

СРЕДНЕ-АЗИАТСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
САНИИРИ

Ж-133

ИРРИГАЦИЯ

ГИДРОТЕХНИКА

10

1935

ТАШКЕНТ

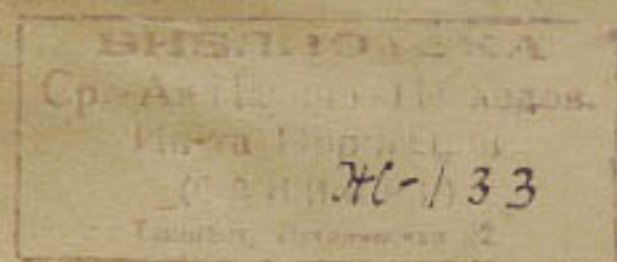
До пользования книгой просьба внести следующие исправления

Стр.	Строка		Напечатано	Следует читать
	свер- ху	снизу		
20	5		такowymi	таковым
39		18	лесоматериал	лесоматериал
57		19	калифорнийского	калифорнийского
59	23		западнее гор Хатырчи	западнее Хатырчи
59		8	уровень же	уровень
63	2		УССР	УзССР
63	15		система	систем и
74	7		нижнетретичные	нижнетретичные

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ

ИРРИГАЦИЯ и ГИДРОТЕХНИКА

№ 10



САНИИРИ
ТАШКЕНТ

1 9 3 5

Фильтрационная эффективность понуров

С целью уменьшения противодействий на сооружения со стороны фильтрационного потока, а при сильно проницаемых основаниях (гравелистые, песчаные, супесчаные и т. п.) еще и с целью уменьшения расхода на фильтрацию, устраивают понуры; особенно развитые размеры понуров наблюдаются (или рекомендуются) у земляных и каменных набросных плотинах, при почти полном отсутствии обоснования их размеров.

Систему понур-основания можно рассматривать как систему двух слоев грунта — верхнего, трудно проницаемого для воды (понур), и нижнего, сравнительно легко проницаемого (основание). Анализ влияния понура может быть предложен в таком решении: слой грунта (понур) с небольшим коэффициентом фильтрации k_1 располагается на основании с значительно большим коэффициентом фильтрации k_2 ; понур примыкает непосредственно к сооружению (бетонная, земляная плотина и т. п.); непроницаемая для воды подошва сооружения в случаях каменных набросных плотин (а также земляных из материала основания) может отсутствовать.

Для схемы движения, приведенной на рис. 1, поток q , движущийся под понуром, составляется из двух частей: фильтрационный поток через понур q_1 и

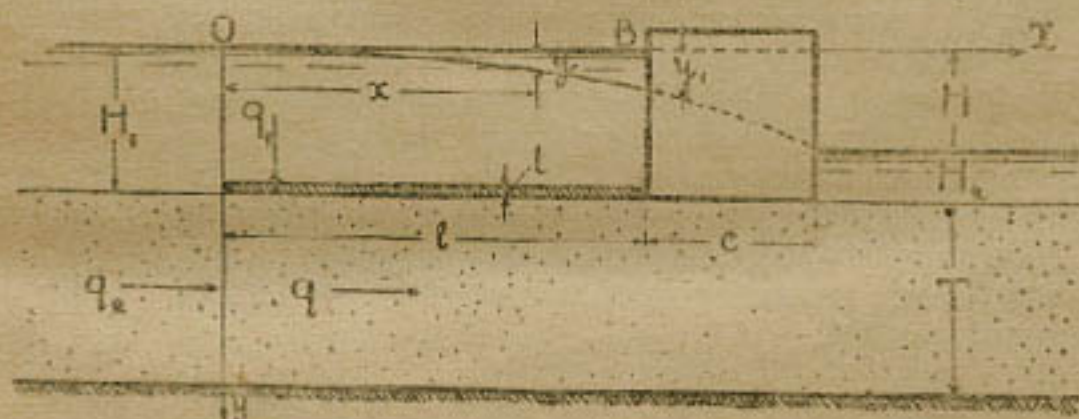


Рис. 1

фильтрационный поток q_2 , вступаящий под понур

$$q = q_1 + q_2 \quad (1)$$

Поток q_2 постоянен и равен

$$q_2 = Tk_2 I_0 \quad (2)$$

где I_0 — начальный пьезометрический уклон.

Потоки q и q_1 переменны и соответственно равны при выбранной системе координат

$$q = Tk_2 \frac{dy}{dx} \quad (3)$$

$$q_1 = \int_0^x k_1 \frac{y}{t} dx \dots \dots \dots (4)$$

Таким образом уравнение (1) может быть переписано в форме

$$Tk_2 \frac{dy}{dx} = \int_0^x k_1 \frac{y}{t} dx + Tk_2 I_0 \dots \dots \dots (5)$$

Гидрометрические напоры будут снижаться от начала понура к его концу по кривой.

Будем считать движение под понуром совершающимся с неизвестным показателем уклона. Так как зависимость $y=f(x)$ нам неизвестна, то решить уравнение (5) непосредственно нельзя.

Продифференцировав ур. (5), получим (опускаем преобразование)

$$y' dy' = \frac{k_1}{k_2} \frac{y}{tT} dy - a^2 y dy \dots \dots \dots (6)$$

откуда

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 - a^2 y^2 + C^2 = a^2 y^2 + I_0 \dots \dots (7)$$

так как при $y=0$ в створе начала координат $\frac{dy}{dx} = I_0$

Интеграция (7) уравнения дает

$$\text{Sh} ax = \frac{ay}{I_0} \dots \dots \dots (8)$$

Отсюда, или из (7), находим выражение для переменного уклона

$$\frac{dy}{dx} = I_0 \text{Ch} ax \dots \dots \dots (9)$$

Если переписать (1) уравнение в таком виде

$$q_1 = q - q_2 \dots \dots \dots (10)$$

и подставить в него значения по ур. 3, 4 и 9, то получим

$$q_1 = Tk_2 I_0 (\text{Ch} ax - 1) = q_2 (\text{Ch} ax - 1) \dots \dots \dots (11)$$

При полной водонепроницаемости понура фильтрационный расход был бы лишь q_2 ; при фильтрующем понуре можно по разности между общим расходом $q_2 \text{Ch} ax$ и расходом q_2 установить величину фильтрации через понур. Следовательно, разность $(\text{Ch} ax - 1)$ указывает долю расхода q_1 .

Можно ожидать незначительной величины q_1 при существующих соотношениях между коэффициентами фильтрации понура и основания; на то же указывает функция $\text{Ch} ax$, медленно растущая близ начала координат.

Мы не задавали никаких условий для перемещения расхода q_2 . Для следующих конкретных условий:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{1000}, \quad t = 1,5 \text{ м}, \quad T = 20 \text{ м}, \quad H_1 = 10 \text{ м}, \quad H_2^* = 0, \quad l = 80 \text{ м},$$

будем иметь

$$\text{Ch} ax = \text{Ch} x \sqrt{\frac{k_1}{k_2} \frac{1}{tT}} = \text{Ch} 80 \sqrt{\frac{1}{1000} \frac{1}{30}} = 1,108$$

т. е. расход

$$q_1 \cong 0,11 q_2$$

Далее переходим к определению q_2 ; в виду незначительной величины q_1 (в приведенном выше примере q_1 изменяется от нуля в начале понура до $0,11 q_2$ в конце понура) можно пренебречь его влиянием на движение под понуром и рассматривать последнее с постоянным расходом q_2 . Простейшее представление о таком движении — как о движении по трубе с постоянным уклоном.

Наши опыты показывают, что такое решение не точно; распределение напоров (а следовательно и уклонов) под понуром и по подстилающему слою будут

отличны между собой и будут выражаться сложными гиперболическими и эллиптическими функциями. Рассматривая понур непроницаемым для воды, расходы ее можно определить несколькими способами; первый способ заключается в построении пьезометрических давлений по подонку понура; так как под серединой понура поток горизонтален, то, найдя по пьезометрическим давлениям уклон, можно по нему определить и расход. Этот способ даст приближенное решение, так как, хотя поток под серединой фланжета и горизонтален, но уклоны в нем, а следовательно и скорости, различные; так, уклон по подстилаемому слою будет меньше, чем по подошве понура.

Интересно сопоставить находимые так расходы с расходом призматической трубы высотой T , длиной L с погашаемым напором H и коэффициентом фильтрации грунта k_0 такими же, как в системе понур-основание. Расходы в трубе будут

$$Q_1 = k_0 T \frac{H}{L} \text{ и } Q_2 = \frac{T}{L} \dots \dots \dots (23)$$

Здесь обозначена через L общая длина понура и подошвы сооружения, а через Q_2 — удельный расход для случая $k_0 = 1$ и $H = 1$.

В таблице ниже приведены отношения расхода в трубе Q_1 к расходу под понуром Q

$Q_1 : Q = n$					
$\frac{L}{T}$	∞	20	4	2	1
n	1,00	1,15	1,22	1,37	1,48

Пользуясь таблицей, можно найти в первом приближении расход под понуром, для чего следует сначала определить расход в призматической трубе.

Например, для $L = 40$ м, $T = 10$ м, $H = 12$ м имеем $Q_1 = k_0 \cdot 10 \cdot \frac{12}{40} = 3 k_0$; пользуясь таблицей, находим для $\frac{L}{T} = 4$ расход под сооружением $Q = Q_1 : 1,22 = 0,82 Q_1 = 2,46 k_0$.

Данные таблицы указывают влияние двух элементов: длины подошвы сооружения и глубины проницаемого основания T , считая погашаемый напор и коэф. фильтрации постоянными.

Если положить длину подошвы постоянной, а изменяющейся величиной считать T , то из таблицы видно, что по мере увеличения глубины основания расход на фильтрацию увеличивается.

В самом деле, рассмотрим два конкретных случая — первый, где $L = 40$ м, $T_1 = 10$ м, и второй, где $L = 40$ м, $T_2 = 20$ м, H и k_0 в обоих случаях постоянны и пусть $H = 12$ м.

Тогда для расхода в первом случае имеем

$$Q' = \frac{Q_1}{1,22} = 0,82 Q_1$$

и для расхода во втором случае

$$Q'' = \frac{Q_2}{1,37} = 0,37 Q_2$$

Но для расходов по трубам мы можем написать, что

$$Q_1 = k_0 T_1 \frac{H}{L} \text{ и } Q_2 = k_0 T_2 \frac{H}{L}, \text{ т. е. } Q_2 = 2Q_1$$

и окончательно

$$Q'' = 2 \times 0,73 Q_1 = 1,46 Q_1$$

При ничтожно малой глубине основания отношение L к T стремится к бесконечности и все явление движения потока грунтовых вод переходит в форму движения ее по горизонтальному каналу с постоянной скоростью (а следовательно с постоянным уклоном), аналогичному равномерному движению в прямолинейной трубе.

Но мы можем в приведенной выше таблице рассматривать постоянной глубину основания T , а переменной длину подошвы; тогда данные таблицы показывают уменьшение расхода по мере увеличения длины подошвы сооружения.

Проверим это положение на примере; пусть нам заданы

$$k_0, H = 12 \text{ м}, T = 10 \text{ м}, L_1 = 20 \text{ м и } L_2 = 40 \text{ м},$$

тогда для первого случая имеем расход

$$Q' = \frac{Q_1}{1,37} = 0,73 Q_1$$

и для второго случая

$$Q'' = \frac{Q_2}{1,22} = 0,82 Q_2, \text{ но } Q_1 = 2Q_2$$

Следовательно

$$Q' = 0,73 Q_1 = 1,46 Q_2 > 0,82 Q_2$$

Выше мы отмечали приближенность, с точки зрения потенциальной теории, соотношений расходов в предыдущей таблице.

Довольно близкое к действительности решение вопроса о распределении пьезометрических изповов и о фильтрационном расходе можно получить из рассмотрения схемы движения грунтовой воды под плоским непроницаемым понуром, лежащим на проницаемом грунте известной мощности (верхний рис. 2), что составит второй способ отыскания расходов.

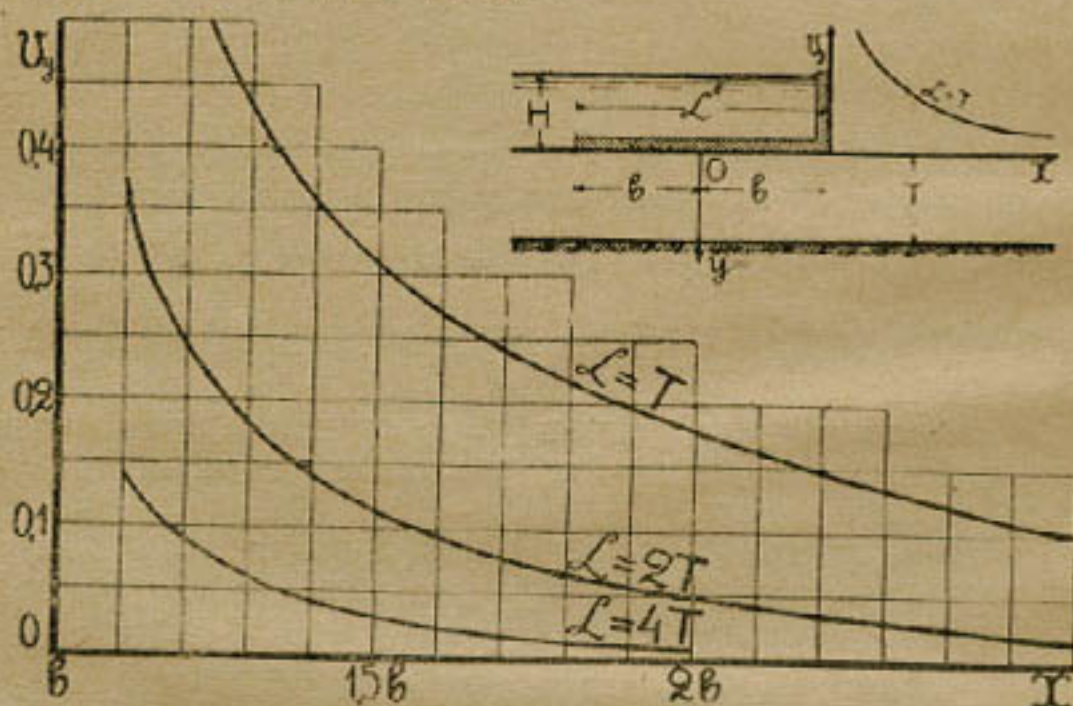


Рис. 2

Для получения указанного решения отобразим конформно модель движения — прямоугольную сетку (рис. 3) на заданное очертание понура и непроницаемого грунта. Не приводя здесь всех операций преобразования¹, укажем лишь конечные формулы для удельных (приведенных) скоростей выхода грунтовых вод и фильтрационных расходов через дно нижнего бьефа.

$$V_y = \frac{1}{2K} \cdot \frac{1}{\operatorname{ch} x \sqrt{\operatorname{th}^2 x - \operatorname{th}^2 b}} \dots \dots \dots (12)$$

$$Q_x = \frac{1}{2K} \operatorname{dn}^{-1} \left[k \operatorname{Cth}(-x), k \right] \dots \dots \dots (13)$$

Удельные скорости V_y и расходы Q_y соответствуют тому случаю, когда предполагается, что коэффициент фильтрации грунта основания принимается равным

¹ См. Е. Замарин, «Расчет движения грунтовых вод».

единице длины в сек. (напр., м в сек.) и погашаемый напор (т. е. разность между уровнями воды верхнего и нижнего бьефов) также принимается равным единице (напр., 1 м водяного столба).

В уравнениях 12—13 K является полным эллиптическим интегралом первого рода, k —его модуль, равный $\tanh$; dn^1 —обратная эллиптическая функция (дельта амплитуды).

