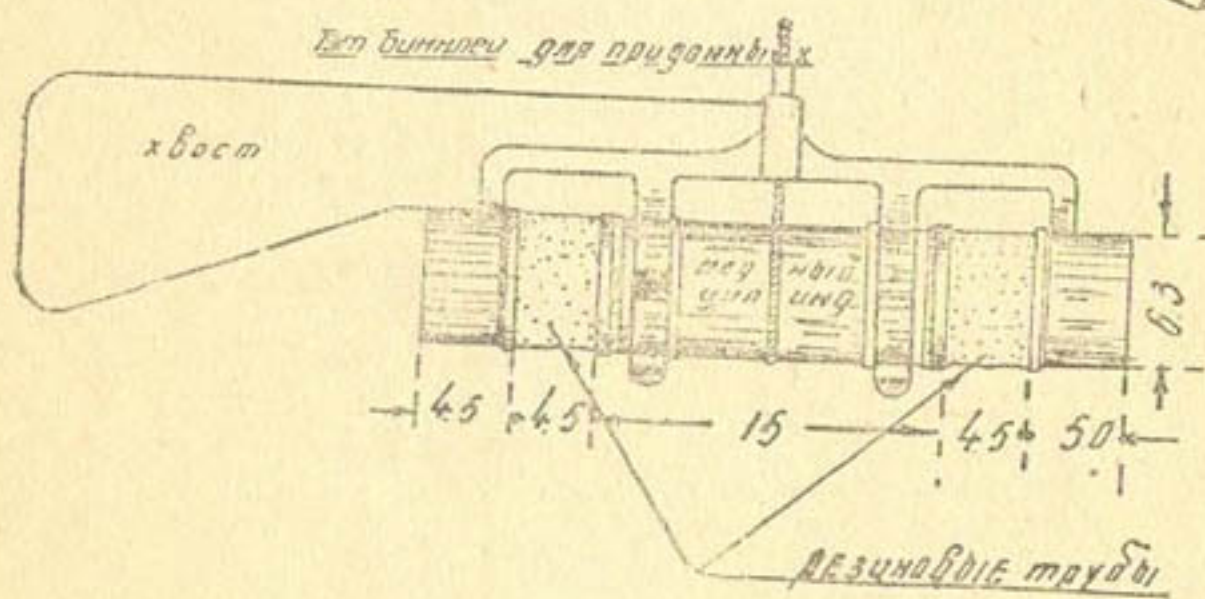
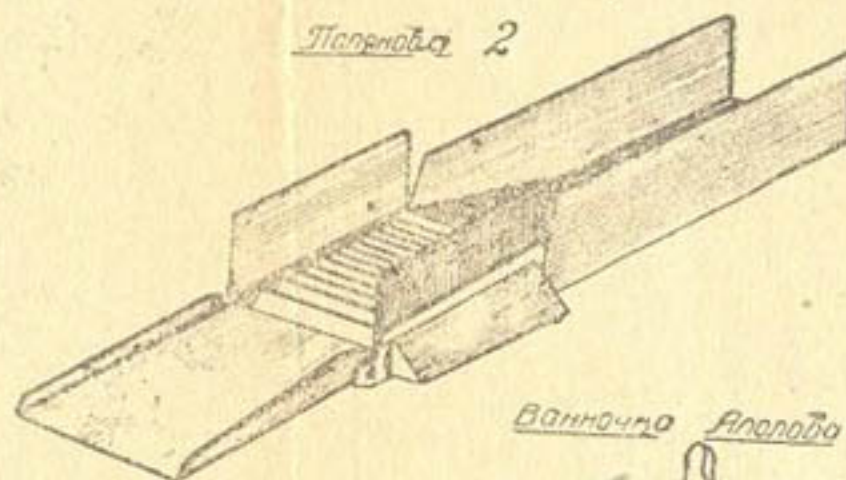
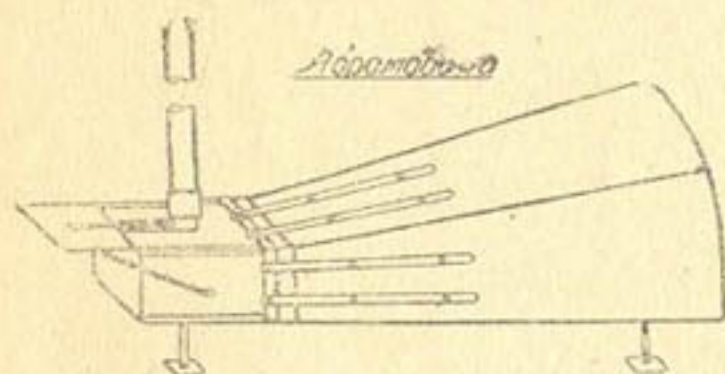
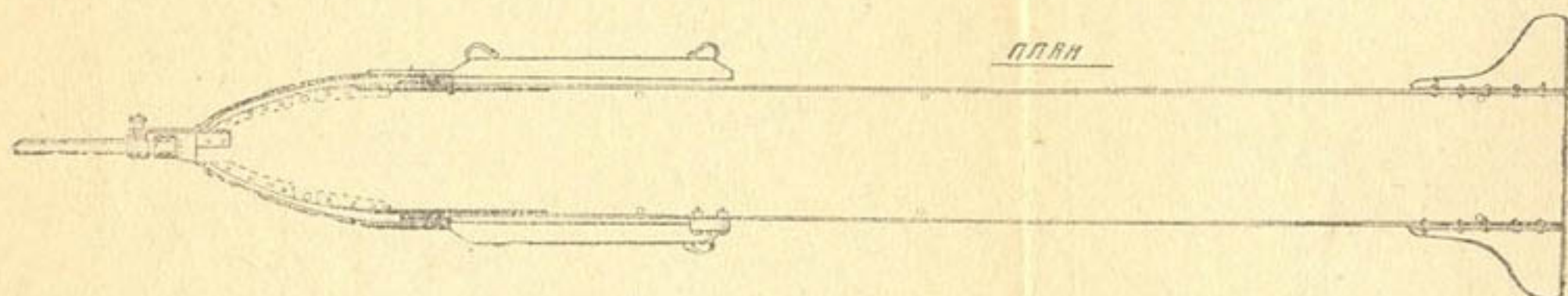
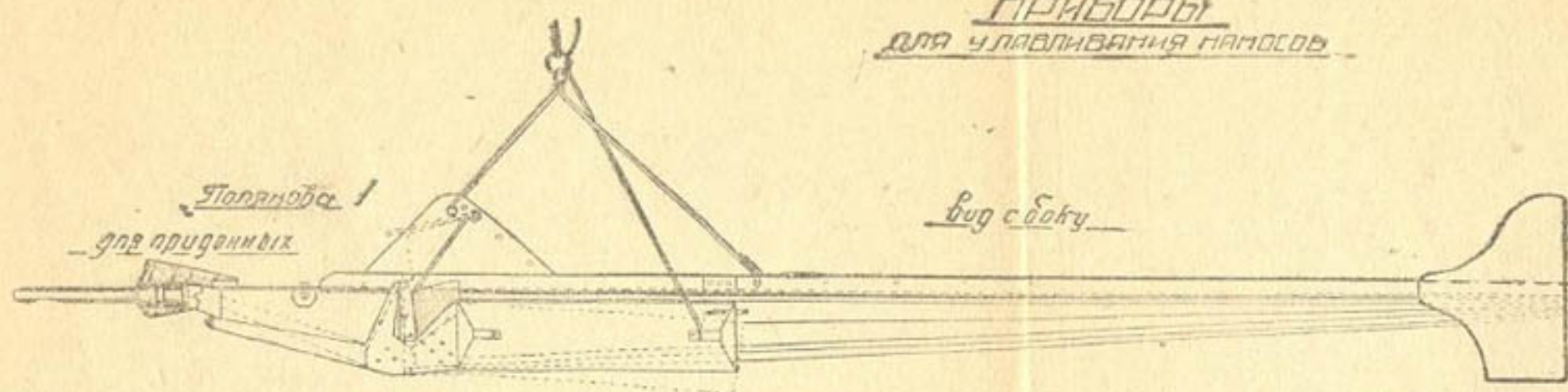


Рис. 3

К приборам первой группы относятся ванночка Аполова, грунтоуловитель Полякова, Пастрюлина.

К приборам второй группы относятся всякого рода сетчатые приборы системы Санири с кожухом и без кожуха (сачек), Мильхофер, Абрамовича, рис. 3 и 4.

В Средней Азии для измерения донных наносов на горных реках (в большинстве случаев) применяются сетчатые приборы типа Санири и на равнинных реках прибор Полякова.

§ 5. Наиболее простые по изготовлению и удобные при измерении сетчатые приборы (рис. 4) имеют форму 4-угольных корзин. Длина этих приборов более высоты и ширины в 3,5—4,0 раза. Крупность ячеек сетки не должна быть малой с тем, чтобы они не быстро забивались и тем самым не создавалось бы дополнительного препятствия для входа донных наносов в прибор.

§ 6. Для потоков, где крупность донных наносов не превосходит 1—2 мм в диаметре и имеется рыхлое русло, измерение можно производить прибором Пастрюлина или Полякова.

Для рек, где крупность влекомых по дну наносов достигает 5—15 см в диаметре, применяются сетчатые приборы с кожухом и ячейками 2×2 мм. Ширина и высота прибора должна быть 20×20 см, длина 75 см. Прибор должен быть жестким, с каркасом.

Для потоков, где крупность донных наносов доходит до 20—25 см в диаметре и сравнительно неровное русло (русло покрыто отдельными камнями или булыгами) ши-

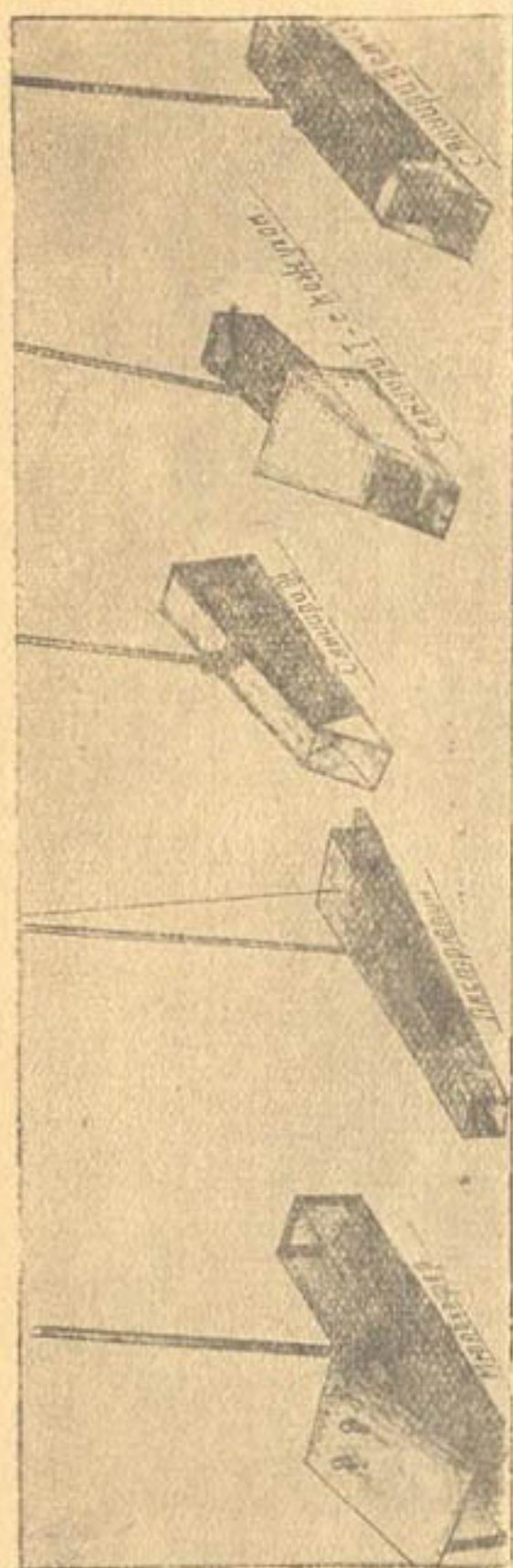


Рис. 4

рина и высота прибора должна быть не менее 25×25 см
длина 100 см. Крупность ячеек сетки 10×10 мм. Прибо-
рами для улавливания могут быть типы Санири с ко-
жухом или в виде сачка.