В уравнениях 12—13, кроме того, мощность основания T условно принята равной $0,5 \pi$, т. е. $T_y = 1,57$ и все остальные геометрические размеры выражены через T_y ; напр., пусть мы имеем $T = 25$ м и $L = 30$ м, считая $T_y = 1,57$, находим L_y из

$$\frac{L_y}{T_y} = \frac{L}{T}, \text{ или } L_y = \frac{30}{25} 1,57 = 1,88$$

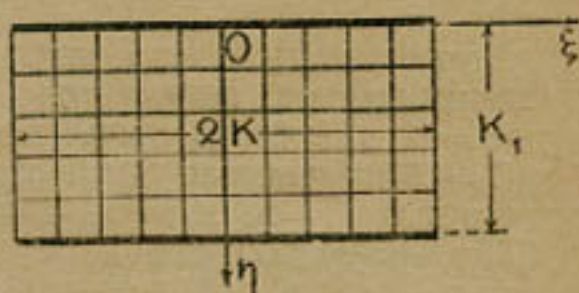


Рис. 3

Для перехода от удельных величин к действительным, очевидно, их надо умножить на коэффициент фильтрации грунта k_0 м в сек. и действительный погашаемый напор H в метрах, т. е.

$$V = k_0 H V_y \dots \dots \dots (14)$$

$$Q = k_0 H Q_y \dots \dots \dots (15)$$

Последние зависимости получаются из рассмотрения выражения для потенциальной функции φ напоров, которая для модели (рис. 3) имеет вид

$$\varphi = -k_0 \frac{H}{2K} (1 - \xi) \dots \dots \dots (16)$$

или для удельных условий

$$\varphi_y = -\frac{1 - \xi}{2K} \dots \dots \dots (17)$$

Бери от этих выражений потенциальных функций производные по ξ , получаем скорости, параллельные оси $O\xi$:

$$V = \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} = \frac{k_0 H}{2K} \dots \dots \dots (18)$$

$$V_y = \frac{\partial \varphi_y}{\partial \xi} = \frac{1}{2K} \dots \dots \dots (19)$$

откуда следует уравнение (14), т. е., что $V = k_0 H V_y$.

Напишем уравнения для расходов действительного и удельного

$$Q = \int_0^\eta V d\eta = V\eta = k_0 H \frac{\eta}{2K} \dots \dots \dots (20)$$

$$Q_y = \int_0^\eta V_y d\eta = V_y \eta = \frac{\eta}{2K} \dots \dots \dots (21)$$

откуда следует уравнение (15).

Для производства часто требуется знание пьезометрических уклонов потока, например, при выкликивании потока в нижний бьеф; в таких случаях величина пьезометрического уклона найдется из следующего уравнения

$$i = H V_y \dots \dots \dots (22)$$

и может служить для определения степени опасности вымыва грунта путем сопоставления с допускаемыми величинами для уклонов, или с допустимыми скоростями $V_{доп} > V = ik_0$.

Ниже в таблице приведены величины удельных фильтрационных скоростей выхода, подсчитанные по формуле (12), для различных соотношений b к T , а на рис. 2 показаны кривые удельных скоростей.

$\frac{x}{b}$	1,1	1,2	1,4	2,0	2,5	$\frac{L}{T}$
$T=2b$	0,84	0,55	0,36	0,18	0,11	1
$T=b$	0,37	0,24	0,14	0,05	0,02	2
$T=0,5b$	0,14	0,09	0,04	0,0055	—	4

Пользуясь графиком (рис. 2) просто; требуется определить зону крепления грунта за понуrom при известных:

$H=10$ м, L (длина понура и подошвы сооружения) = 30 м.

$T=15$ м; предельно допускаемый уклон $i=0,5$. Находим $b=L:2=15$ м, следовательно, $T=b$.

По формуле (22) находим

$$0,5 = 10 V_y$$

или $V_y = 0,05$, что будет при $\frac{x}{b} = 2$, т. е. при $x=2b$, что указывает на необходимость устройства крепления грунта обратным фильтром от конца сооружения (с абсциссой $x=b$) до точки, абсцисса которой равна $x=2b$, т. е. на длине 15 м.

В тех случаях, когда T не равно указанным в таблице или на рис. 2 величинам, прибегают к интерполяции.

Рассмотрим влияние на фильтрационный расход длины понура L и мощности основания T .

Если отыскать удельные расходы по формуле (13), то получаются несколько иные соотношения, как это видно из следующей таблицы¹.

$\frac{L}{T}$	∞	20	4	2	1
n_0	1,00	1,15	1,23	1,44	1,87

Из приведенных двух таблиц предпочтение надо отдать последней, как построенной в соответствии с теорией потенциального потока, которая, при известных условиях, достаточно близко соответствует действительности. Так, для рассматриваемого случая наши опыты с флютбетами показали², что для $\frac{L}{T}$ около 1—1,33 коэффициент n_0 был равен 2,1—2,4, т. е. достаточно близок к теоретическому 1,87.

Написанная выше таблица позволяет подсчитать и самые расходы, что и сделано ниже, при чем, для общности результатов, последние даются для удельных расходов.

$\frac{L}{T}$	20	4	2	1
Q_y	0,044	0,20	0,35	0,54

Принимая мощность T постоянной, изменение удельных расходов под понуrom представлено графиком рис. 4

¹ Для $\frac{L}{T} = 20$ величина n_0 взята из предыдущей таблицы.

² Замарин. Движение грунтовых вод под гидротехническими сооружениями стр. 29—31.

Для определения фильтрационного расхода по графику надо знать L , T , коэффициент фильтрации основания k_0 и погашаемый напор H ; например, для $L = 50$ м, $H = 12,5$ м, $T = 20$ м и $k_0 = 0,003$ см. в ск. имеем $Q_y = 0,3$ и $Q = k_0 H Q_y = \frac{0,003}{100} 12,5 \cdot 0,3 \times 1000$ литров/ск. на пог. м, т. е. $Q = 0,11 \frac{\text{л}}{\text{ск. п. м}}$.

Выводы

Приведенные выше таблицы и графики позволяют осветить работу понура на фильтрацию как со стороны расходов теряемой воды, так со стороны скоростей выхода воды в нижний бьеф.

Для технико-экономического разрешения вопроса о потерях воды на фильтрацию график (рис. 4) позволяет устанавливать количество теряемой воды при данной длине понура, а тем самым и при данной его стоимости. Сопоставление стоимости теряемой воды, стоимости ее производственно-технического эффекта и стоимости понура позволит более обоснованно выбрать его длину. Из графика 4 видно, что при $\frac{L}{T}$ равном около 4, потери воды на фильтрацию малы и дальнейшее удлинение понура вряд ли будет целесообразно из-за малой эффективности снижения расходов на фильтрацию.

В зависимости от масштаба сооружений геологическое исследование основания обычно захватывает 15—30 м и реже более того; беря отношения L к T от 2 до 4 и считая, условно, за $T = 15—30$ м, получаем длину L изменяющейся от 30 до 120 м, что при средней глубине воды перед сооружением около 20 м для отношения L к H дает величины 1,5—6. Если сопоставим фильтрационные расходы при $\frac{L}{T} = 1,2$ и 3, то заметим, что с увеличением L в двое ($\frac{L}{T} = 3$ при постоянном T) расход уменьшается только на $\frac{1}{3}$; при увеличении L еще на одну T , т. е. всего втрое, расход уменьшается по сравнению с первым только на $\frac{1}{6}$, а всего только вдвое. Повидимому, в отношении потерь нет особой необходимости стремиться принимать $\frac{L}{T}$ более или, по крайней мере, значительно более 3.

Обоснование выбора длины понура в связи с скоростями выхода воды в нижний бьеф в сильнейшей степени зависит от величины погашаемого напора H , отношения длины понура и подошвы сооружения L к мощности основания T и коэффициента фильтрации грунта. Выбор длины понура только в зависимости от напора H , или только от глубины в верхнем бьефе — односторонен и не учитывает основных факторов, влияющих на движение. График рис. 2 указывает на необходимость устройства обратных фильтров и на их протяженность (по формуле 22), вообще довольно большую.

При рассмотрении выводов о работе понура возникает кардинальный вопрос, насколько достоверны положенные в основу выводов гидродинамические уравнения и их следствия, полученные в результате математической обработки. Чтобы ответить на этот вопрос, надо точно установить соответствия условий составления уравнений и условий для рассматриваемого потока.

Уравнения составлены для равномерного потока, входящего через дно верхнего бьефа и выходящего через дно нижнего бьефа.

Поставленные нами в таких условиях опыты показали¹, что наблюдаемые фильтрационные расходы были меньше теоретических на 13—49%; отмечая довольно значительные трудности точного определения расходов (из-за некоторой неопределенности в величине коэффициента фильтрации, неучета капиллярного расхода и др.), можем считать, что даваемые гидродинамическим решением величины

¹ См. там же.

расходов преувеличены в среднем на 30%. Наши исследования напорного потока показывают довольно близкое к действительности направление траекторий, а следовательно и скоростей потока, за исключением зон так называемых фокусов (или точнее — зон больших скоростей), где движение не следует закону Дарси и где, возможно, оно совершается с отрывом (за концами шпунтов и выступающими углами флюидета отрыв струн наблюдался нами в гидрointеграторе).

Если принять уменьшение скорости таким же, как и для расходов, т. е. в среднем около 30% (при чем большее для больших скоростей), то величины V_y рис. 2 следует уменьшить на 0.7; соответственно изменится и кривая Q_y (пунктирная кривая рис. 4).

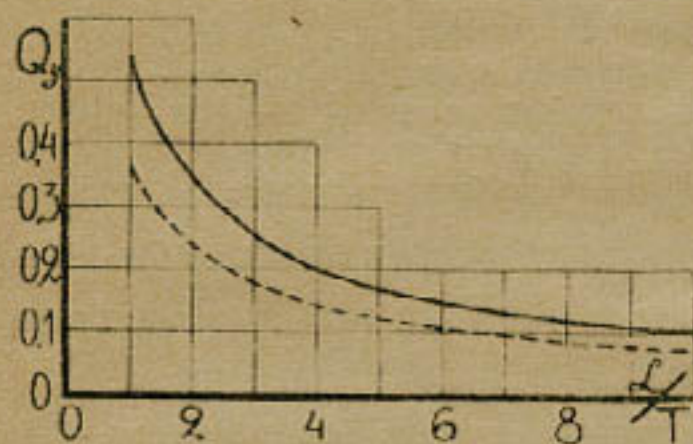


Рис. 4

Таким образом, можно констатировать, что результаты аналитического решения с введением в них поправки за уменьшение скоростей и расходов могут считаться отвечающими опытным данным, вместе с тем продолжение дальнейших исследований и уточнений рассматриваемого решения необходимо.

Обратимся теперь к вопросу соответствия условий аналитического решения и условий работы сооружений. При решении задачи предполагалось, что уровень

грунтовых вод за сооружением располагается либо на поверхности земли, либо нижний бьеф также будет покрыт водой, вследствие чего отдельного движения воды вдоль основания не наблюдается, все струйки рано или поздно выклиниваются через дно нижнего бьефа.

В натуре случаи стояния уровня грунтовых вод на поверхности земли или покрытие нижнего бьефа водой также наблюдаются (речные сооружения). Однако, там наряду с выклинивающимся возможен и продольный ток воды, особенно при мощных основаниях, что должно существенно отразиться на результатах решения. Исследование фильтрации через земляные плотины и их проливаемые основания при возможности продольного движения показывает, что значительная доля расхода, фильтрующегося из верхнего бьефа, переходит в продольное движение.

Здесь также возможно ожидать подобного движения, что должно привести к уменьшению выклинивающегося расхода и, вероятно, к уменьшению скоростей выхода. Решения для такого комбинированного случая движения (выклинивающийся и продольный поток) не имеется, для получения первичных ответов здесь было бы полезно установление границ активной зоны потока (т. е. такой зоны, за пределами которой движение переходит преимущественно в продольное) аналогично тому, как это сделано было для сквозных флюидетов.¹ Очевидно, что границы активной зоны будут зависеть от L , T и фактически от H , хотя в уравнениях V_y и Q_y не входит H .

Мы еще не имеем в своем распоряжении достаточно большого числа опытов для установления границ активной зоны. Сказанное заставляет пока остановиться на кривых рис. 4—2 с введением в них указанных выше снижающих поправок и считать, что решение задачи движения, получаемое по этим кривым, вследствие неучета продольного потока, будет заключать в себе некоторый запас.

В самом деле, если бы мы учли действительную глубину T_a активной зоны, то получили бы отношение L к T_a значительно большим, чем отношение L к T , что дало бы, как показывают кривые рис. 2 и 4, и меньшие скорости, и меньшие расходы.

¹ Е. Замарин. Расчет сквозных флюидетов.

Таблица значений n_0 показывает, что с увеличением L движение под сооружением все более приближается к продольному, что указывает на уменьшение глубины активной зоны.

В качестве грубой ориентировки можно, в случае мощных оснований, считать для активной зоны границы глубины $T_a \gg (1-1,5)H$ или $T_a \ll 0,5L$; очевидно, что для уточнения этих границ, а может быть и полной их замены, необходимы подробные опыты и, особенно, наблюдения в натуре.

В качестве иллюстрации рассмотрим следующий пример: задано изъятие фильтрационный расход под плотиной из каменной наброски при $H = 25$ м, $k_0 = 0,01$ см в ск., причем бурением до глубины 50 м не встречено водонепроницаемых грунтов.

Принимаем $T_a = 30$ м $= 1,2H$ и $L = 2T_a$. Найдем разрушающий уклон для грунта основания; если нам известен его порозность $p = 0,38$ и удельный вес $2,65 = \delta$, то

$$i = (\delta - 1)(1 - p) + 0,5p = 1,21$$

Вводя запас, будем считать i не большим 0,4. Формула (22) с введением в нее поправки $\Delta = 0,7$ на уменьшение скорости выхода примет вид

$$i = \Delta \cdot H \cdot V_y$$

Откуда находим

$$V_y = \frac{0,4}{0,7 \times 25} = 0,023$$

По найденному V_y на кривой рис. 2 находим длину крепления грунта обратными фильтрами, равную $1,45b = 1,45 \times 0,5 \times 60 = 43,5$ м.

По пунктирной кривой рис. 4 для $\frac{L}{T_a} = 2$ получаем $Q_y = 0,24$ и далее находим фильтрационный расход по формуле (15)

$$Q = 0,24 \times \frac{0,01}{100} \times 25 \times 1000 = 0,6 \text{ литров в ск. на пог. м.}$$

Рассмотрим, какова будет длина обратных фильтров и теряемый расход при $L = 100$ м, считая, что тогда $T_a = H = 25$ м; тогда для $\frac{L}{T_a} = 4$ находим длину фильтров равной $0,70b = 0,70 \times 0,5 \times 100 = 35$ м и теряемый расход при $Q_y = 0,13$ будет равен 0,33 л. в ск. на пог. м.

Мы рассмотрели выше движение грунтовой воды под водонепроницаемым понуром, что в большом числе случаев практики, когда понуры делаются из весьма мало проницаемого материала, дает достаточно близкие к натуре результаты. В тех случаях, когда необходимо учесть фильтрационный расход и через понур, решение может быть получено таким образом.

По уравн. 1 и 2 мы имели расход потока у начала подошвы сооружения

$$q = q_2 \text{ Chal} \dots \dots \dots (23)$$

Далее под подошвой поток движется с тем же расходом q , имея направление, близкое к горизонтальному в начале подошвы и поворачивающееся к вертикальному при выходе в нижний бьеф. Эти условия движения близки к ранее рассмотренным, именно они соответствуют движению от оси симметрии непроницаемого понура к его концу, следовательно, здесь длина непроницаемой подошвы сооружения с эквивалентна полудлине L рассмотренного выше случая, т. е. можно полагать, что $c = 0,5L$.

Последнее условие позволяет нам воспользоваться таблицей коэффициентов n_0 и написать следующее уравнение

$$k_2 T L_0 \text{ Chal} = \frac{k_2 T H - y_1}{n_0 c} \dots \dots \dots (24)$$

В этом уравнении два неизвестных — L_0 и y_1 .

Второе уравнение напишем для $x = l$, когда уклон потока равен i_1 ; по (7) имеем

$$i_1^2 = a^2 y_1^2 + i_0^2 \quad (25)$$

$$q = k_2 T i_1 \quad (26)$$

Решение уравнений 24—26 дает величину расхода q ; выходные скорости отыскиваются по предыдущему, полагая $c = 0,5 L$.

Рассмотрим на следующем примере применение уравнений 24—26; пусть будет задано $c = 10$ м, $K = 10$ м, $l = 30$ м, $T = 20$ м, $t = 1,8$ м, $k_1 = 0,0001$ см. в ск., $k_2 = 0,01$ см. в ск.

Из уравнений 24-26 находим

$$I_0 = \frac{i}{Chal} \quad (27)$$

$$i_1^2 = a^2 y_1^2 + \frac{i_0^2}{Ch^2 al} \quad (28)$$

что после упрощений приводится к

$$\frac{ay_1 Chal}{\sqrt{Ch^2 al - 1}} = \frac{1}{n_0} \frac{H - y_1}{c} \quad (29)$$

Подставим данные задачи в полученное уравнение; именно

$$a = \sqrt{\frac{0,0001}{0,01} \cdot \frac{1}{20 \cdot 1,8}} = \frac{1}{60}; Chal = Ch 0,5 = 1,128$$

$$n_0 \text{ выбираем для отношения } \frac{L}{T} = \frac{20}{T} = 1, \text{ т. е. } n_0 = 1,87.$$

Из урав. (29) получаем $y_1 = 1,77$ м.