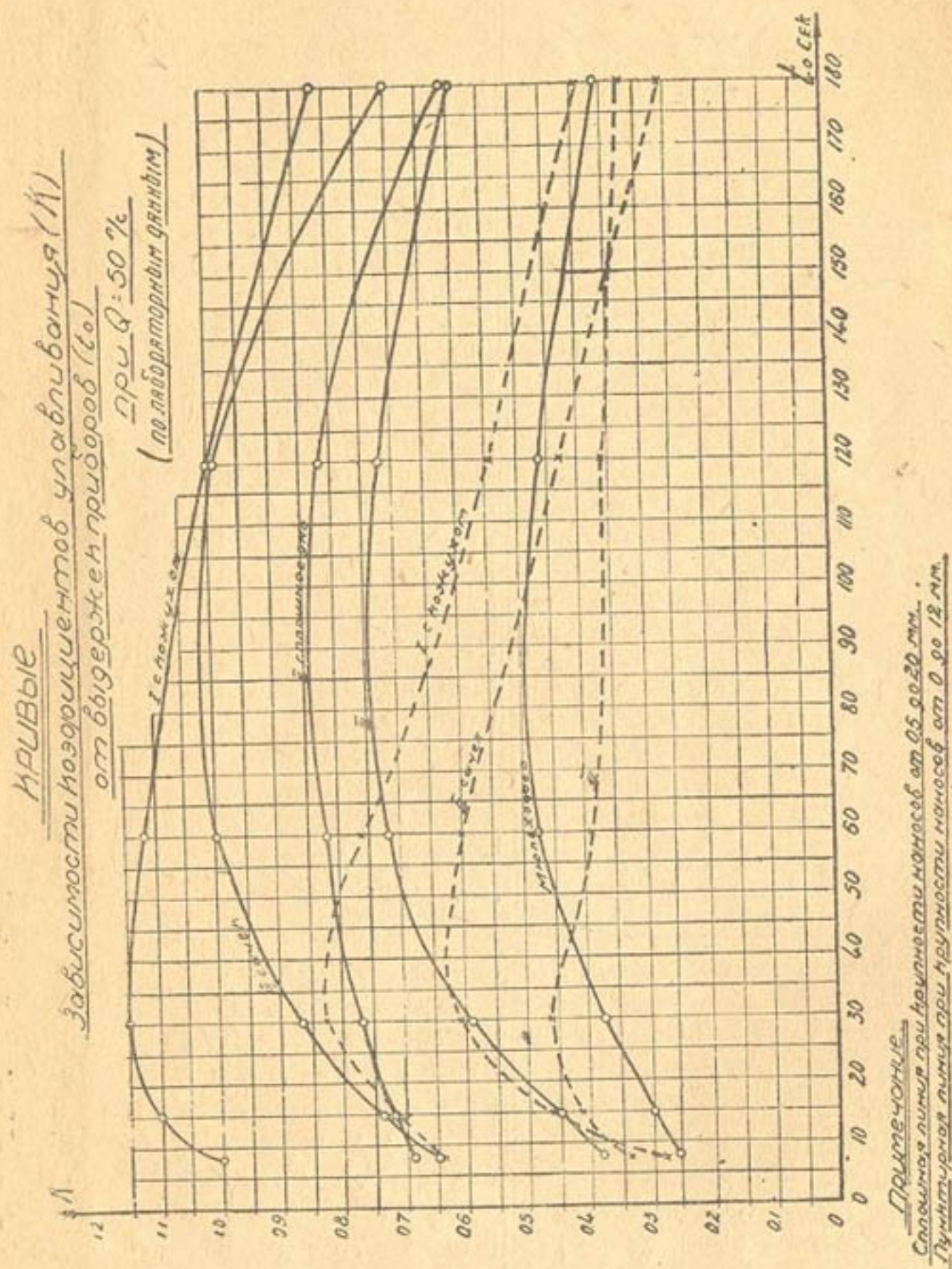
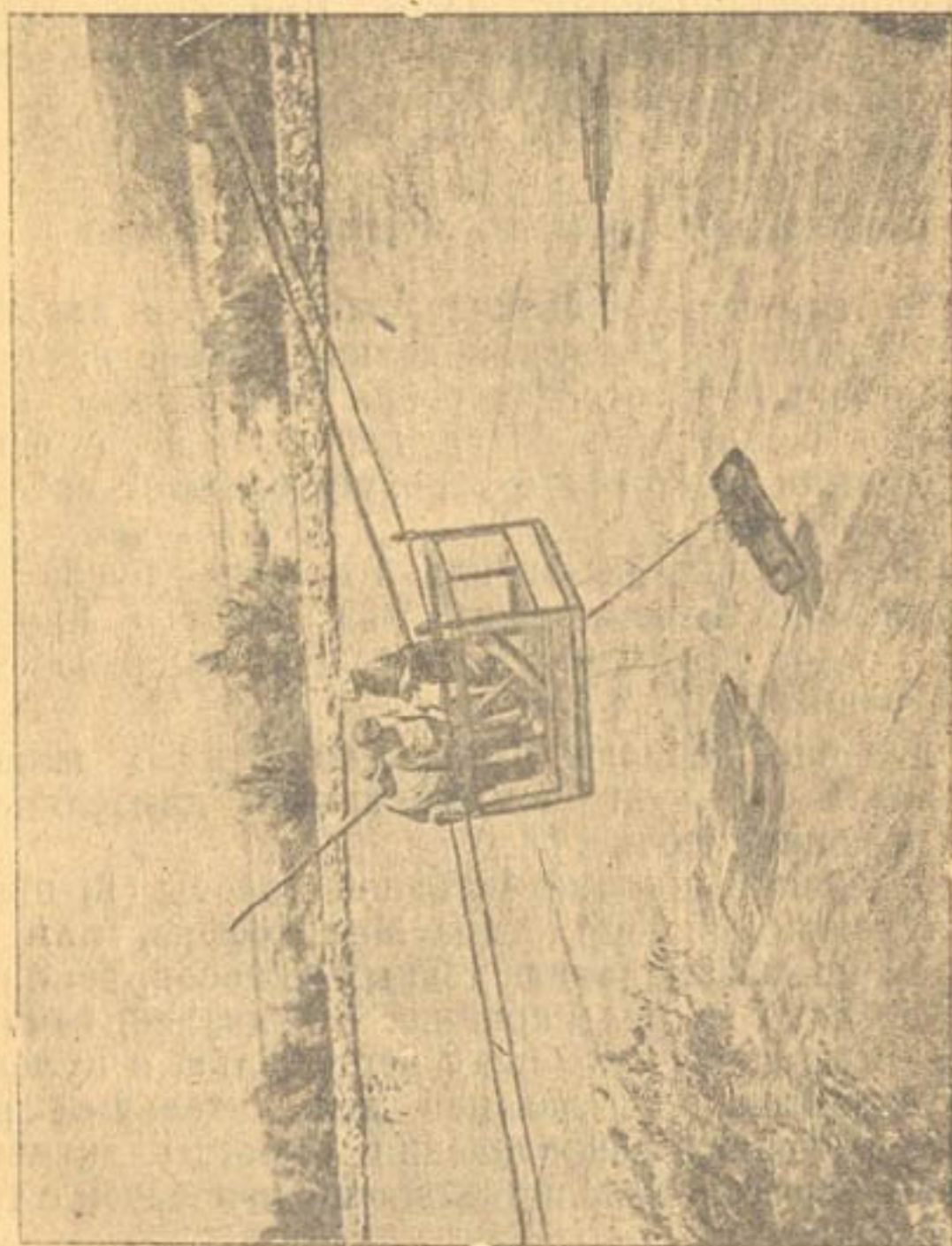


Рис. 5

Однако, независимо от принятой конструкции прибо-
ра при том или ином измерении, все модели приборов
без исключения должны тарироваться в лаборатории для
установления коэффициента прибора (K), т. е. той доли

действительно проходящих наносов, которые захватываются прибором.

На прибор, как и на гидрометрическую вертушку, должна иметься тарировочная кривая коэффициентов в зависимости от конструкции прибора и его процента наполнения наносами или от выдержки прибора. Для примера приводятся кривые зависимости коэффициентов (рис. 5) от выдержки для пяти моделей приборов, испытанных в стеклянном лотке Санири (при двух смесях наносов):



Рис

Подобные кривые должны иметься и для других конструкций приборов.

На тех станциях, где вышеперечисленных типов приборов изготовленных нет, а имеются другие, то до изготовления новых приборов измерение можно производить

имеющимся, но только с обязательной последующей тарировкой модели этого прибора в лаборатории, а в период работы и в натуре.

§ 7. Опускание приборов на дно производится на тросах или на штангах. Для прижимания приборов (удерживаемых на тросах) ко дну, над последними, на некотором расстоянии от входа, укрепляется гидрометрический груз или козырек, по типу Мильхофера. Для установки прибора на дне в нужном положении, спереди делается оттяжка (рис. 6), сзади руль, последний приделывается к прибору или гидрометрическому грузу. При этом должно быть обращено особое внимание на плотность прилегания входной части прибора ко дну.

IV. Метод взятия проб и их обработка

§ 8. В соответствии с вышеизложенными в введении характерными чертами движения донных наносов, перед началом работ и в процессе измерения (при резком изменении расходов воды) проводятся параллельно с основными измерениями следующие вспомогательные исследования:

1. Определение ширины активной полосы русла (В).
2. Влияние времени выдержки (t_0) данного прибора при взятии каждой пробы на захват донных наносов в единицу времени.
3. Определение периода пульсации донных наносов (Т), и тем самым определится минимальная длительность наблюдения в данной точке.

§ 9. Определение ширины активной полосы (В) производится слуховым прибором типа Мильхофера, или самим прибором по улавливанию донных наносов, беря пробы последовательно на ряде крайних вертикалей, начиная с береговой. В промежутке между вертикалью с нулевым расходом и с вертикалью, дающей положительный расход, для более точного определения границы активной полосы пробы берутся дополнительно не менее чем с трех вертикалей.

В руслах с песчаными наносами определение ширины активной полосы русла производить только самим прибором. Размыв и намыв русла в створе устанавливаются периодическими промерами глубин по вертикалям перед измерением скоростей или перед взятием проб донных наносов.

§ 10. Определение времени выдержки (t_0) и периода пульсации (T) производится одновременно следующим образом: на одной вертикали русла, совпадающей со стрежнем потока, берется через малые промежутки времени (достаточное для необходимых манипуляций на опускание и подъем прибора, а также освобождение его от наносов и на последующую установку отяг на дно) ряд проб в течение времени, достаточного для определения периода пульсации, начиная с минимальных выдержек в 15", 30", 60", 120", 300". По полученным пробам определяются средний секундный расход (gt) для каждой выдержки и средний период пульсации (T_{cp}).