Подставляя полученное значение в (27) и (28), находим

$$i_1 = 0,628 \text{ и } I_0 = 0,557$$

Зная уклоны, получаем расход на погонный метр по формуле (26)

$$q = \frac{0,01}{100} \cdot 20 \cdot 0,628 \times 1000 = 1,26 \text{ литра в ск. на пог. м.}$$

Рассмотрим еще случай залегания малопроницаемого слоя грунта на весьма большом протяжении, теоретически бесконечно длинного. Для этих условий можно полагать $I_0 = 0$, $q_2 = 0$. Перенесем начало координат в точку В и направив ось ox влево, мы, решая ур. (7), получим

$$In y = -ax + C_1 \quad (30)$$

Если взять частный случай $C = 0$, то при $x = 0$ имеем $y_0 = H = H_1 = H_2$, что после подстановки в уравнение (30) дает

$$y = He^{-ax} \quad (31)$$

Расход находится из урав. (7)

$$q = k_2 T i_0 = k_2 T a y_0 = \Pi \sqrt{k_1 k_2 \frac{T}{l}} \quad (32)$$

Для общего случая, когда $C \neq 0$, расход можно определять по той же формуле (32).

Москва

Водозаборное сооружение для горных рек

Краткая характеристика горных потоков

Горные реки Средней Азии характеризуются большими уклонами, достигающими до $i=0,01$, соответствующими этим уклонам скоростями порядка $v=2-4$ м/сек. и расходами, изменяющимися по времени от $Q=5-6$ м³/сек. в межень и до 200—250 м³/сек. в паводок.

По преимуществу горные реки снегового и ледникового питания, поэтому они имеют два пика в расходе воды: первый — снеговой весенний, второй — ледниковый летний.

Кроме обычных вышеуказанных более или менее закономерных двух паводков, по реке иногда проходят сили от ливней, выпадающих в истоках реки.

Эрозионная деятельность природных факторов приводит к разрушению тех горных массивов, по долинам которых низвергаются горные потоки.

Продукты эрозии, скатываясь по склонам долины, подхватываемые потоком, транспортирующим их, обкатываются, измельчаются.

По выходе в долинную часть, при уменьшении уклонов, скоростей, основная масса протранспортированных сюда наносов выпадает из потока, образуя конус выноса.

В частности, по данным экспедиции Санири, проведенной исследования твердого стока на р. Шарихан-сае у Ассакинского регулятора, установлено, что максимум транспортирования наносов приходится на 70 дней в году и совпадает с периодом прохождения паводка, при этом 90% всех донных наносов и 72% взвешенных проходят за этот период времени. В остальную часть года проходит 10% донных и 28% взвешенных наносов.

Донных по Шарихан-саю 108.406 тонн и взвешенных—4.068.403 тонны, за период шести месяцев, когда проходят почти все наносы¹.

Такова в основном характеристика среднеазиатских горных рек в общем, а в частности рек Ферганской долины—Соха, Кугарт-сае и других.

Предпосылки по мероприятиям в борьбе с завлечением донных наносов в регуляторы

В условиях Средней Азии, имеющей малое годовое количество осадков, реки являются основным источником питания ирригационных систем. Последним же необходима вода для полива площадей под различные сельскохозяйственные культуры—хлопок, сады, огороды и др.

¹ Статья инж. С. Т. Алтунина и техн. Е. А. Никитина в журнале „Ирригация и гидротехника“ за 1935 г. № 5.

Однако, вода, поступающая через головное сооружение в каналы, будь то местного типа, будь инженерного, — обычно в предгорных районах в достаточной степени насыщена донными наносами значительных размеров. Эти наносы, частично отлагаясь на холостой части магистрального канала, частично в более мелких фракциях, транспортируемые потоком на поля орошения, в сильной степени удорожают эксплуатацию ирригационной системы, вследствие необходимости ежегодных очисток ее от накопившихся наносов, в противном случае начинается нарастание дна и уменьшение пропускной способности канала, что влечет за собой уменьшение поливных площадей.

Таким образом, из изложенного с достаточной ясностью видно, какой вред приносят ирригационным системам те наносы, которые задерживаются в головные сооружения водой.

В свое время д-р инж. Шоклич ставил в лаборатории исследования бокового отвода для разрешения вопроса о распределении донных наносов между отводами. В результате проведенных им исследований было установлено, что при угле отвода более 90° количество наносов, поступающих в боковой отвод, достигает от 90 до 95% от всей массы транспортируемых потоком наносов и только 5%—10% проходит в нижний бьеф по руслу, тогда как вода делится почти пополам. При этом в самом потоке происходят следующие деформации: поверхностные струи, имеющие значительные скорости, слабо привлекаются в отвод, в это же время донные струи, насыщенные наносами, имея со стороны отвода пониженное давление за счет малого забора верхних слоев, резко сворачивают в сторону отвода и поступают в последний вместе с насыщающими его наносами.

Усиленное завлечение донных и придонных струй, а, следовательно, и донных и придонных наносов, в боковые отводы подтверждено на многочисленных опытах, проведенных в лаборатории гидротехники С а н и и р и в течение 1933—35 гг.

Между тем, ряд выстроенных сооружений без учета указанного выше явления в делении наносов, истинивших в эксплуатацию в 1929—31 году, уже в настоящее время выбыли из строя, например, Араван-сайское, Кугарт-сайское. Первое завалено наносами на глубину 1,5 м, у второго завалены донными наносами потери, через которые ранее подавалась вода на орошение.

Из указанных выше положений следует, что забор воды следует производить из поверхностных слоев воды, донные же слои, насыщенные наносами, следует пропускать мимо сооружений. Этого можно достичь разделением потока по высоте на два слоя — на придонный и поверхностный, при этом последний, не содержащий донных наносов, необходимо забирать в отвод на орошение, а донные слои сбрасывать в русло, что значительно облегчит эксплуатацию систем в смысле уменьшения очистки каналов от донных наносов.

Описание существующего узла сооружений на реке Кугарт-сае

Обращаясь же к существующим в Средней Азии узлам сооружений инженерного типа, усматриваем, что они по своей конструкции отягчают требованиям забора воды, но в условиях осветленного безнаосного потока, что, конечно, совершенно не вяжется с действительностью.

Остановим свое внимание на рассмотрении работы узла сооружений на р. Кугарт-сае.

Узел состоит из разборной и глухой частей. Общий пролет сооружения 68,5 м, из коих на разборную часть приходится 24 м и на глухую 35 м, не считая устоев и бычков.

Левобережный регулятор представляет собой открытый шлюз 4,0 м пролета с перепадом 0,5 м. Правобережный регулятор вынесен в середину поймы и соединяется с берегом потервой, устроенной в глухой водосливной плотине. Отверстие регулятора $1,0 \times 3,0$ м расположено в бычке на высоте 0,35 м от пола (рис. 1-в).

Все пролеты перекрываются плоскими щитами. В разборчатой части высота щитов 1,0 м для поддержания в период межениных расходов потребных напоров, обеспечивающих расчетными расходами оба регулятора.

Пропускная способность плотины при напоре $H=2,0$ м составляет для открытой разборной части $Q_1=124,0$ м³/сек. и глухой $Q_2=56,0$ м³/сек. и общая пропускная способность составляет

$$Q_1 + Q_2 = 124,0 + 56,0 = 180,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пропускная способность левого регулятора при напоре $H=1,0$ м

$$Q_{\text{л}} = 4,82 \text{ м}^3/\text{сек. и } Q_{\text{п}} = 3,85 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

и правого регулятора

$$Q_{\text{л}} = 3,94 \text{ м}^3/\text{с и } Q_{\text{п}} = 3,15 \text{ м}^3/\text{с.}$$

За время 4—5 месяцев с начала эксплуатации узла оба отвода были завалены наносами, в частности потеряна оказалась заполненной ими на весь просвет, и подача воды в правый регулятор прекратилась, левый отвод был завален слоем в 0,6 м толщиной.

В общей сложности в настоящее время ирригационная сеть подпитывается через туземные головы.

Из опыта эксплуатации существующих в Средней Азии конструкций сооружений для забора воды можно прийти к следующим выводам:

1. Недоучтены вопросы борьбы с завлечением донных наносов в отводы, в результате чего сооружения выбывают из строя, так как происходит завал наносами каналов, а иногда и самих сооружений.

2. Фронт сооружения сильно развит, что приводит к распастиванию потока и уменьшению напоров, а вместе с этим к уменьшению промывной способности потока по отношению к откладывающимся в верхнем бьефе наносам. Эта особенность относится к узлам с двусторонним забором воды по типу индийских плотин, например, плотина «1 Мая» (рис. 1-а). Лучшим типом узла сооружений следует считать тип узла, осуществленный на р. Кугарт-сае, схема коего дана на рис. 1-в, где наблюдается более против индийского типа сосредоточенный забор воды в регуляторы, а следовательно, и относительно большие напоры.

3. И, наконец, в существующих сооружениях нельзя обойтись без устройства различного рода струенаправляющих дамб и их ежегодного ремонта.

Описание предлагаемого нового типа двустороннего плотинного сооружения

Проработан значительное время над ознакомлением с существующими типами забирающих воду сооружений, а также проведя ряд лабораторных исследований аналогичных сооружений и учитывая вышесказанные выводы, полученные в итоге работ, автор настоящей статьи разработал и проверил в лабораторных условиях работу нового типа узла сооружений.

В состав узла сооружений нового типа входят:

1. Два глухих водослива с потерями для пропуска по ним в каналы забраных лотками расходов. По фронту водосливные части составляют примерно $\frac{2}{3}$ фронта и $\frac{1}{3}$ приходится на разборную часть и одновременно заборную (в регуляторы).

2. Средняя, расположенная по оси русла, часть сооружения разборная.

На высоте 1,0 м от флюта, опираясь на бычки, расположен заборный лоток, состоящий из пола с несколько приподнятой входной гранью, имеющей удобообтекаемую форму; с низовой стороны борт лотка разборный, состоящий из шпандор, опирающихся на пол лотка. Разборная часть перекрывается плоскими щитами, располагаемыми у низовой стороны лотка вплотную с его низовой кромкой; этими щитами перекрываются донные отверстия под лотком, служащие для

пропуска излишних расходов, вместе с насыщающим поток донными наносами в период их передвижения по руслу при расходах, превосходящих $Q=15-20 \text{ м}^3/\text{сек.}$, в нижний бьеф (эта цифра дается для условий проведенных модельных исследований на р. Кугарт-сай, передвижка наносов по которой начинается с расхода $Q=15-20 \text{ м}^3/\text{сек.}$).

В средней части располагается бычок, разделяющий водозаборный лоток на две части, остальные бычки фигурные, как то указано на рис. 2.

Регуляторы, правый и левый, располагаются в бычках, от которых начинается водосливная плотина. Регулировка поступающей в регуляторы воды ведется плоскими щитами, располагаемыми в теле бычка.

Общая схема сооружения приведена на рис. 2 и вид с левого берега на рис. 3; из этих иллюстраций вполне ясна конструкция описываемого сооружения.

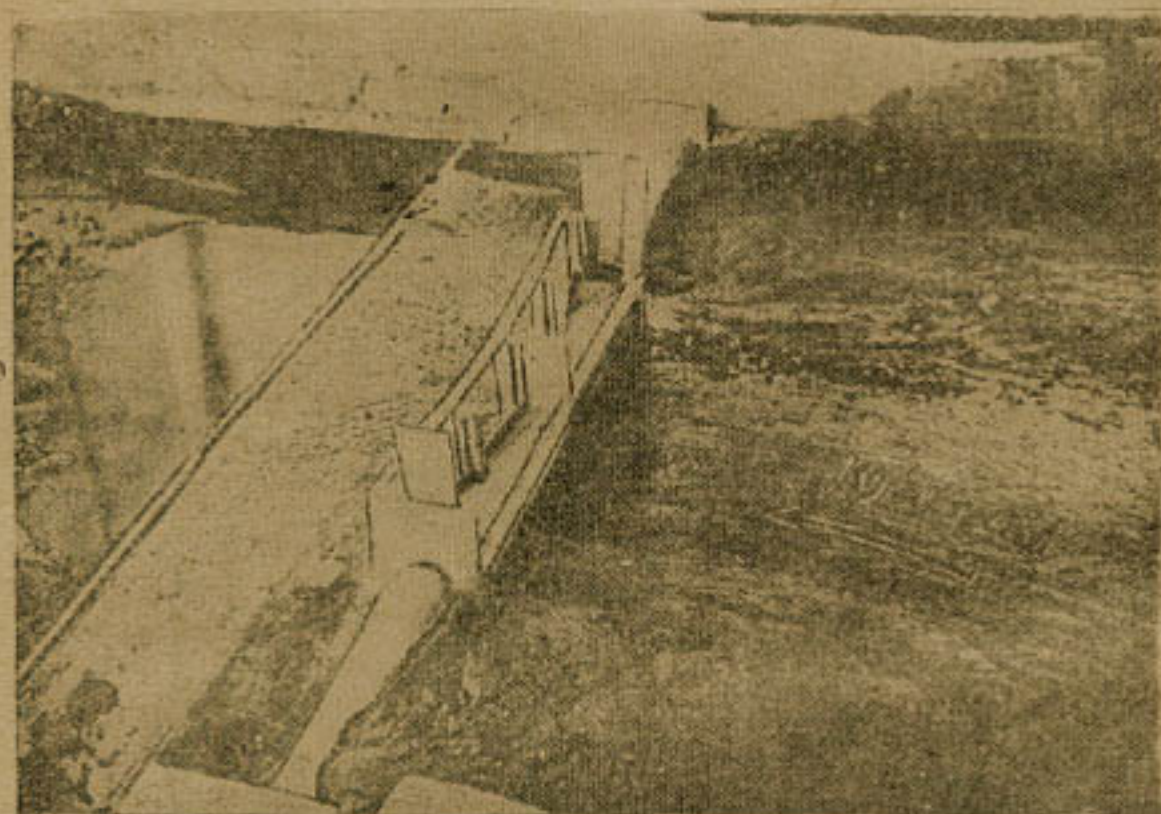


Рис. 3. Общий вид модели сооружения с левого берега. Щиты, перекрывающие пролеты, шпильки, шандоры на водозаборном лотке. Вправо и влево от заборных лотков — плотины виден вход в правую потерю из водозаборного лотка (щит поднят).

Лабораторные исследования

Испытания сооружения велись при следующих расходах:

По руслу $Q_{\text{н}} = 138,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (7,82 л/сек.) — паводок

$Q_{\text{н}} = 41,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (2,32 л/сек.) — нормальный средний расход

По отводу:

$Q_{\text{пр}} = 3,85 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (0,212 л/сек.)

$Q_{\text{лев}} = 3,16 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (0,179 л/сек.)

и насыщенности потока наносами для

$Q_{\text{н}} = 138,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ $G = 22,2 \text{ гр/сек.}$ на модели;

$Q_{\text{н}} = 41,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ $G = 3,0 \text{ гр/сек.}$ на модели.

Определение насыщенности пускаемых по модели расходов наносами велось из расчета сохранения постоянным уклона $i = 0,013$, т. е. уклона соответствующего натуре.

Гранулометрический состав пускаемых наносов соответствовал таковому для природы после линейного масштабирования наносов.

Исследование модели велось в масштабе 1/50 н. п. За основу взяты данные реки Кутарт-сая.

Учитывая то обстоятельство, что поток в натуре не имеет постоянного фаворита из-за легко размываемого русла и происходит постоянное изменение направления подхода потока к плотине, что в значительной степени влияет на количество и крупность (гранулометрический состав) завлекаемого в регуляторы донного наноса, на модели были произведены испытания работы сооружения при трех подходах потока — правом, центральном и левом, каковые подходы наблюдались и в натуре.

Результаты исследований

Исходя из очередности вопросов, затронутых в изложенных выше выводах, позволю себе остановиться на процентном распределении наносов по регуляторам при исследовании узла в существующей в натуре конструкции, с выносным плавным порогом, и затем при устройстве предлагаемого мною типа сооружения.

Данные эти сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

№ п.п.	Условия опыта	Расходы Q м³/сек.				Насыщен. отвод. потока и % от насыщ. вносимы реки		% забора воды из водоема
		реки	регуляторов		Насыщен. потока на порогах при пропуск. зап. 100%			
			лев.	прав.				
I. Существующая конструкция сооружения (рис. 1-в)								
1	Подход русла слева	13,8	3,15	3,85	2,84	557,0	374,0	5
2	Центральный подход русла . . .	13,8	3,15	3,85	2,84	355,0	176,0	5
3	Подход русла справа	13,8	3,15	3,85	2,84	140,0	157,0	5
II. То же с устройством выносного шандорного порога (рис. 4)								
4	Подход русла слева	13,8	3,15	3,85	2,84	11,3	13,7	5
5	" " " " " "	41	3,15	3,85	1,29	74,0	7,0	17
III. Предлагаемая конструкция сооружения (рис. 3)								
6	Подход русла слева	41	3,15	3,85	1,29	0,56	0,47	17
7	" " " " " "	138	3,15	3,85	2,84	0,042	0,5	5
8	Центральный подход	41	3,15	3,85	1,29	1,0	0,23	17
9	ЦентральныйВ подход	138	3,15	3,85	2,84	0,42	0,50	5
10	Подход русла справа	41	3,15	3,85	1,29	0,5	0,62	17
11	Подход русла справа	138	3,15	3,85	2,84	0,42	0,50	5
12	Подход русла справа	41	3,15	3,85	1,29	0,4	0,16	17

Примечание. Данные, приведенные в п. 12, получены при работе плотные закрытыми двумя средними пролетами на $\frac{1}{2}$ ширины от среднего бычка.

Анализ приведенных в таблице данных позволяет сделать следующие выводы:

а) Сравнивая процент насыщенности наносами отводимого левым регулятором расхода при заборе воды существующей конструкцией сооружения с таковым для забора воды с выносным шандорным порогом, усматриваем, что этот процент насыщенности, при самом неблагоприятном в смысле завлечения наносов в отвод левом подходе потока к регулятору, так как последний размещается при этом

подходе потока на выпуклом берегу, снижается с 557 до 11,3, т.е. примерно в 50 раз.

В рассматриваемой таблице насыщенность потока наносами принята за 100 %.

б) Сравнивая процент насыщенности наносами отводимого левым регулятором расхода при заборе воды существующей конструкцией сооружения с таковыми для забора воды предлагаемым мною типом сооружения, усматриваем, что этот процент насыщенности при тех же условиях забора снижается с 557 до 0,6, т.е. примерно в 900 раз.

в) Для правого регулятора имеем аналогично снижение с 374,0 до 13,7%, т.е. в 27 раз, и в сравнении с предлагаемой нами конструкцией — с 374,0 до 0,5%, т.е. в 750 раз.

Приводимые цифры дают вполне ясную характеристику эффективности предлагаемой конструкции сооружения в области борьбы с завлечением в регуляторы донных наносов.

Обращаясь к механическому составу наносов, завлеченных в левый регулятор предлагаемого мною типа сооружения, по данным, приведенным в таблицах 2 и 3, (первая для расхода реки $Q=41,0$ м³/сек. и вторая $Q=138,0$ м³/сек.),

Данные при $Q=41,0$ м³/сек. и $Q=7,0$ м³/сек.
реки регул.

Таблица 2

Направление подхода потока	Средний процентный состав наносов						
	Вес пробы в гр	Размеры наноса в мм					
		2,5— 2,0	2,0— 1,25	1,25— 0,83	0,83— 0,3	0,3— 0,25	0,25
Правый регулятор							
Левый подход	6,0	—	—	8,4	8,4	—	83,2
Центральный подход	1,0	—	—	—	—	—	100,0
Правый подход	4,5	—	—	11	11	11	67,0
Левый регулятор							
Левый подход	13,5	—	—	7,4	14,8	3,8	71,0
Центральный подход	12,0	—	—	4,1	8,4	4,1	83,4
Правый подход	6,0	—	—	8,4	8,4	—	83,2

Данные при $Q=138,0$ м³/сек. и $Q=7,0$ м³/сек.
реки регул.

Таблица 3

Направление подхода потока	Средний процентный состав наносов						
	Вес пробы в гр	Размеры наносов в мм					
		2,5— 2,0	2 0— 1,25	1,25— 0,83	0,83— 0,3	0,3— 0,25	0,25
Правый регулятор							
Левый подход	11,0	—	—	—	4,5	4,5	91,0
Центральный подход	7,0	—	—	—	—	2,85	71,5
Правый подход	7,0	—	—	7,1	14,3	7,1	71,5
Левый регулятор							
Левый подход	2,0	—	—	—	—	—	100,0
Центральный подход	8,0	—	—	—	—	—	100,0
Правый подход	1,0	—	—	—	—	—	100,0

можем установить, что зерна диаметром до 1,25 мм в состав наносов, завлеченных в регулятор, входят в количестве, не превышающем 11%.

В основной массе эта смесь насыщена более мелкими зернами с диаметром 0,25 мм, в отдельных же случаях гранулометрический состав смеси однороден и состоит на 100 % из этой фракции.

С достаточной ясностью гранулометрический состав завлеченных в регуляторы наносов характеризуют приводимые на рисунке 5 кривые, для расхода реки $Q=41 \text{ м}^3/\text{сек.}$, при заборе воды в регуляторы $Q=7,0 \text{ м}^3/\text{с}$ и различных подходах потока к сооружению.

Из характеристики смеси для различных условий, сопутствующих забору воды в регуляторы, можем установить, что наносы, завлекаемые в регуляторы, в основной массе состоят из мелких фракций. Кроме того, общая насыщенность отводимого регуляторами потока, согласно данным таблицы 1, также незначительна и не превышает 1%, принимая насыщенность наносами речного потока за 100%, следовательно, опасности завлеченное количество наносов не представляет.

Для сравнения рассмотрим гранулометрический состав наносов, завлекаемых при существующей конструкции сооружения в регуляторы. Данные эти сведены в таблицу 4.

При $Q=138 \text{ м}^3/\text{сек.}$, $Q=3,85 \text{ м}^3/\text{сек.}$, $Q_1=3,15 \text{ м}^3/\text{сек.}$
реки регул регул.

Таблица 4

Направление подхода потока	Средний процентный состав наносов						
	Всё пробы в гр	Размеры наноса в мм					
		2,5— 2,0	2,0— 1,25	1,25— 0,83	0,83— 0,30	0,30— 0,25	0,25
Правый регулятор							
Левый подход	305,0	39,4	23,0	19,6	9,8	1,7	6,5
Центральный подход	202,0	5,0	49,5	20,8	9,9	4,9	9,9
Правый подход	112,0	5,3	46,5	19,7	10,7	4,4	13,4
Левый регулятор							
Левый подход	167,0	3,0	6,0	21,0	48,0	7,0	15,0
Центральный подход	131,0	6,1	30,5	38,2	13,7	3,8	7,7
Правый подход	4,0	—	—	—	25,0	25,0	50,0

Из таблицы 4 усматриваем значительную крупность завлеченных в регуляторы наносов, зерна диаметром до 2,5 мм встречаются в количестве 39%. Основной массой, входящей в механический состав наносов, являются фракции от 2,5 до 0,83 мм в поперечнике, входящие в смесь в количествах от 50 до 10%.

Из анализа данных, приведенных в таблицах 2, 3 и 4, можем сделать следующие выводы:

1. Завлекаемые в регуляторы предлагаемой мной конструкции наносы в основной массе состоят из зерен диаметром $d=0,25$ мм с предельным размером, достигающим до 1,25 мм., тогда как при существующем заборе воды диаметр наносов в основной массе доходит до 2,0 мм с предельным размером, достигающим до $d=2,5$ и более миллиметров.

2. Насыщенность предельно крупными фракциями в предлагаемом мною сооружении достигает 11% от всей массы наносов, транспортируемых забираемым в регулятор расходом, между тем в существующих условиях эта насыщенность для фракции с размером зерен до 2,5 мм достигает 49,5%.

3. На крупность фракции наносов, завлеченных в регулятор, влияет величина расхода реки: с увеличением последнего при постоянном заборе воды в регуляторы

уменьшается крупность завлекаемых в регуляторы наносов, и обратно, с уменьшением расхода крупность фракций, попавших в отводимый в регуляторы расход увеличивается.

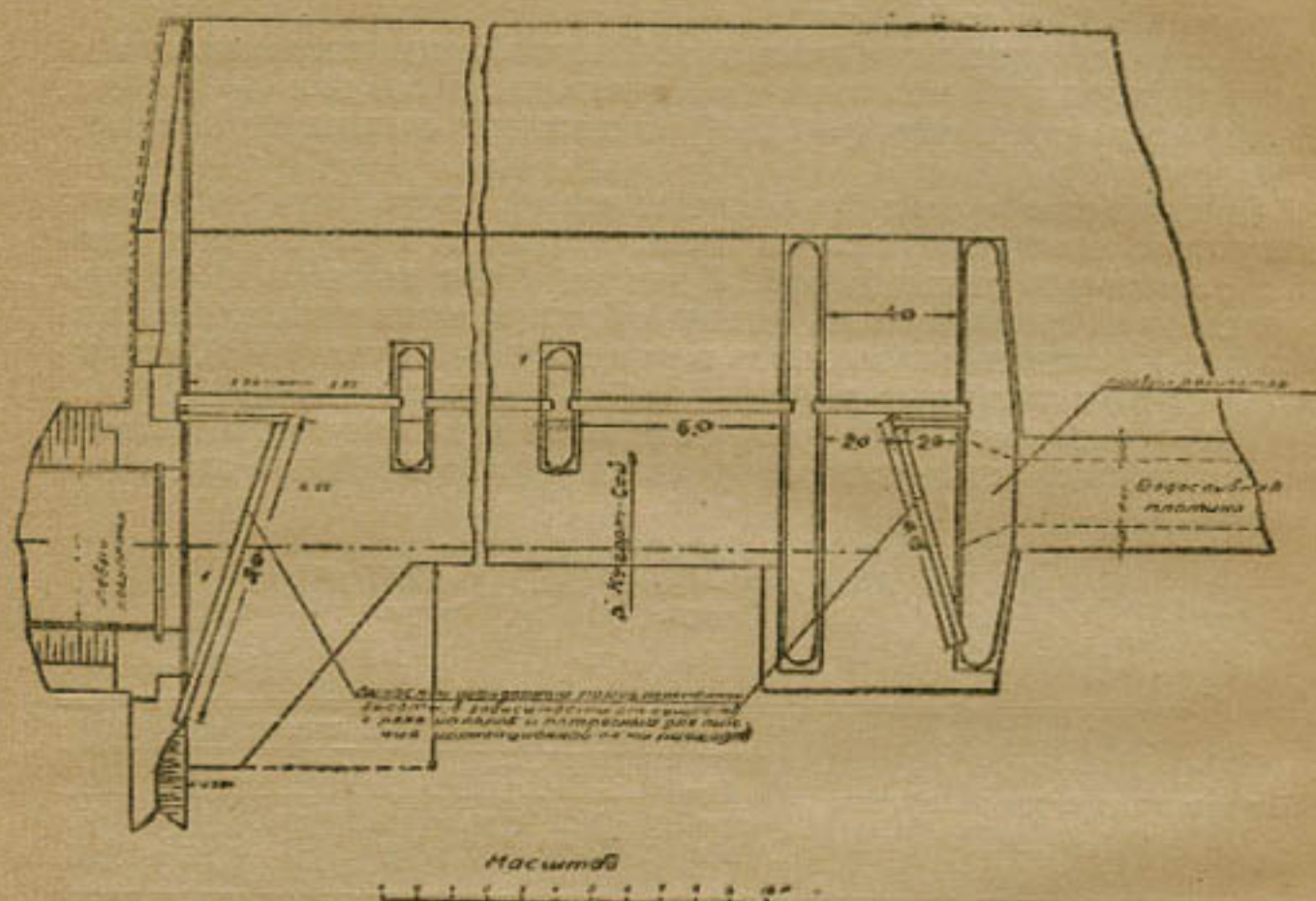


Рис. 4. Схема выносного шандорного порога

Это обстоятельство находит себе объяснение в том, что при пропуске через сооружение больших расходов разборная часть открыта полностью, при малых же расходах реки встает необходимость создания напора, потребного для питания регуляторов путем прикрытия щитов разборной части, из-за чего происходит некоторое приближение гряды наносов к лотку, чем облегчается их попадание в лоток.

Однако, эта картина возможна только в пределах расходов, транспортирующих наносы и требующих регулировки напоров. Для рассматриваемых условий диапазон возможного увеличения завлечения наносов, в частности крупных фракций, колеблется в пределах следующих расходов реки: от 45—50 до 20 м³/сек. При последнем расходе прекращается транспортирование наносов, при расходах выше 20 м³/сек. и до 50 м³/сек. возможно часть пролетов разборной части перекрыть наглухо, оставляя средние пролеты для производства регулировки напора. При этом вследствие сосредоточения большого расхода через оставшиеся неперекрытые щитами отверстия гряда наносов будет размыта и отодвинется вверх по течению, что ослабит завлечение крупных фракций в регуляторы.

Таким образом, возможно при умелой эксплуатации узла бороться с продвижением гряды наносов на плотину путем более сосредоточенного пропуска воды при помощи перекрытия части пролетов разборной части, прилегающих к регуляторам, оставляя открытыми средние пролеты.

Таковы основные моменты мероприятий по борьбе с завлечением донных наносов в регуляторы.

Вторым не менее актуальным вопросом является вопрос размеров узла сооружения по фронту, место расположения водозабора по фронту, а также регулировка потребных для питания регуляторов напоров в верхнем бьефе.

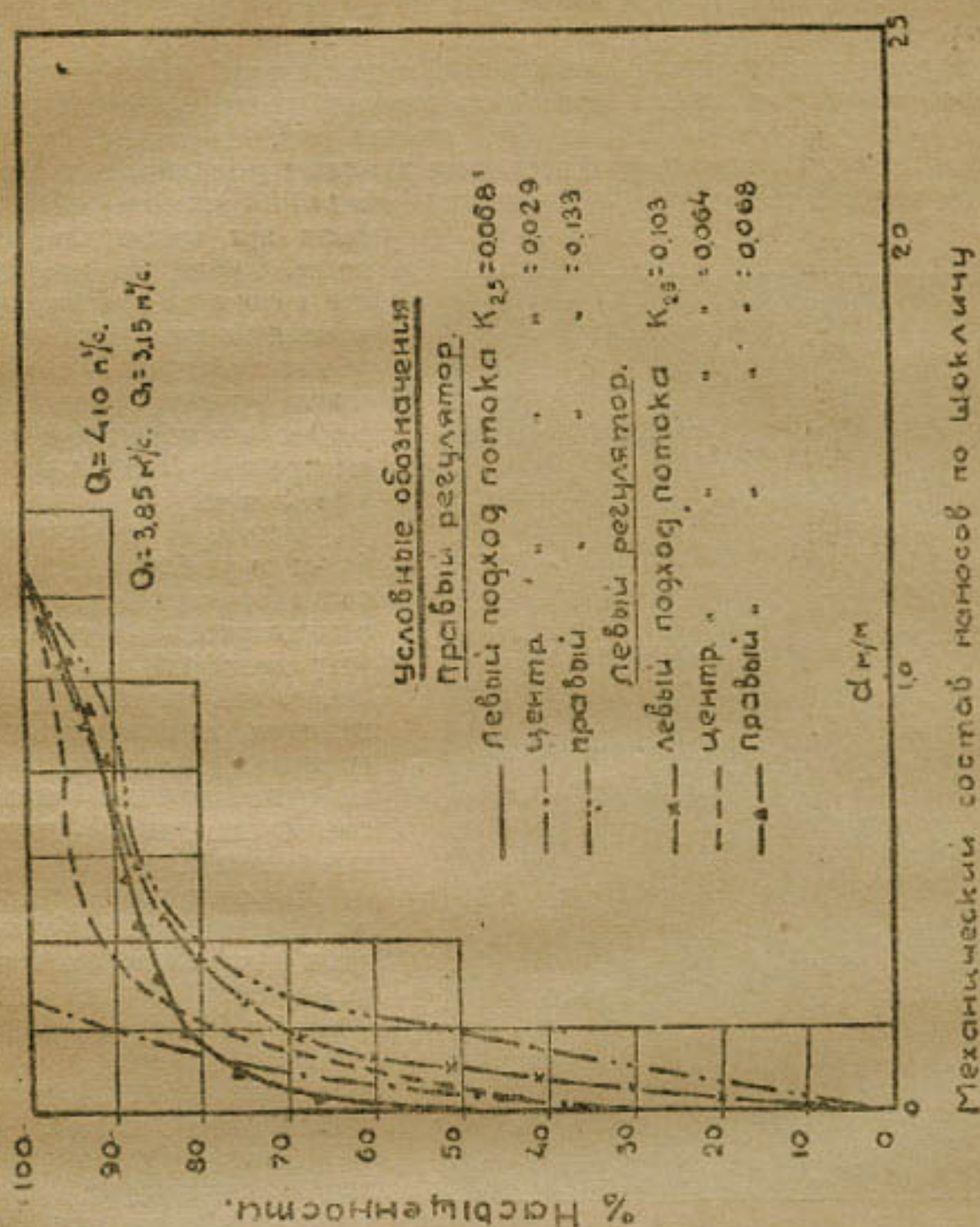


Рис. 5. Аналитические кривые гранулометрического состава наносов с показанием характеристик (K_{25})

В предлагаемом мною сооружении фронт узла сооружения составляет примерно $\frac{1}{5}$ ширины потока, т.е. 68 м, этот же размер по фронту имеет и узел сооружений на р. Кугарт-сае, что можно считать вполне приемлемым, учитывая указания, данные Лассеем по вопросу соотношения фронтальной линии сооружения с шириной потока (поймы).