Во всяком случае минимальное время выдержки (для указанных выше приборов) не должно быть менее 5 секунд во избежание влияния ее на точность измерения (неточность учета времени и искажение явления протекания

Форма № 1

Название поста						Дата		
№№ верти- кали	№№ проб	Время вы- держки в сек. t_0	Время меж- ду выдерж. сек. t	Вес пробы в кг. P	Расх. кг/сек gt	Время меж- ду отдель- ными про- бами в сек.	Период пульсации T	
							в сек.	в мин.
5	1	60	180	4.20	0.07		1680	28
	2	61	180	8.50	0.141	241		
	3	60	182	6.50	0.108	242		
	4	59	180	—	0.117	239		
	5	60	178	5.00	0.083	288		
	6	60	180	4.00	0.066	240		
	7	61	180	3.05	0.089	241		
	8	59	184	8.85	0.16	240		
	9	60	179	7.02	0.117			
	10	60	180	6.24	0.134			
Ср.		60	180	—	—	1680		

наносов около прибора в начальный момент). Исходя из неравномерности движения донных наносов (пульсации), при чем периоды пульсации колеблются по средним данным из натуры от 18 до 21 минуты, время наблюдения в одной точке может быть предварительно принято не менее 18—21 минуты. Вообще же желательно иметь время наблюдения в точке равное двум периодам пульсации, т. е. 36—40 минут. Параллельно с основными замерами определяется действительный период пульсации, сведенный в таблицу по форме № 1.

Таким образом, во время производства опыта (тут же) выявляется длительность периода пульсации (T). Периоды пульсации расхода донных наносов в данной точке для наглядности можно представлять графически (рис. 2), где время между двумя пиками обозначено через T_1 и T_2 и называется, как указывали выше, периодами пульсации.

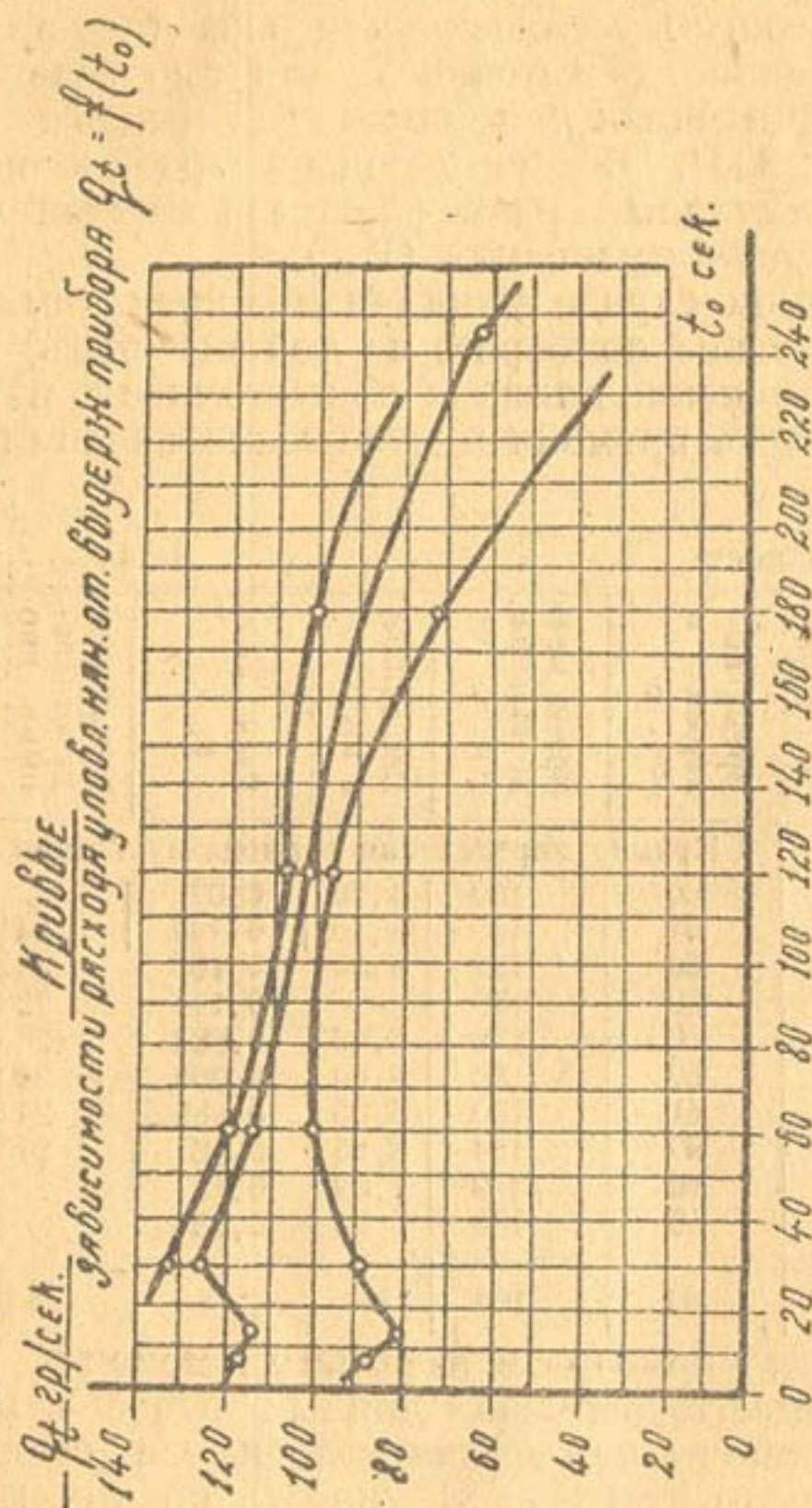


Рис. 7

Из приведенного выше (в таблице) примера следует, что длительность периода пульсации равна 28 минутам. Следовательно, в данном случае на каждой вертикали русла период наблюдения (T) не должен быть менее 28 минут. При этом для выявления периода в данном случае потребовалось бы взять 10 проб.

Что же касается времени выдержки (t_0), то оно может быть принято таким, чтобы не происходило наполнения прибора больше чем на $\frac{1}{3}$ его объема. Для получения же истинного среднего секундного расхода донных наносов, данные опыта при разной выдержке изображаются кривой $W = f(t_0)$, по которой берется (рис. 7) наибольшая, полученная при опыте ордината, и это время выдержки считается расчетным.

Подобные вспомогательные исследования (опыты) проводятся не менее 4 раз за вегетацию: до паводка (в межень), в период нарастания паводка, в паводок и при спаде паводка. Для каждого подобного исследования строится своя кривая зависимости секундного расхода наносов, уловленных приборами от времени выдержки прибора на дне (рис. 7).