Однако, по нашему мнению, это еще не есть разрешение задачи, ибо, например, для узла сооружений на р. Кугарт-сае мы имеем из 68 м, приходящихся на всю ширину плотины, 35 м, приходящихся на глухую часть, что составляет 50% ширины. Расходы же во время прохождения паводка $Q = 180,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ распределяются следующим образом: через глухую часть проходит расход $Q = 56,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$

и через разборную — $Q = 124,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Такое положение приводит к транспортированию основной массы донных наносов, влекомых рекой через разборную часть, а при существующей конструкции сооружения это положение обуславливает завал регулятора наносами.

Между тем, как показывает произведенный гидравлический расчет предлагаемого мною сооружения, имеется возможность сократить пролет разборной части с 35,0 м до 22,0 м, т.е. до 33% от общей ширины узла.

Такое сокращение пролета разборной части позволяет уменьшить, во-первых, количество щитовых перекрытий, во-вторых, этим облегчается открытие разборной

части при прохождении паводка. Однако, это сокращение пролета не требует одновременного увеличения напора для необходимости обеспечения регулятора водой, но создает более интенсивную промывку наносов, несомых рекою через пролет.

Исходя из соображений большого удобства центрального забора воды из реки, т.е. расположения забирающих воду сооружений в самом русле, по его оси, мною разборная часть, являющаяся одновременно и водозаборной, расположена нормально оси потока и симметрично относительно последней.

Оставшиеся неперекрытыми пролеты от разборной части до коренного берега перекрываются частично (для условий р. Кугарт-сай — 44 м) глухими водосливами и далее открытыми каналами с укрепленным мокрым откосом.

Данная сооружению указанную конструкцию, мною имелось в виду получить следующий результат:

1. Получить постоянный, центральный и обеспеченный забор воды с постоянной промывкой.

Рис. 6. Дно потока после пропускания по модели расхода $Q = 2,32 \text{ л/сек.}$ ($41 \text{ м}^3/\text{сек.}$). Подход потока к плотине слева. Забор воды в регуляторы $Q = 0,397 \text{ л/с}$ ($7,05 \text{ м}^3/\text{сек.}$). Захват наносов в левый 0,56 и правый регулятор 0,47% ($\Sigma = 1,03\%$), в сброс 98,97%.

2. Благодаря центральному забору воды по лотку, постоянной промывке через разборную часть и наличию глухих водосливных плотин создать в пределах района расположения сооружения одно русло, направленное по оси разборной части.

3. Добиться минимального завлечения донных наносов в регуляторы.

4. Добиться, путем заиливания водяных подушек перед глухими плотинами, уменьшения размывающего действия потока на берег.

Результаты модельных испытаний узла сооружений были получены вполне удовлетворительные как по уменьшению завлечения донных наносов в регуляторы и постоянной промывке, обусловившей создание одного сосредоточенного русла, так и по уменьшению размывающего действия потока на берега.



Приводимая фотография (рис. 6) модельной установки дает вполне ясную картину рельефа русла при расходе реки $Q=41$ м³/сек. и подходе ее к сооружению слева. Но одно несомненно в этом рельефе, это резко выраженное, сосредоточенное русло по оси нормальной к фронту плотины. Сказывается только влияние подхода потока в виде искривления русла вверх от сооружения.

Это указывает на невозможность размыва потоком берегов, а последнее уничтожает потребность в возведении сгрудонаправляющих дамб.

Резюме

Изложенные выше преимущества в комплексе дают весьма высокое по своим качествам водозаборное сооружение в условиях забора воды из горных рек, несущих массу донных наносов, приспособленное к пропуску внезапно наступающих паводков — силой и не требующее устройства руслорегулировочных дамб.

Указанный тип сооружения одобрен как Бризом (автор. справка № 171928), так и Сазгипроводом — в лице ст. инженера проектной группы, давшим положительный отзыв.

В частности, описанное сооружение намечено к постройке на одной из горных рек КССР.

В заключение должен выразить благодарность инженерам А. В. Троицкому и С. Т. Алтушину за самое деятельное участие в подготовке настоящей работы к печати.

Некоторые улучшения типа плотины, предложенного С. С. Баном

Основная идея типа плотины, предложенного спец. Санири инж. С. С. Баном¹, заключается в возможности при данном типе сооружения получения без производства значительных регулировочных работ сосредоточенного к оси сооружения потока, у которой расположены водозаборные устройства для правого и левого берегов, позволяющие забирать воду без донных наносов. Достигается это путем устройства в центре плотины водозаборной части в виде лотка, разделяющего поток на две зоны: верхнюю — свободную от наносов и поступающую в лоток и нижнюю — сбрасываемую совместно с наносами в нижний бьеф. По бокам водозаборной части устраиваются полослины, внутри которых помещаются потерны. Через потерны вода из лотка подается в магистрали обоих берегов.

Подобная идея расположения водозаборных устройств в центре с целью сосредоточения потока при малых расходах к оси сооружения была применена в проекте плотины на р. Кара-буре (Таласский кантон КирАССР), проработанном в 1929 г. в Проектном бюро Кирводхоза инж. Семеновым и тех. Абрамовым под руководством автора настоящей заметки.

Схема сооружения представлена на рис. 1.

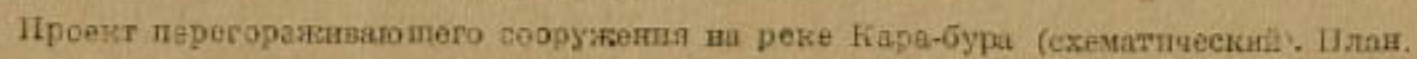
Хотя в проекте плотины на р. Кара-буре и были приняты меры против заедания донных наносов в регулятор в виде устройства изогнутых карманов и постановки напорных порогов, но они являются мало эффективными по сравнению с устройством лотка.

Предложенный инж. Баном тип водозаборного сооружения не затруднит прохождения быстро нарастающих паводков, что особо важно для горных рек, имеющих значительные силевые паводки.

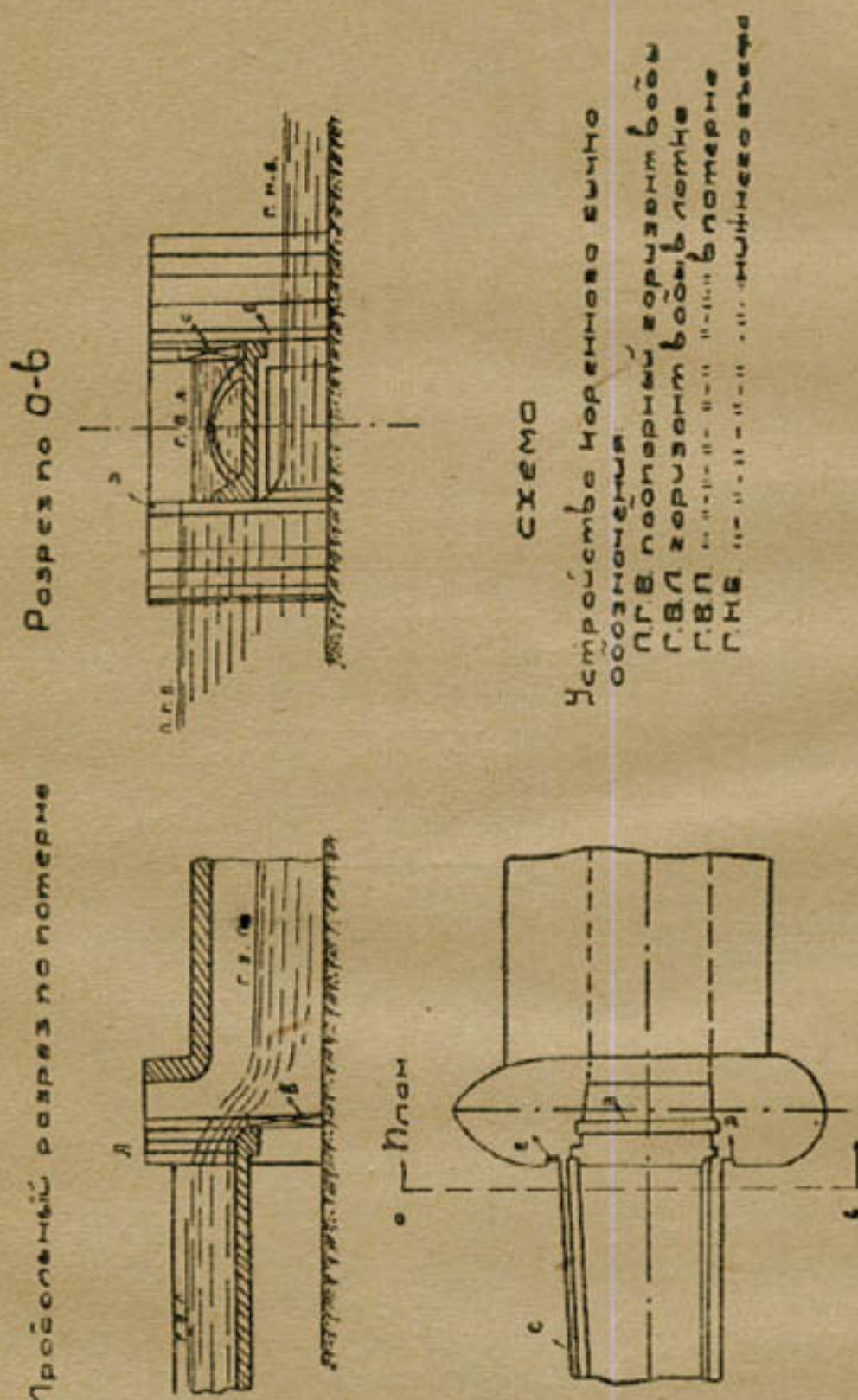
Недостаток предложенного типа заключается в том, что забор воды в зимний период, во время прохождения льда и шуги, будет представлять затруднения, т. к. совместно с верхним слоем воды будут захватываться в регулятор лед и шуга, что, помимо того, что шугой и льдом будут перегружаться каналы, при неизбежном захвате в потерны охлажденного воздуха, может вызвать забивку потерн шугой, как то имеет место в трубопроводах гидростанций. Для избежания захвата шуги и льда в потерны можно предложить улучшение данного типа плотины.

Учитывая, что прохождение льда и шуги происходит при малых расходах, когда нет движения донных наносов в реке, возможно в зимнее время забирать

¹ См. статью инж. Бана С. С. „Водозаборное сооружение для горных рек“, помещенную в № 10 за 1935 г. журнала „Ирригация и гидротехника“.



воду из нижних слоев. Для этого необходимо в бычках, отделяющих водозаборную часть от водосливной (коренные бычки), устроить под полком отверстия, закрываемые затворами (щиты или шандоры), соединяющие потерну с зоной под полком (рис. 2). Зимой работа сооружения будет производиться при закрытых затворах (А) верхней зоны над полком¹ и открытых затворах (В) у нижнего отверстия в коренном бычке.



Пропуск шуги в нижний бьеф может производиться через верхнюю зону (доток) при снятых задних шандорах (С). Летом же забор воды будет происходить при закрытом затворе (В) в нижней зоне и открытом затворе (А) в верхней.

¹ Необходимо указать, что шандоры или щиты, служащие для выключения потерны, указ. на рис. 2 упомянутой статьи инж. Бава, должны быть вынесены вперед.

Затворы (D) нижней зоны плотины для регулирования расхода сбрасываемой воды более целесообразно ставить перед лотком, чтобы приблизить зону пониженного давления, в направлении которой движутся наносы, к месту раздела воды на два зоны, так как в предложенном типе плотины при малых расходах, вследствие приближения откоса гряды к сооружению, происходит увеличенное поступление донных наносов на лоток, чего возможно будет избежать при постановке шандор впереди лотка. В случае же необходимости работы зимой для обеспечения забора воды в потерну через нижнее отверстие в пролетах плотины, ближайших к коренным бычкам, необходимо предусмотреть постановку затворов (E) за лотком.

С целью достижения большого сосредоточения потока к оси сооружения, при всех расходах необходимо гребень водосливных частей плотины делать наклонным, поднимающимся к берегам.

При значительных колебаниях расхода реки, чтобы не удлинять фронт водосливов, возможно разделение правобережного и левобережного регуляторов друг от друга неширокой разборчатой частью, которая при значительных расходах реки точно также будет способствовать сосредоточению потока к оси сооружения.

Предлагаемые мероприятия в значительной степени улучшают работу плотины при всех условиях ее работы и будут способствовать более широкому распространению этого типа плотины.

Несколько слов о взвешивании¹

В №№ 1 и 2 Известий Научно-исследовательского института гидротехники была напечатана работа доцента И. И. Леви о напесах. По поводу этой работы мне хотелось бы сказать несколько слов.

Напомним, что вся вышеуказанная статья разбита на три главы.

В первой главе критически рассматриваются все имеющиеся теории взвешивания.² После этого разбора доц. И. И. Леви делает совершенно правильный вывод, что прежде, чем разрешить проблему взвешивания, необходимо разрешить проблему турбулентности, поскольку взвешивание, как это считается сейчас признанным, обуславливается пульсационными вертикальными скоростями, последние же наблюдаются только в турбулентном потоке.

Во второй главе математически решается проблема турбулентности и даются формулы как для средней поступательной скорости потока, так и для пульсационных составляющих — вертикальной и горизонтальной. Отметим, что формулы доц. И. И. Леви могут быть применяемы также для ламинарного режима; в этом отношении он пошел по пути Осеева, Великанова и др., которые стремились подчинить одному математическому выражению оба вида движения жидкости.

Третья глава посвящена собственно взвешиванию. Там даются формулы для скорости потока, аналогичные формулам второй главы, но несколько видоизмененные и усложненные в виду того, что при выводе их было принято во внимание наличие в потоке взвешенных частиц.

Этой последней главе и приведенным там основным формулам посвящена нижеследующая часть настоящей статьи.

* * *

При выводе всех зависимостей для потоков, несущих во взвешенном состоянии наносы, доц. И. И. Леви было принято основное положение — постулат, заключающийся в том, что мгновенная скорость взвешенных частиц считалась равной средней скорости потока.

Приняв это положение, доц. И. И. Леви определяет силу сопротивления, которую оказывают взвешенные частицы движущемуся потоку жидкости, по формуле, им выведенной (аналогичной формуле Дюбюи, но пригодной, как это упоминалось выше, как для турбулентного, так и для ламинарного режима, то-есть пригодной для частиц любого размера), при чем за относительную скорость частиц по отношению к потоку принимается пульсационная составляющая, что является из принятого положения. Потом составляется дифференциальное уравнение движения, при чем к действующим силам прибавляется эта сила сопротивления; затем полученное дифференциальное уравнение интегрируется таким же способом, как это было сделано во второй главе для просто турбулентного потока.

¹ Печатается в порядке дискуссии.

² Некоторые работы доц. И. И. Леви не рассматривались, — например, работа инж. Вудса.

В результате целого ряда преобразований выражение для средней скорости потока дается в следующем виде:

$$u_{\text{ср}} = C \sqrt[3]{\frac{1}{1+P}} \quad (1)$$

где C — коэффициент Шези,

P — член, учитывающий взвешивание.

Этот член, зависящий от количества и крупности наносов, выражается следующей формулой:

$$P = \frac{\beta^2 g H}{\beta \left(1 + \frac{\rho_1}{\rho} P\right)} \quad (2)$$

где β_1 и β — коэффициенты, зависящие от шероховатости ложа потока

ρ_1 — плотность наносов;

ρ — плотность воды;

P — объемное содержание наносов;

P_i — объемное содержание наносов i -й фракции;

w_{ai} — гидравлическая крупность i -й фракции;

g — ускорение силы тяжести;

H — глубина потока.

Формула (1) на первый взгляд кажется вполне правильно учитывающей явление. Действительно, при наличии в потоке взвешенных частиц поступательная скорость уменьшается, что, во-первых, соответствует опытам и наблюдениям, а во-вторых, вполне логично с механической точки зрения, так как часть энергии тратится потоком на взвешивание частиц.

Однако, при более детальном изучении структуры формулы (1) выступают все органические недостатки. Получается, например, что чем меньше гидравлическая крупность наноса, тем больше он оказывает влияния на уменьшение скорости, и в пределе, при стремлении гидравлической крупности взвешенных частиц к нулю, средняя скорость также стремится к нулю.

Этот несоответствующий действительности результат получился в виду неправильного основного постулата, положенного доцентом И. И. Леви в основу своей теории и о котором говорилось выше.

Действительно, по этому положению выходит, что пульсационные слагающие скорости не оказывают никакого влияния на скорость передвижения взвешенных частиц, но ведь взвешивание есть как раз результат наличия в турбулентном потоке пульсаций — в ламинарном потоке, где нет пульсаций, нет и взвешивания.

Таким образом, доцентом И. И. Леви при определении характера движения взвешенных частиц пренебрегалась причина, непосредственно это взвешивание вызвавшая, чего, конечно, делать нельзя.

Необходимо отметить, что доц. И. И. Леви сознавал, повидимому, всю условность, которая заключалась в его положении, так как в выноске он пишет: „Укажем здесь, что это предположение справедливо, главным образом, для крупных частиц; мельчайшие частицы пульсируют вместе с частицами жидкости и поэтому для них $v \rightarrow 0$ “. Это замечание, однако, не дает никакого критерия для отделения фракций, оказывающих сопротивление движению потока, то-есть движущихся со средней скоростью потока, от фракций, не оказывающих сопротивления, то-есть имеющих скорость равной мгновенной скорости потока. Да такое деление, если доцентом И. И. Леви был бы дан рецепт для его осуществления, было бы еще более условным, так как можно сказать с уверенностью, что ни одна частица, взвешенная потоком, не движется со скоростью, равной или мгновенной скорости, или средней скорости потока, в силу, с одной стороны, той инерции, которой обладают даже самые мельчайшие частицы, с другой же стороны, в силу того, что все частицы, будучи взвешены пульсационными скоростями, обладают инерцией, вполне преодолимой последними.

Из того, что частицы обизаны своим взвешиванием наличием пульсаций, можно сделать вывод, что все без исключения частицы в той или иной мере увлекаются пульсационными составляющими скорости.

Итак, формула (1), на мой взгляд, не соответствует действительности. Однако связь между крупностью и количеством наносов, с одной стороны, и средней скоростью потока, с другой, несомненно существует. Можно вывести эту зависимость из общих энергетических соображений и уравнения Бернулли.

Если в потоке жидкости, насыщенном наносами, выделить двумя сечениями объем жидкости V и представить себе, что этот отсек остановился, то все взвешенные частицы начнут оседать и через некоторый промежуток времени Δt совершат положительную работу, равную

$$(\gamma_1 - \gamma) V \Delta t \sum p_i w_{ai} \dots \dots \dots (3)$$

Так как наносы не оседают, то можно сделать предположение, что отсек жидкости V в каждый промежуток времени Δt затрачивает некоторую работу на поддержания наносов во взвешенном состоянии. Величина затрачиваемой работы должна, в силу закона сохранения энергии, равняться выражению (3).

Из закона живых сил известно, что приращение живой силы равно работе всех сил. Напишем уравнение живых сил для нашего отсека жидкости V , как то обычно делается в гидравлике при выводе уравнения Бернулли для целого потока жидкости¹, при чем к работам силы тяжести и гидравлических сопротивлений прибавим отрицательную работу взвешивания. Получим

$$\gamma Q \frac{z_2 u_2^2}{2g} \Delta t + \gamma Q \left(\frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right) = \gamma Q \frac{z_1 u_1^2}{2g} + \gamma Q \left(\frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \gamma Q h_w - (\gamma_1 - \gamma) V \Delta t \sum p_i w_{ai} \dots \dots \dots (4)$$

Обозначим через l расстояние по оси потока между двумя взятыми сечениями, а через u_{cp} — среднюю скорость между сечениями, тогда объем жидкости V можно заменить выражением:

$$V = Q \frac{l}{u_{cp}} \dots \dots \dots (5)$$

Вместо h_w можно подставить его значение (см. Б. А. Вахметев, Гидравлика, ст. 80)

$$h_w = l \frac{f}{\omega} \cdot \frac{F(u_{cp})}{\gamma} \dots \dots \dots (6)$$

Делая эти подстановки и сокращая на Δt и Q , получим:

$$\frac{z_2 u_2^2}{2g} + \left(\frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right) = \frac{z_1 u_1^2}{2g} + \left(\frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - l \frac{f}{\omega} \frac{F(u_{cp})}{\gamma} \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{l}{u_{cp}} \sum p_i w_{ai} \quad (7)$$

При равномерном установившемся движении скорость и давление вдоль потока не меняются, а посему, для этого последнего случая, уравнение живых сил получает вид:

$$\frac{z_2 - z_1}{l} = \frac{1}{R} \cdot \frac{F(u)}{\gamma} + \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\sum p_i w_{ai}}{u} \dots \dots \dots (8)$$

где u есть средняя поступательная скорость потока.

Далее, делая общеизвестные преобразования, получим:

$$i = \frac{1}{R} \cdot \frac{u^2}{C^2} + \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\sum p_i w_{ai}}{u} \dots \dots \dots (9)$$

Уравнение (9) отличается от обычного уравнения гидравлики наличием члена, учитывающего потерю энергии на единицу длины потока единицей веса жидкости от взвешивания.

¹См., например, Б. А. Вахметев. Гидравлика, изд. КУБУЧ, 1932 г., ст. 50

Из формулы (9) не трудно получить выражение для средней скорости потока u ; аналогично формуле Шези, она (формула), имеет вид:

$$u = C \sqrt{R} \sqrt{i - \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\sum p_i w_{ai}}{u}} \dots \dots \dots (10)$$

Значение средней скорости потока u по этой формуле определяется подбором. Из формулы (10) явствует следующее:

1. Наибольшее влияние на уменьшение средней скорости потока оказывают крупные фракции наноса.
2. Количество взвешиваемого потоком наноса p не может расти беспрестанно.
3. При уменьшении гидравлической крупности взвешенного наноса w_a до нуля скорость потока u стремится к своему максимальному значению, определяемому формулой Шези.

Вот те основные выводы, которые можно сделать из формулы (10) и которые вполне логичны.

Выводы диаметрально противоположны тому, к чему приводит формула доцента И. И. Леви, несостоятельность которой очевидна.

Равенство (9) является уравнением третьей степени относительно скорости u и имеет, следовательно, три корня. Один из этих корней должен являться решением поставленной задачи: какая скорость установится в потоке при данных элементах русла и заданном количестве и крупности взвешиваемых наносов. Однако, один корень есть всегда величина отрицательная, и поэтому, по сущности дела, не может являться решением задачи. Другие два корня являются положительными величинами², но решением задачи является только один, имеющий максимальное значение.

¹ Если учесть уменьшение веса жидкости от наличия взвешенных частиц, то формула (10) будет иметь вид:

$$u = C \sqrt{R} \sqrt{i - \frac{(\gamma_1 - \gamma) \sum p_i w_{ai}}{\gamma \left(1 + \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} p \right) u}}$$

² Или мнимыми, но в этом последнем случае поток не может переносить во взвешенном состоянии заданное количество наносов.

Перископ в применении к наблюдениям за движением донных наносов у ловушек

За последнее время сектором гидротехники САННИРИ сосредоточено внимание на разрешении методики учета твердого стока рек. Выработаны на моделях удовлетворительные схемы ловушек. Однако при переносе их в натуру нет возможности проверить их действие, как это делается на модели, где прибор, погруженный в воду, а также возмущения, производимые им, видны невооруженным глазом.

Наблюдения же в натуре за движением донных наносов в районе ловушек дали бы ряд ценных указаний как на недостатки приборов, так и на характер движения наносов вблизи их.

Для того, чтобы сделать возможным производство таковых наблюдений, необходимо, во-первых, опускать вместе с ловушкой сильный источник света, который охватывал бы распространяемым светом ловушку и часть прилегающего к ней дна.

Вторым мероприятием является приспособление перископа, употребляемого в подводных лодках, к ловушке. Для этого перископ необходимо окулярным концом поместить над водой, а объективом у ловушки.

Совершенно очевидно, что те явления, которые происходят в освещенном поле зрения перископа, будут видны на поверхности воды. Кроме того, появится возможность производства фотоснимков явлений, сопутствующих взятию проб ловушками.

Перископ в соединении с источником света может быть применен также в работах по обследованию подводных частей сооружений, чем возможно будет при систематическом осмотре сооружений предотвратить возможные катастрофы.

Конструкция перископа-наблюдателя весьма проста. Штанга ловушки является телом перископа, на верхний, надводный конец штанги навинчивается окуляр перископа, на нижний — объектив, соответствующим образом защищенный от ударов отдельных зерен наноса. По телу перископа (штанги) устраивается с тыловой стороны (по течению) ряд зажимов через каждые 20—30 см, в которые вставляется бронированный кабель-провод к источнику света, также помещаемому у конца штанги, или прикрепляемому к телу ловушки, но с тем, чтобы свет не попадал непосредственно в объектив перископа, ибо это затруднит и даже уничтожит возможность производства каких-либо наблюдений.

Предлагаемое рационализаторское предложение, по нашему мнению, должно в значительной степени облегчить задачу, поставленную перед работниками, изучающими твердый сток рек, а также при обследовании подводных частей сооружений и гидротехнических работах, связанных с подводными наблюдениями.

¹ В порядке обсуждения.

К вопросу о применении естественного метода защиты размываемых берегов на реках Средней Азии¹

Введение

Настоящий критический очерк надо рассматривать, как первую попытку внести некоторое рационализаторское предложение в защитно-регулирующие работы на ирригационных системах Средней Азии и привлечь внимание к этому вопросу исследовательской мысли со стороны. В данный момент ремонтно-регулирующие работы на ирригационных системах Средней Азии зашли в некоторый тупик в отношении материалов и рабочей силы. В районах отдельных работ исчезли лесные насаждения, а выполнение защитных регулировочных сооружений производится до сих пор натуровинностью. Первый фактор (отсутствие материалов) влечет за собой большие накладные расходы (на транспорт), второй (натуровинность), являясь пережитком, сопровождается плохой и к тому же дорогой работой, рассматривая использование натуровинности в масштабе всего народного хозяйства республики.

В общем нужно сказать, что на данной стадии развития ремонтно-регулирующих работ последние выполняются организационно плохо, дорого и по целому ряду причин (материал, конструкция, проектирование и др.) недоброкачественно.

Вопросами исследования и рационализации ремонтно-регулирующих работ по существу до сих пор не занимались, и в нашей литературе мы почти ничего не найдем. Более или менее крупные исследования в этой области касались исключительно регулирования и защиты судоходных каналов и рек, где принципы и приемы работ совершенно иные, чем те, которые мы имеем на ирригационных реках и каналах. На судоходных реках режим их меняется от притоков, на ирригационных реках, наоборот, от отводов воды в сторону; на судоходных реках важно создать фарватер с определенной глубиной независимо от его расположения в плане, судоходное регулирование связано борьбой с перекатами, на ирригационных реках не так важна глубина фарватера, как расположение его в плане: здесь регулирование имеет целью создать или подвод воды к определенной точке, или, наоборот, отвод для защиты берегов²; перекатами мы интересуемся очень мало.

В иностранной литературе мы также не найдем в систематизированном виде прямого решения интересующего нас вопроса.

¹ Печатается в порядке обсуждения.

² В регулировании судоходных рек стараются по возможности набегать насильственного вторжения в естественный режим рек; мы же этот принцип принуждены то и дело нарушать.

Мы считаем, что критический подход к имеющемуся материалу в нашей и иностранной литературе, с анализом специфических особенностей наших задач, может дать нам на первых порах то направление, по которому должна работать исследовательская мысль, дабы вывести, хотя бы частично, теперь же ирригационную эксплуатацию Средней Азии из того тяжелого положения, в которое она попала в данный момент.

Этот путь исследования должен сопровождаться самостоятельными изысканиями в области рационализации ремонтно-регулирующих работ.

Здесь в первую очередь должен быть решен вопрос о размерах фронта развертывания берегозащитных и регулирующих работ, выявлены те признаки на режиме рек и каналов, которые помогли бы правильно проектировать пределы этих работ.

Если удастся вытащить это звено, то, вероятно, придется коренным образом пересмотреть практику проектирования водозаборных узлов и ремонтно-регулирующих работ.

1. Классификация ремонтно-регулирующих работ на ирригационных системах Средней Азии

Ремонтно-регулирующие работы на источниках, головах арыков и на сбросах, в условиях водного хозяйства Средней Азии распределяются по характеру своего назначения на следующие виды:

1. Защитные работы.
2. Регулирующие работы.
3. Защитно-регулирующие работы.

Регулирующие сооружения, выполненные в порядке ремонтно-регулирующих работ, называются в отличие от инженерных „местными“. Эти сооружения призваны бороться только с неравномерностью расходов и ни в коем случае не регулируют поступление наносов в отводы.

Ремонтно-регулирующие работы по характеру основного материала, из которого они выполняются, делятся, независимо от вида их, на: 1) хворостяные, 2) каменно-хворостяные (гайтуганные), 3) бревенчато-каменно-хворостяные (сипайные), 4) каменные и габионные.

Как общую особенность всех этих работ надо отметить, что они ведутся ежегодно на одном и том же месте и захватывают весь вегетационный период.

Общая критическая характеристика ремонтно-регулирующих работ

Только что упомянутая особенность есть следствие того, что все хворостяные и бревенчато-хворостяные сооружения являются зачастую ненадежными по своей конструкции и недолговечны по характеру своего материала. В настоящее время на правобережной Нарынской системе и левобережной Нарыно-Карадарьинской системе принимаются меры к усилению сипайной кладки в ее борьбе с потоком путем облицовки бетонными плитами. В районе правобережной Нарынской системы укрепляемый берег р. Нарына (в голове Янги-арыка) покоится на неразмываемом дне, и здесь бетониты, одевающие сипайную кладку, имеют под собой прочную постель; что же касается левобережной Нарыно-Карадарьинской системы, то здесь укрепляемый берег Нарына (Чулжинская дамба) основан на слабом размываемом дне, и защитная кладка бетонитов подвержена деформациям (см. рис. 1).

Это есть первый опыт и нужно пока воздержаться от определенного вывода. Здесь важно подчеркнуть эту попытку, как выдвинутую в последнее время, ликвидировать недостатки местных конструкций.