§ 11. Основные измерения расходов донных наносов проводятся путем взятия проб по всем вертикалям активной полосы русла, на которых измеряются скорости глубины и берутся пробы взвешенных наносов, и дополнительно на вертикалях границ активной полосы, если они не совпадают со скоростными. Если активная полоса делится на несколько протоков, то в пределах каждого потока должно быть взято не менее 3 вертикалей.

Количество измерений на данном створе должно быть таково, чтобы оно отображало все значительные изменения в расходе наносов. Поэтому в период движения донных наносов, измерения их должны производиться не реже чем 1 раз в 3 дня. В период прохождения волн паводка (2—3 дня) пробы берутся ежедневно.

§ 12. Число потребных проб на данной вертикали определяется по формуле (выведенной из рис. 2):

$$n = \frac{T + t}{t_0 + t}$$

где n — число проб;

T — период пульсации в секундах, принятое нами как минимальное время наблюдения на данной вертикали;

t_0 — выдержки прибора в секундах;

t — время между выдержками.

Из приведенных в таблице (форма 1) данных следует, что на вертикали надо взять

$$n = \frac{1580 + 180}{60 + 180} = \frac{1860}{240} = 7,7 \text{ проб. Кругло 8 проб.}$$

При увеличении t_0 или t — число проб уменьшается.

Увеличение времени выдержки (t_0), а тем самым и уменьшение числа проб, можно производить за счет увеличения размеров прибора (длины и ширины) и крупности ячеек (для сетчатых приборов), но увеличение размера прибора не всегда представляется возможным вследствие больших скоростей и глубин и следовательно вследствие потребности больших усилий на его опускание и подъем.

§ 13. Число вертикалей измерения донных и взвешенных наносов не должно быть менее 7, а для узких потоков не менее 5.

§ 14. Уловленные пробы наносов на одной и той же вертикали после просушки взвешиваются на весах, и результат взвешивания заносится в журнал донных наносов по форме № 2, откуда получаем общий вес уловленных донных наносов (P) за все время наблюдения на данной вертикали. Деля вес на общее время держания прибора на дне (Σt_0) в секундах, получим средний расход донных наносов на ширину прибора на данной вертикали русла в секунду. После взвешивания, пробы с одной и той же вертикали ссыпаются в один сосуд или мешок, и прогрохачиваются через грохота (для горных и предгорных рек) с отверстиями диаметром 1 мм, 5 мм, 10 мм, 25 мм, 50 мм. Каждая фракция взвешивается и результаты заносятся в журнал учета донных наносов по форме № 3.

Для рек равнинных, где крупность наносов не превосходит 1 мм, разделение их производится на обычные 4 фракции, принятые при анализах взвешенных наносов. Данные также заносятся в журнал.

Далее берется из всей смеси по вертикалям наиболее крупный камень, измеряется его диаметр и взвешивается на весах, а затем опускается в большую мензурку, частично заполненную водой (или в специальный сосуд) и по объему вытесненной им воды определяется объем его. Делением веса на объем получается объемный вес.

Все результаты измерений заносятся в журнал учета донных наносов (форма № 3). Кроме того, в этот же журнал из журнала измерения расхода воды заносятся данные о расстоянии между вертикалями, глубина вертикали и т. д. (см. форму № 3).

§ 15. После взвешивания фракций и определения веса и объема самого крупного камня, смешанные пробы ссыпаются в особый мерный бак, для определения веса единицы объема наносов в насыпи.

Мерный ящик изготавливается из дерева или из толстого листового железа, при чем объем его берется в зависи-

мости от максимального объема выловленных наносов (примерно $30 \times 30 \times 40$ см).

На всех внутренних стенках ящика прибиваются линейки с делениями через 1 мм. После пересыпки наносов в мерный ящик, в последний выливается вода на всю высоту из ссыпанных наносов и тщательно утряхивается, а затем поверхность их разравнивается деревянной доской.

В дальнейшем, по осветлении воды (если она покрывает поверхность наносов) в ящике делается отсчет по всем четырем линейкам, мерного ящика и вычисляется средняя высота наносов. Умножением площади дна ящика на среднюю высоту наносов получается объем наносов, а делением суммарного веса на их объем получается вес единицы объема наносов в насыпи.

§ 16. Единичный расход донных наносов для данной вертикали (g_k), выраженный в кг/сек. на 1 метр ширины дна реки, вычисляется по формуле (2).

$$g_k = \frac{\Sigma P}{\Sigma t_0 \cdot b \cdot K} \text{ кг/сек.} \dots \dots \dots (2),$$

где ΣP — суммарный вес в килограммах донных наносов, уловленных на данной вертикали прибором;

Σt_0 — суммарное время выдержек прибора на дне на данной вертикали в секундах;

b — ширина входного отверстия прибора в метрах;

K — тарировочный коэффициент прибора, полученный в лаборатории, как отношение уловленного прибором расхода наносов к истинному расходу наносов (того же состава), идущего против ширины прибора.

Общий расход донных наносов по всей ширине реки в кг/сек вычисляется по формуле (3)

$$g = \left(\frac{l_1}{2} q_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} q_2 \dots \frac{l_{n-1} + l_n}{2} q + \frac{l_n}{2} q_{n-1} \right) \dots (3),$$

где q_1, q_2, q_n — единичные расходы донных наносов соответственно на вертикалях первой и второй и т. д.

Этот же расход получится и из табличных данных по формуле № 2.

§ 17. Подсчитанный вышеуказанным способом (§ 16) расход донных наносов по пробам, уловленным сетчатым прибором, является преуменьшенным, т. к. большая часть мелких наносов, влекомых по дну вместе с крупными, не задерживается прибором, а проходит через ячейки его сетки, если ячейка сетки 1×1 см, то это будут наносы веса фракций мельче 1 см.

Для учета неуловленных мелких фракций донных наносов (прошедших через ячейки прибора) поступаем следующим образом.