Защитные работы на кавальях и реках в условиях ирригационной эксплуатации имеют целью предохранить берег от прорыва, подмыва и разрушения и не дать возможности высокой воде выйти из определенных очертаний берегов, заболотить культурные земли или же уйти в сторону. В соответствии с этими задачами защитные сооружения представляли собой или опояску, в виде продольной дамбы из сипайной или просто таштуганной кладки, или поперечные буны, или плеры, в виде короткой сипайной кладки, построенные на известных расстояниях друг от друга у подмываемого берега для защиты его; кроме того, между ними там, где являлась необходимость, воздвигали таштуганную кладку, а то просто насыпали вал из крупного камня и грунта. Сипай поставленные вдоль защищаемых берегов, оказываются в довольно тяжелых условиях в отношении своей устойчивости. Дно у ног сипай, находящихся непосредственно в воде, размывается быстрее, чем у задних ног, защищаемых кладкой. Этого обстоятельства, видимо,

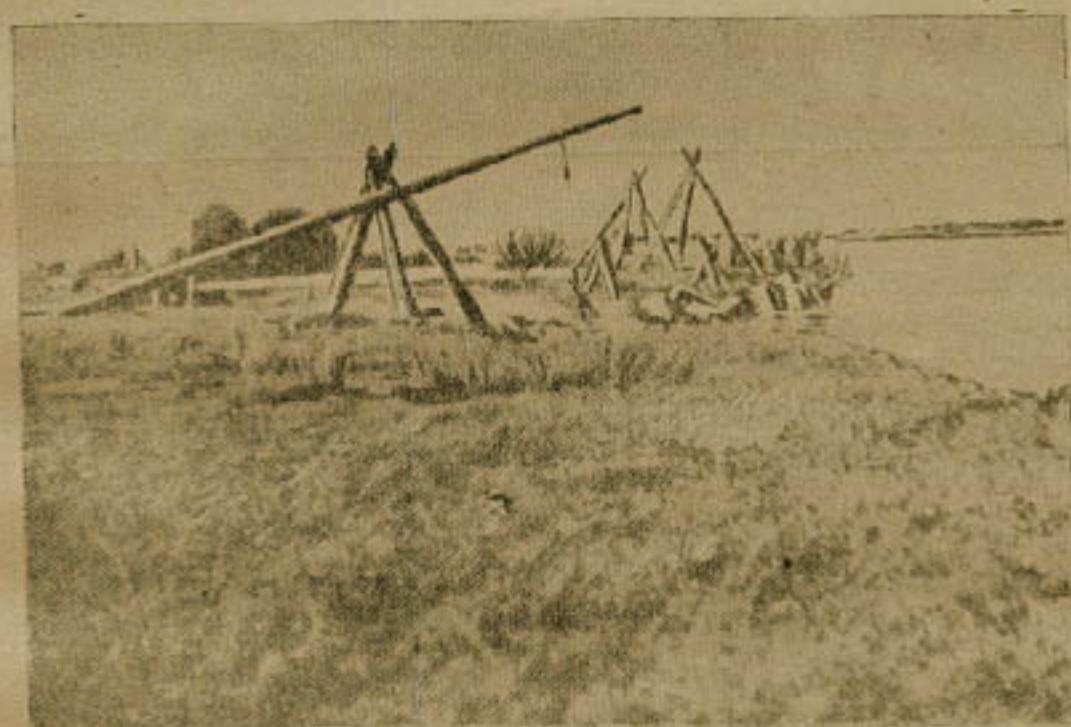


Рис. 1. Защита Чуджинской дамбы

никак не избежать. Под влиянием этих условий сипай вместе с кладкой наклоняются, отрывая ее от остальной, сзади лежащей кладки. Образуются щели, и необходимая целостность нарушена. В этих случаях прибегают к привязке сипай за вершину канатом к какому-либо прочному предмету на берегу. В более ответственных случаях (Чуджинская дамба) устанавливают за первым рядом сипаев второй, вне прижимного течения. Второй ряд сипаев находится в более нормальных условиях и более устойчив. К этому ряду и притягивают канатами первый, готовый рухнуть в воду, ряд сипаев (см. рис. 2, Чуджинская дамба, р. Нарын).

Вообще сипай могут иметь ограниченное применение. Они хороши, как временная мера, когда в очень короткий промежуток времени нужно предотвратить катастрофу от прорыва или подмыва, но тут же надо подумать о замене их. По утверждению инженера Бударевича¹, широкое применение сипаев объясняется, наряду с несравненной устойчивостью против каменно-хвостяной кладки, простотой постройки и подручностью материала.

Инженер Тромбачев² пишет: „Не имея в своем распоряжении надлежащих строительных материалов, не зная европейской техники, местное туземное население

¹ Инж. Бударевич. Сипайные плотины, 1922 г.

² Инж. Тромбачев. Сипайные работы, 1926 г.



Рис. 2. Укрепление Чуджинской дамбы

ние естественно прибегало к использованию того, что есть под руками, и привело у себя в борьбе с водной стихией тип так называемых „сипайных сооружений“.

Во всех этих отзывах ни слова не говорится о каких-либо универсальных достоинствах сипай, как это распространено в широкой публике. Нужно сказать, что теперь сипай лишился одного своего достоинства — подручности материалов.

Характеристика ремонтно-регулирующих работ по левобережной Карадарьинской и левобережной Нарын-Карадарьинской системам

Для примерной количественной характеристики¹ ремонтно-регулирующих работ на горных реках приведем данные по стоимости, расходу материалов и затратам рабочей силы за последний 1935 год по двум наиболее типичным системам: 1) левобережное Карадарьинское системное бюро и левобережное Нарын-Карадарьинское системное бюро. Эти данные могут характеризовать положение ремонтно-регулирующего дела по обоим берегам Карадарьи и левому берегу р. Нарын.

По этим двум системам рисуется суммарно следующая картина в отношении расходов рабочей силы, материалов (см. табл. 1) и денежных средств (см. табл. 2).

Таблица 1

Наименование работ	Колич. рабочей силы в ч/дн.	Лесоматериал в куб. м	Хворост в куб. м	Солома в куб. м	Камень в куб. м
Защитные . . .	50.903	1422	62.221	20.143	16584
Регулирующие . .	7.531	451	10.261	4.504	7.096
Защ.-регулирующие . .	13361	504	12.938	3.056	3.788
Итого . . .	72298	2377	94.423	28.153	27468

¹ Количественная характеристика взята из материалов системных бюро.

Таблица 2

Наименование работ	Количество пунктов	Общая стоимость	Стоимость по роду расхода		Транспортные расходы	% транс. расход. от стоим. материалов
			Рабочая сила	Материалы ¹		
Защитные	51	2.035.781.	280.396	1.755.385	1.295.227	73,8
Регулировочн.	15	740.756	121.721	619.032	493.276	79,7
Защитно-регулирующие	8	451.240	78.404	372.836	221.115	59,3
	74	3.227.777	480.524	2.747.253	2.009.667	62,3

Чтобы подчеркнуть удельный вес этих работ [между собой, даем ниже таблицу расходования средств и материалов в процентном отношении.

Таблица 3

Наименование работ	Расход в процентном отношении					
	Денег	Рабочая сила	Лесоматериала	Хвороста	Соломы	Камня
Защитные	62,4	70,4	60,0	65,9	71,5	60,4
Регулировочные	22,8	10,4	18,9	20,4	15,9	25,8
Защитно-регулирующие	14,8	19,2	21,1	13,7	12,6	13,8
Итого	100	100	100	100	100	100

В этих таблицах обращают на себя внимание следующие моменты:

1. Преобладающее значение защитных работ по расходованию денежных средств и материалов.

2. Стоимость транспорта (см табл. 2), которая составляет в среднем 62,3% от стоимости материалов.

3. Большая кубатура лесоматериалов и хвороста.

4. Расход рабочей силы.

При объяснении этих моментов предварительно нужно отметить, что все эти работы выполнялись и выполняются до сего времени в подавляющем своем объеме за счет натуровинности, которая оплачивает не только живую рабочую силу, но также дает хворост, транспорт и частично лесоматериал.

За счет госбюджета, т.е. наемного труда, оплачивается по этим двум системам не более 30 %.

Если мы обратимся к цифрам затрат на ремонтно-регулирующие работы по УзССР в целом за время 1929—1934 гг., то увидим следующие соотношения между этими двумя видами затрат (за счет натуровинности и ассигнований).

Таблица 4

Годы	Стоимость работ и материалов			% расходов по натуровинности
	Натуровинность	Государ. и местные ассигнов.	Всего ассигнован.	
1929	2.322.522	1.054.570	3.377.092	68,8
1930	991.007	841.474	1.832.681	54,0
1931	847.520	1.695.750	2.543.270	33,3
1932	1.609.902	2.892.540	4.503.443	35,7
1933	2.203.685	2.838.252	5.041.937	43,7
1934	3.616.329	3.174.307	6.790.636	53,3
	11.590.965	12.498.193	24.089.158	48,1

¹ В стоимость материалов входит стоимость транспорта.

Из этой таблицы видно, что, начиная с 1932 года, вновь укореняется тенденция к росту участия натурловинности и ремонтно-регулирующих работах. Эта тенденция сохранилась в 1935 г. и получила отражение в планах работ на 1936 г.¹

Местные ремонтно-регулирующие работы характеризуются теперь, при наличии ненадежности и недолговечности этих сооружений, высокой стоимостью при все возрастающей цене на местные лесные материалы, при остром недостатке в нем и высокой стоимости транспорта. Стоимость ремонтно-регулирующих работ возрастает из года в год (см. табл. 4). В частном случае, как, например, по Камырраватскому узлу, это издержанье выразилось следующими цифрами²:

до 1917 г.	60.000 руб.	70.000 руб. в год
1925—28	70.000 »	120.000 » » »
1929—32	300.000 »	400.000 » » »
1933	310.000 »	
1934	445.000 »	
1935	248.000 » ³	

По этому узлу для производства синайных работ затрачивалось ежегодно одного хвороста 15.000—20.000 куб. м.

Для борьбы со всем этим злом в настоящее время ищется и проводится в жизнь в некоторых местах идея частичной реконструкции водозаборных узлов путем замены местных сооружений инженерными, хотя бы временного характера.

Как на пример таких работ можно указать на тот же Камырраватский узел.

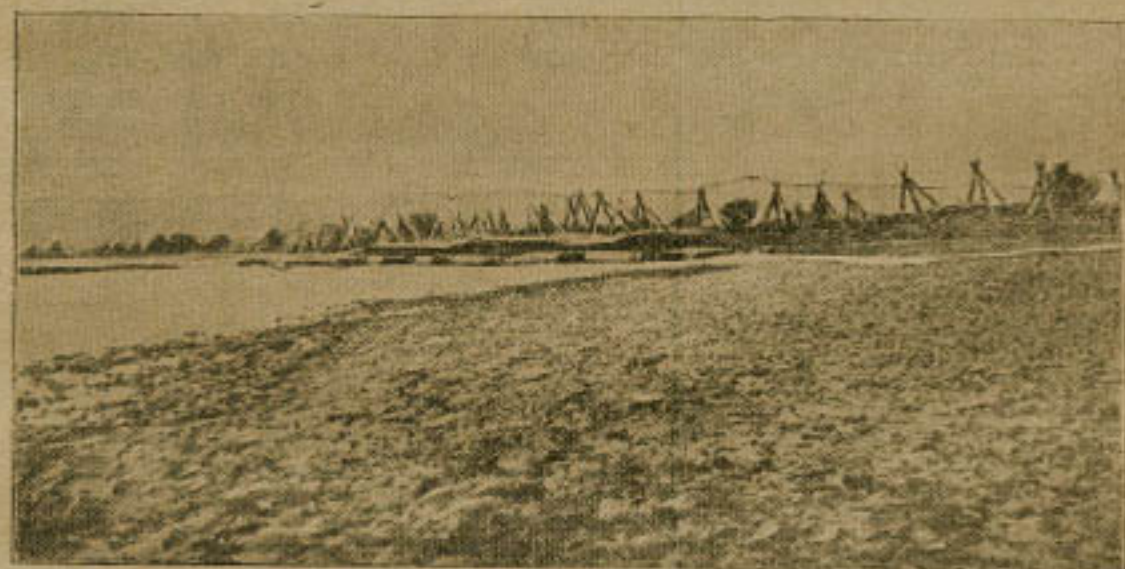


Рис. 3. Тентяксайская дамба

Такую же тяжелую картину мы можем отметить в отношении Тентяксайской дамбы на левом берегу Кара-дарьи. В акте от 5/IX-35 г. комиссия, осматривающая эту дамбу, отмечает и находит следующее: «Производство защитных работ существующей синайной дамбы с каждым годом делается все затруднительнее в связи с полным отсутствием лесного материала в данном районе, а также по причине отсутствия в данном районе рабочих рук, что повышает стоимость работ. В то же время имеется полная возможность перейти от синайного крепления из недолговечного материала к креплению из рваного камня, добытие которого возможно в 6 км» (ориентировочно стоимость работ 500.000—600.000 руб.).

¹ Из нашего личного ознакомления на месте с планом работ на 1936 г.

² Из пояснительной записки к проекту переустройства Камырраватского узла.

³ В этом году были развиты работы по постройке временных инженерных сооружений 1-й очереди, куда вошло обвалование рваным камнем существующих синайных дамб.

В 1934 году (год многоводный) было израсходовано вместе с натурповинностью 310.000 руб., в 1935 г. этот расход запроектирован был в 153.000 руб.

В пояснительной записке к плану работ на 1935 год по левобережной Нарыно-Карадарьинской системе было сказано: «Постройка габионного барража по каналу Сталина на р. Кара-дарье необходима потому, что вести защитно-регулирующие работы в голове невозможно, за отсутствием лесоматериалов по месту работ». Точно такими же мотивами выдвигается, по примеру Камыш-рзвата, идея объединения других водозаборных узлов, берущих начало из Карадарьи и из р. Нарын.



Рис 4. Буна Тентяксайской дамбы

В пояснительной записке к плану работ на 1935 год по Нарынскому системному бюро сказано: «Для борьбы с паводками требуется значительный расход материалов, какового на месте уже нет; необходимо обратить сугубое внимание на заюз таковых из центра Союза, так как в противном случае успехов в проведении протавопаводковых мероприятий система гарантировать не может. Этот вопрос необходимо поставить со всею остротой и добиться завоза круглого леса, хотя бы низкого качества».

Характеристика ремонтно-регулирующих работ на водозаборных узлах из реки Чирчик (Чушка-баш, Бектемир и Кара-су)

Здесь в поле нашего зрения стояли три водозаборных узла: Чушка-баш, Бектемир и Кара-су.

По уточненному плану на 1934 г. расход лесоматериалов был установлен следующий:

Таблица 5

Наименование работ	Лесоматериал куб. м	Хворост куб. м
Защитные работы . .	119	7198
Регулирующие работы	38	3035
Итого	157	11.033

Наиболее тяжелые защитные работы оказались на участке Чунка-баш Денежные расходы на работы в этом узле по годам определялись следующими цифрами:

1931 год	89.317 руб.
1932 год	117.784 »
1933 год	165.507 »
1934 год	332.000 »

На 1935 г. был запроектирован один миллион рублей. Эффективность произведенных работ на этом участке оказывалась настолько незначительной, что одна комиссия, определяя в 1934 году объем работ на 1935 год, отметила в своем акте от 25—28/X-34 года следующее:

«Учитывая, что объем работ, указанный в акте (установка 83 свай и 18.557 куб. м тапуганной кладки), является минимальным, не могущим обеспечить безболезненного прохождения паводков и селей 1935 г., ежегодно большие затраты по Чунка-башу и сравнительно малый эффект от этих работ и полное отсутствие местных стройматериалов и путей сообщения, считать целесообразным поставить вопрос перед хлопковым управлением НКЗ о разгрузке р. Калган-Чирчик хотя бы на 50%, по схеме, предложенной Чирчикским левобережным системным бюро».

В протоколе Техсовета УзНКЗ от 13/X 1934 г. за № 153/500 по вопросу о защите берегов на участке Калган-Чирчик было сказано следующее: «Учитывая большие затраты, которые ежегодно производятся по УзССР на защитные работы, считать целесообразным на всех реках, где имеется более или менее значительный объем этих работ, в частности, по р. Чирчик, изучение режима русла и потока реки в паводок и действия потока на защитные сооружения в целях выработки наиболее целесообразного типа и расположения в плане сооружений».

Основные выводы из опыта ремонтно-регулирующих работ

Из имеющейся практики ремонтно-регулирующих работ мы можем с полной ясностью сделать следующие выводы:

1. Выбор работ по роду материалов — хворостяные и бревенчато-хворостяные подвергаются в настоящее время работниками энциклопедии жестокой критике. Эта критика вызвана в первую очередь отсутствием лесного материала на местах, под рукой. Это обстоятельство очень важно, ибо при развитии берегозащитных работ род материалов определяется прежде всего тем материалом, который находится под рукой, а, кроме того, материал определяет вид и конструкцию сооружений.

2. Каменно-хворостяная и сипайная кладки признаются слабыми и недолговечными сооружениями в борьбе против размыва берегов и ежегодно требуют больших затрат, притом дефицитных материалов. Вначале мы упомянули, что уже возникла попытка как то изолировать эту кладку от непосредственного действия на нее потока.

3. Там, где возможно, по наличию материала, переходят к другим типам работ, более долговечным, как, например, на Камырраватском узле, где сипайная кладка заменена облицовкой берегов рваным камнем. Такая же мысль высказана в отношении Тентяксайской дамбы.

4. Для сокращения объема недолговечных работ выдвигается идея объединения голов с применением инженерного типа работ (по примеру Камырравата).

5. Особо стоит приведенное выше предложение НТС НКЗ УзССР (13/X-34 г.), которое, отмечая большую стоимость применяемых берегозащитных сооружений, считает целесообразным заняться вопросом выработки наиболее подходящего типа сооружений и расположения их в плане.

Современное состояние ремонтно-регулирующих работ настойчиво ставит перед работниками эксплуатации ирригационных сооружений и научно-исследовательскими организациями проблему рационализации этих работ. Эта проблема должна быть решена всесторонне, затрагивая вопросы: конструкции сооружения, расположения их в плане, материала, из которого создаются эти сооружения; расцены, увязывая вопрос реконструкции ремонтно-регулирующих работ с изысканием применения натуровинности.