Из всех уловленных прибором наносов отсеиваются все фракции, проходящие через данную сетку, остаток g будет первым слагаемым всего количества донных наносов.

Для получения действительного гранулометрического состава донных и придонных наносов берутся пробы влекомых по дну и у дна наносов, специально сконструированным прибором, который вместе с наносами захватывал бы отсек придонной жидкости.

Здесь нужно точно узнать гранулометрический состав влекомых по дну и у дна наносов. Если же подобных изготовленных приборов нет, то для приближенного определения стока гранулометрический состав влекомых по дну наносов можно определить по пробам, взятым из отложений русла на участке вблизи от створа их измерения, на островах и мелях, образовавшихся во время паводков или силей. При этом пробы, взятые из отложений, должны быть характерными для данного створа, так как пробы, взятые на отмели у выпуклого берега, дают более мелкие наносы по составу, чем средние по сечению, а пробы, взятые у вогнутого берега, будут крупнее, поэтому при взятии проб из отложений надо выбирать такие участки, которые действительно являются характерными для всей ширины русла данного места. Пробы из отложений русла берутся ниже створа на ближайших отмелях, примерно в пределах десятикратной ширины русла. Размеры шурфа для взятия проб из отложения должны быть 2×2 м. Глубина — в полтора максимальных диаметра. Количество шурфов должно быть не менее двух на данной отмели.

Деля эту пробу на две части — одну мельче ячеек данной сетки (S_1) в кг, другую крупнее их (S_2) в кг, считая, что если первое слагаемое было g_0 , то второе — будет $g_0 \frac{S_1}{S_2}$, и полное количество наносов будет

$$G = g_0 \left(1 + \frac{S_1}{S_2} \right) \dots \dots \dots (4).$$

Поскольку механический состав влекомых по дну наносов с течением времени не остается постоянным, постольку подобное определение нужно проводить не менее 4 раз в сезон; в частности, перед паводком, в период нарастания паводка, после прохождения пика паводка и при спаде паводка.

§ 18. Пример подсчета полного расхода донных наносов.

Пусть прибором, крупность ячеек сетки которого равна 10×10 мм, уловлено в секунду по всему руслу 20 кг. При этом при просеивании оказалось, что из всего веса 20 кг наносов, крупностью более 10 мм, осталось 16 кг, которые и будет первым слагаемым (g_0) формулы 4. Второе слага-

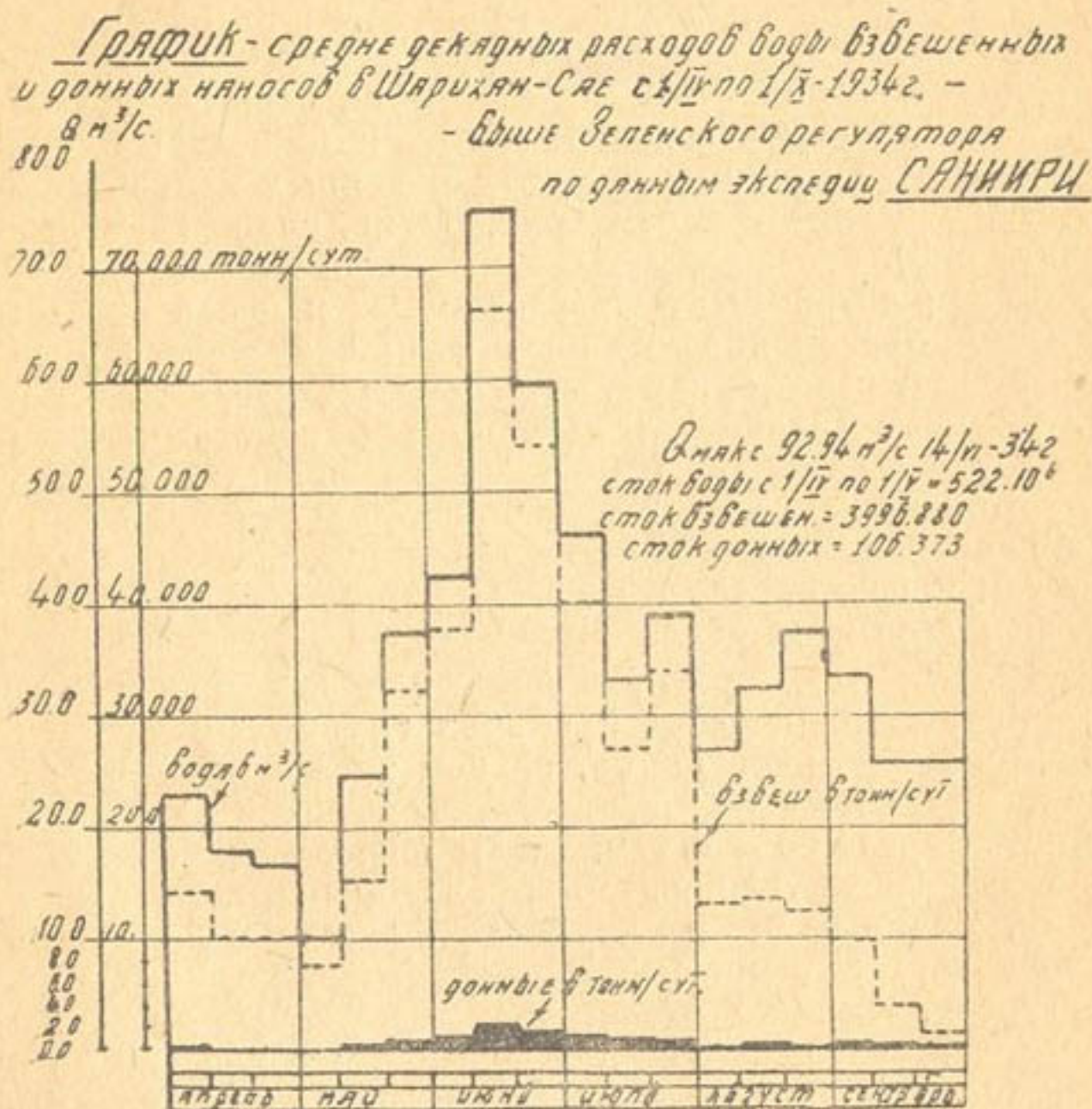


Рис. 8

емое ($g_0 \frac{S_1}{S_2}$) находится следующим образом: проба, взятая из отложений русла весом, например, в 30 кг, разделяется по весу на две части: первой части крупностью менее крупности ячеек прибора, т. е. 10 мм, пусть оказалось $S_1 = 18$ кг., второй части крупностью более 10 мм оказалось $S_2 = 12$ кг.

Отношение $\frac{S_1}{S_2} = \frac{18}{12} = 1,5$, т. е. в реке по дну тащатся фракции меньше 10 мм в 1,5 раза больше, чем крупностью более 10 мм. Отсюда полный расход донных наносов для рассматриваемого примера равен:

$$G = g_0 \left(1 + \frac{S_1}{S_2}\right) = 16(1 + 1,5) = 40 \text{ кг.}$$

Полученный таким образом окончательный расход донных наносов по всему сечению русла сводится в таблицу, по которой в дальнейшем определяется сток за сутки, декаду, месяц, а также годовой. Полученные полевые данные о расходе воды, стоке взвешенных и донных наносов представляются в виде графика рис. 8 (полученный для кан. Шарихан-сай).

Для определения стока взвешенных наносов пробы их берутся одновременно с донными на тех же вертикалях русла в четырех точках по высоте 0,2Н; 0,6Н; 0,8Н и у дна¹. Для определения насыщенности наносами придонного слоя, параллельно с пробами взвешенных наносов у дна и донными наносами, следует специальным прибором на тех же вертикалях русла брать дополнительные пробы придонных наносов, обработку которых вести по инструкции для взвешенных наносов.

§ 19. Кроме взятия проб донных и взвешенных наносов, измерении скоростей, промеров глубин, производится съёмка русла на расстоянии, равном трем ширинам русла выше и на ширину русла ниже створа со взятием поперечников через 100 м с тем, чтобы по полученным данным можно было знать характер русла в плане, поперечные сечения, уклон реки и другие гидравлические величины, по которым можно было бы определить коэффициент шероховатости. В некоторых случаях эти данные могут быть использованы для подсчета стока донных наносов по существующим формулам, например, по новой формуле Шоклича.

§ 20. Съёмки русла на больших реках производятся не менее 1 раза в месяц за паводковый период и вообще не менее 2 раз — перед началом паводка съёмка производится реже с тем, чтобы только проследить деформацию русла за период прохождения паводка.

¹ Описание порядка взятия проб взвешенных наносов, конструкции приборов и метод обработки проб смотрите в специальных руководствах.

На реках и каналах с рыхлым руслом, где перемещение донных наносов происходит в виде гряд или рифелей (доходящих по высоте нескольких десятков сантиметров), кроме общей с'емки, желательно производить промер русла в одной точке, чтобы выявить высоту и скорость перемещающихся гряд.

В тех случаях, когда имеются в районе работ острова или перекаты, подверженные размыву, то, кроме взятия проб донных наносов в установленном створе, нужно провести с'емку этих островов или перекатов с разбивкой и закреплением на берегу магистрального хода. С'емка производится перед паводком и после паводка, т. е. два раза в год, после чего определяется путь прохождения острова, а следовательно, и дополнительный об'ем донных наносов.

V. Некоторые частные способы измерения движения наносов

§ 21. Для определения суммарного стока наносов как взвешенных, так и донных, за определенный период, может быть применен способ замера отложений их в верхнем бьефе существующих или строящихся перегораживающих сооружений на данном водотоке, или даже устраиваемых с этой целью (на сравнительно небольших реках) временных плотин. Замеряя, кроме того, сток всех наносов, прошедших за рассматриваемый период через сооружение, и, прибавляя его к замеренному об'ему отложений (путем двукратной детальной с'емки рельефа русла в пределах возможных отложений наносов в начале и в конце рассматриваемого периода), получим искомый суммарный сток всех наносов (взвешенных и донных) за рассматриваемый период.

§ 22. Для горных рек, влекущих очень крупные булыжники и валуны, которые не представляется возможным во многих случаях захватить прибором, представляет интерес установить скорость и путь продвижения таких отдельных больших камней, т. е. определить как бы расход крупных камней, а в других случаях просто установить их движение. Это может быть сделано путем окрашивания камней, не трогая их с места, или путем изготовления специальных бетонитов, соответствующих размеров, формы и веса, которые для легкого нахождения их после забрасывания в определенное место должны быть также отмечены, например, соответствующей хорошо заметной окраской. В край-

нем случае в камне можно заделывать металлические штыри, которые в отличие от краски быстро не стираются.

Число таких отдельных камней или бетонитов должно быть возможно большее, а размеры различные.

VI. Заключение

§ 23. Настоящая инструкция предлагается к руководству при исследованиях специальными партиями, в основных своих положениях должна быть принята и для соответствующих гидрометрических станций и постов, возможно лишь с некоторым сокращением работы для них.

Однако, считаясь с неизбежностью дальнейшего ее развития и возможностью внесения в нее некоторых изменений, клонящихся к уточнению или облегчению соответствующих работ, во всякой другой инструкции должны быть увязываемы вышеизложенные основные положения, а вносимые изменения и дополнения, прежде чем они будут вводиться, должны быть оправданы не только априорными или теоретическими соображениями, но и сравнительными опытами, проводимыми параллельно по настоящей инструкции и по вновь прилагаемой.

После накопления достаточного полевого и лабораторного опыта по конструкциям приборов и по коэффициентам их улавливания из всех имеющихся в практике, а также рекомендованных, нами будут выбраны рациональные из них для применения на соответствующих реках.

В настоящее время Санири продолжает работы по усовершенствованию существующих конструкций и отысканию новых конструкций для измерения донных наносов на реках с песчаными наносами и большими скоростями.