В этой проблеме должно быть отражено стремление добиться такого решения, чтобы эти сооружения по своей конструкции и материалу были бы более долговечны, чем настоящие; кроме того, в отношении материала нужно добиться, чтобы не было той дефицитности стройматериалов и дороговизны, которая так больно бьет производственные организации настоящих ремонтно-регулирующих работ. В отношении применения натуровинности надо помнить, что вызов расцены на ремонтно-регулирующие работы зачастую происходит в вегетационный период, когда совпадает в своем выполнении целый ряд сельскохозяйственных работ по хлопку и другим культурам. Этот вопрос не только технический, но и политический.

II. Естественный метод защиты берегов

В настоящем критическом очерке мы намерены поднять один из вопросов затронутой выше проблемы, а именно вопрос о рационализации методов защитных работ, как имеющих по расходу денежных средств, материалов, расцены и др. преобладающее значение в эксплуатации ирригационных систем Средней Азии, и выдвинуть новый метод защиты берегов, так называемый «естественный метод защиты берегов».

Естественным методом защиты берегов мы называем такой, в котором само сооружение и материал, из которого оно сделано, поддерживаются и ремонтируются (при скромном участии человека) природными силами, как то: солнце, почва, воздух и вода.

Предлагаемый метод естественной защиты обладает тем свойством, что в нем, один раз затраченный со стороны, материал на защиту берега способен (при соответствующем уходе и эксплуатации) самовозобновляться, не требуя притока дефицитных материалов со стороны. При этих условиях затраты транспортных средств на ремонт защитных сооружений должна свестись на-нет. Одновременно с этим на эксплуатации таких защитных сооружений можно ограничиться штатным персоналом, привлекая в некоторые моменты (вне вегетационного периода) небольшую наемную силу.

Этот метод защиты размываемых берегов заключается в особой системе устройства и развития искусственных насаждений. Ниже мы даем критический разбор существующих естественных методов защиты берегов с тем, чтобы на основе этой критики перейти к изложению вновь выдвигаемого естественного способа защиты берегов.

Существующий в СССР естественный метод защиты берегов и критический разбор его

Естественный метод защиты берегов имеет уже некоторое распространение, преимущественно в практике эксплуатации судоходных рек и каналов. К таким видам работ можно отнести засев трав, покрытие дерном, рассадку ивы, кроме того, сюда можно отнести хворостинную выстилку, плетень и кладку хвороста в стенку, при условии их прорастания. Последние способы можно назвать полусинтетическими. Все виды этих работ на реках Средней Азии не имеют применения.

Иногда любят указывать на проросшую сивайную кладку, но на это явление нужно смотреть, как на удачное исключение, которое не всегда себя оправдывает в силу своей конструкции.

Практикующаяся рассадка ивняка представляет, по словам профессора Кандыба¹, весьма часто применяющийся и дающий хорошие результаты способ укрепления пологих берегов и поверхностей песчаных отмелей.

Профессор Кандыба отводит под укрепления берегов рассадкой ивняка площади наносных отложений между полузапрудами и позади продольных дамб, могущие быть размывами несенными водами; к таким же площадям причисляются песчаные косы, отмели и пологие откосы берегов, затопляемые высокими водами.

Проф. Кандыба дает такую характеристику укрепления рассадкой ивняка²: «Растительность ивняка укрепляет поверхность своими корнями; если же растения достаточно высоки, то, представляя некоторое сопротивление течению воды, они тем самым вызывают отложения наносов, несомых в воде в периоды, когда такие поверхности заливаются высокими водами, богатыми наносами. Наносные и илистые отложения в свою очередь способствуют развитию растительности, давая ей нужное питание».

Инж. Польковский этот способ укрепления берегов описывает следующим образом³: «Применявшийся ивняк играет большую роль в сохранении берегов, но надо наблюдать, чтобы не было прогалов, так как вода может устремиться на них со всей силой и повреждать или уничтожать соседние поросли. Для сохранения рассадок важно, чтобы в первый период прорастания не было бы недостатка влаги и чтобы молодые побеги не были повреждены вытравливанием или пастьбой скота. Каждый третий, четвертый год следует срубать ветки ивняка, после чего новые побеги от корней сильнее и гуще разрастаются. Необходимо, чтобы ивняк был всегда в виде куста, состоящего из тонких упругих ветвей, способных изгибаться при проходе, например, льдин, и затем выпрямляться; толстые, древообразные ветки при ударе плывущих тел, могут играть роль как бы рычагов, которыми слабый, обыкновенный грунт разрыхляется; затем древовидный куст выбивается с места и соседние рассадки повреждаются».

Инж. Водарский⁴ отмечает, что укрепление рассадками берегов на Волге применяется очень редко, несколько чаще, но также редко, прибегают к ним для закрепления и наращивания мелей.

Рассадка производится рядами, гнездами, бороздами или вложку, а не вертикально, как в двух предыдущих способах.

Для рассадок употребляют так называемые «черенки», т. е. отрезки побегов и ветвей, длиной около 30—40 см и не менее одного сантиметра в диаметре, при рассадке бороздами употребляются черенки гораздо длиннее, около 2,0 м.

Для всех этих рассадок требуется планировка откосов берега с заложением не менее двойного: ряды располагаются наклонно к течению под углом 30°—40° к урезу воды. Борозды располагаются более полого, под углом от 45° до 60°.

По мнению инж. Водарского⁵ лучше всего принять гнездовую рассадку или вложку (бороздовую). Последняя значительно дешевле и дает лучшие результаты, потому что уложенные горизонтально черенки пускают много корней, которые, сцепляясь между собой и располагаясь в стороны, как сеть, покрывают поверхность мели.

В зависимости от роста рассадки, на второй или третий год ее надо расчистить и поддержать. Когда саженцы дадут уже прочные ростки, что обыкновенно бывает спустя два и даже три года, тогда надо периодически, года через три, расчищать укрепления, чтобы выросшие кусты не заглушили друг друга. Когда рассадка хорошо прорастет, т. е. на третий или четвертый год, бояться заносов нечего: наносы будут заменить окучивание.

¹ Профессор Кандыба. Регулирование рек.

² Проф. Кандыба. Регулирование рек.

³ Инж. Польковский. Типы укрепления берегов каналов.

⁴ Инж. Водарский. Хворостяные работы, Изд. 193 г.

⁵ Инж. Водарский—там же.

Теперь нам остается сказать несколько слов в отношении подуэстественных способов.

Инженер Водарский¹ пишет: «Необходимо отметить, что укрепления рассматриваемого типа (хворостяные плетни) целесообразны лишь в том случае, если хворост в плетнях будет прорастать. Главное назначение плетня — это при прорастании корнями способствовать укреплению берега».

Точно также в отношении хворостяной кладки в стенку в литературе отмечается, что хворост, прорастая, с течением времени усиливает устойчивость берега.

Необходимым условием прочности всяких береговых одежд в пределах колебания уровня воды является устойчивое положение подводной части берега. Самостоятельное устройство береговой одежды в пределах колебания уровня воды может быть допущено в том только случае, если подводный откос в естественном состоянии вполне устойчив и не подвергается размыву. В противном случае берегоукрепительные устройства в подводной и вышележащих частях берега должны сопрягаться друг с другом в одно целое.

В отношении применения плетневых клеток для укрепления подводных откосов берегов проф. Кандыба подчеркивает, что каково бы ни было плетневое укрепление, эта подводная одежда должна иметь внизу прочную опору, дабы она не сползала по откосу.

Инженер Водарский сообщает, что сопряжение плетневых клеток с подобными укреплениями не делается потому, что оно представляет большое неудобство в конструктивном отношении и, кроме того, может послужить к ущербу прочности клеток. На протяжении берегов, подвергающихся значительному действию ледохода, плетневые клетки с камнем и хворостяные покрывала быстро разрушаются. Ввиду этих соображений, применение плетневых клеток и хворостяных покрывал рекомендуется для укрепления подводных откосов таких берегов, которые доступны лишь слабому воздействию ледохода, или же для укрепления верхних частей откосов, менее подвергающихся действию ледохода, а еще лучше — лежащих вне сферы его действия.

Не мешает упомянуть о так называемых вспомогательных сооружениях, как то: плетневые заграждения, фашинные заграждения, подвесные шиты Вольфа, деревянные илеудержатели, но так как эти сооружения не содержат в себе отличительного элемента естественного способа защиты берегов — способности самовозобновляться, мы больше о них говорить не будем.

Приведенный нами критический анализ применяемых естественных способов защиты дает нам возможность сделать следующие выводы:

1. Развитие корневой системы признается самым главным как в укреплении непосредственно самих берегов, так и самих защитных конструкций.

2. Наиболее желательным является укрепление рассадкой, при чем рассадка влечку считается лучшей, как дающая наиболее богатую корневую систему.

3. Недостатком способа «рассадки» является необходимость 3—4 года следить за сохранностью посадки и принимать меры к защите этих посадок от размывов и заносов.

4. В течение 3—4 лет территория, занятая посадками, по слабости посадочного материала не может сама себя защитить.

5. Применение этого способа территориально ограничено, требуя для себя районы пологих отложений или планировку откосов.

6. Подуэстественные способы защиты могут быть основаны на прочном подводном укреплении и территориально также ограничены, требуя для себя места со слабым действием ледохода, а еще лучше — вне его действия.

На основе этого анализа переходим к описанию нового естественного метода защиты берегов.

¹ Инженер Водарский. Хворостяные работы.

III. Новый естественный метод защиты размываемых берегов

Выдвигаемая нами идея естественного метода защиты берегов взята из канадской практики инженерной защиты берегов¹ и известна под названием „Шейфеловской системы устройства ивовых насаждений“. Применение этой системы имеет уже десятилетнюю давность.

Этот метод строительства, по данным канадской практики, рисуется в следующем виде: на укрепляемом берегу выкапываются на расстоянии 1,20 м друг от друга мелкие траншейки под некоторым углом к урезу воды, по течению; в эти траншейки укладываются ивовые колья (хлысты) длиной от 6,10 м до 12,20 м с таким расчетом, чтобы концы этих хлыстов находились во влажном грунте, для стимулирования прорастания. В случае, если длина траншеи превышает длину закладываемых в нее хлыстов, то таковые кладутся с заходом концов друг за друга (в нахлестку) и связываются, дабы они представляли собой одно целое бревно. Вся эта система прорастающих бревен связывается с поверхностью берега с помощью анкеров. Иногда этого бывает достаточно. В некоторых местах принимают до укрепления системы дополнительные защитные меры против размыва подошвы берега.

В этом случае в канадской практике применяют один из следующих методов: вдоль подошвы берега, у нижних концов закладываемых бревен, укладываются большие камни и стальные рельсы, при чем все это связывается с берегом с помощью натягивающихся анкеров (см. рис. 5 и 6).

Такую тяжелую систему применяют на больших канадских озерах, берега которых наиболее интенсивно размываются. В более легких случаях, на речных берегах, ограничиваются закладкой вдоль подошвы берега хвороста, который сверху прикрывается проволоочной сеткой. Последняя предназначена для удержания хвороста на месте до момента развития корневой системы. На этих сетках делаются проволоочные карманы, в которые вкладываются тяжелые камни. Это добавление прижимает хворост к поверхности берега и прочно связывает его с ним. В некоторых местах для временной защиты береговой одеждой добиваются отложения наносов. По словам изобретателя, инж. Шейфеля, в канадской практике это достигается помощью так называемой песколоски — тяжелой доски, поставленной под углом 45° к берегу². Песок скопится на доске; она действует как буна, способствуя росту берега и образуя для него естественную защиту.

По утверждению инженера Шейфеля, весь участок, защищаемый по его системе высаженными ивовыми хлыстами, механически связывается в одно целое с помощью непрерывных рельс, тросов, крестообразно перпендикулярной сетки и железных связей, которые все прочно прикрепляются скобами к ивовым бревнам.

При этих условиях молодая древесная растительность легко сопротивляется действию течения, воли и ветра.

Развивая дальше эту мысль, инженер Шейфель пишет: «Корневая система, углубляясь в почву, будет скреплять весь берег: древесная растительность будет представлять собой сплошное целое с основанием в виде главных горизонтальных древесных стволов вдоль всей защищаемой стороны на берегу».

Инженер Шейфель в доказательство справедливости своих вышеизложенных утверждений в отношении предлагаемого им естественного метода защиты размываемых берегов приводит ряд фактов из практического приложения, которые мы считаем необходимым привести, изъяснив их из различных видов практики. Такой перечень фактов поможет нам выявить пределы применения этого способа.

¹ The Canadian Engr., 1925 г., № 4 vol 48.

» » » 1926 г. № 18 » 51.

» » » 1929 г. № 7 » 56.

» » » 1932 г. № 6 » 62.

² Эти доски в виде ступки прикладываются к ряду свай, забитых в грунт реки.

1. Рис. 7 (Brantford Suburban Road Commission Project) свидетельствует о применении шейфеловской системы в графстве Брентфорд, шт. Онтарио, на работах у одного моста, на реке Гранд Ривер. Здесь постоянно наблюдался зна-

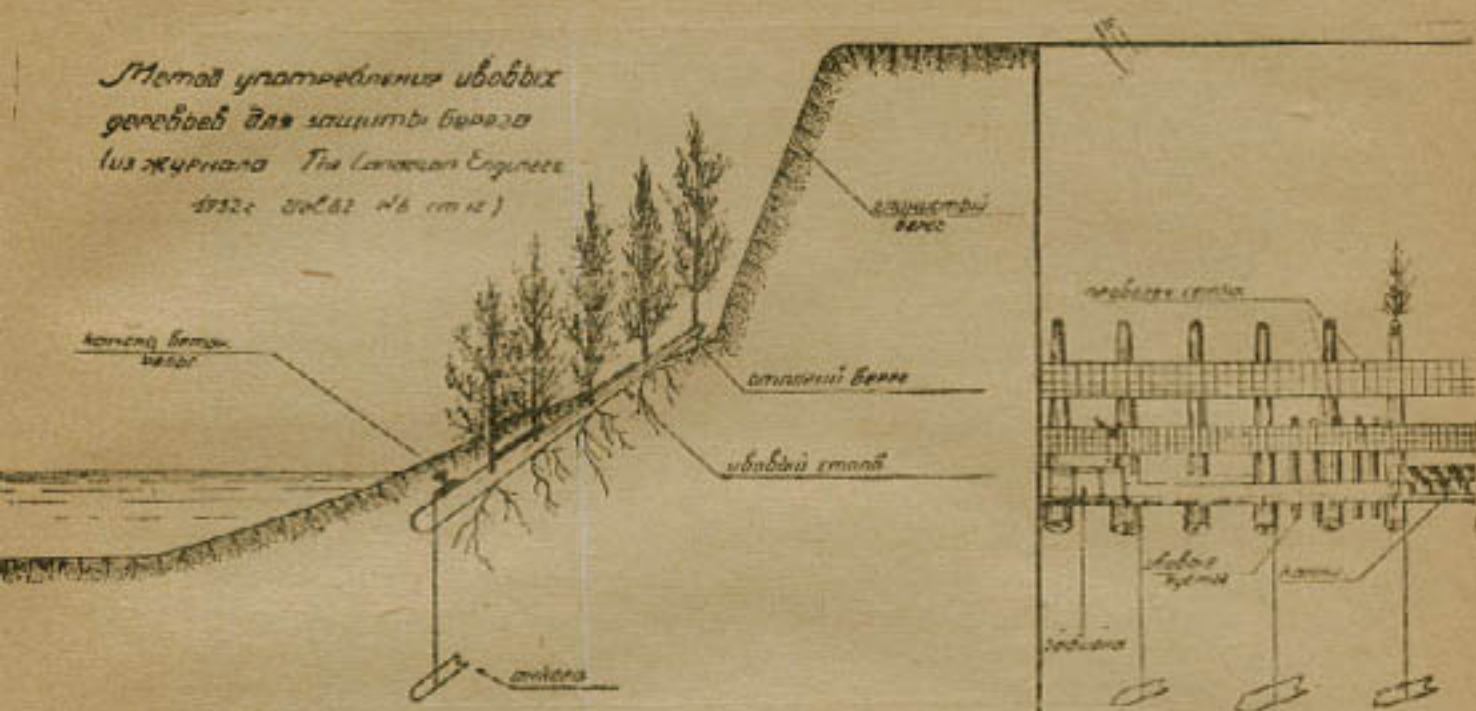


Рис. 5

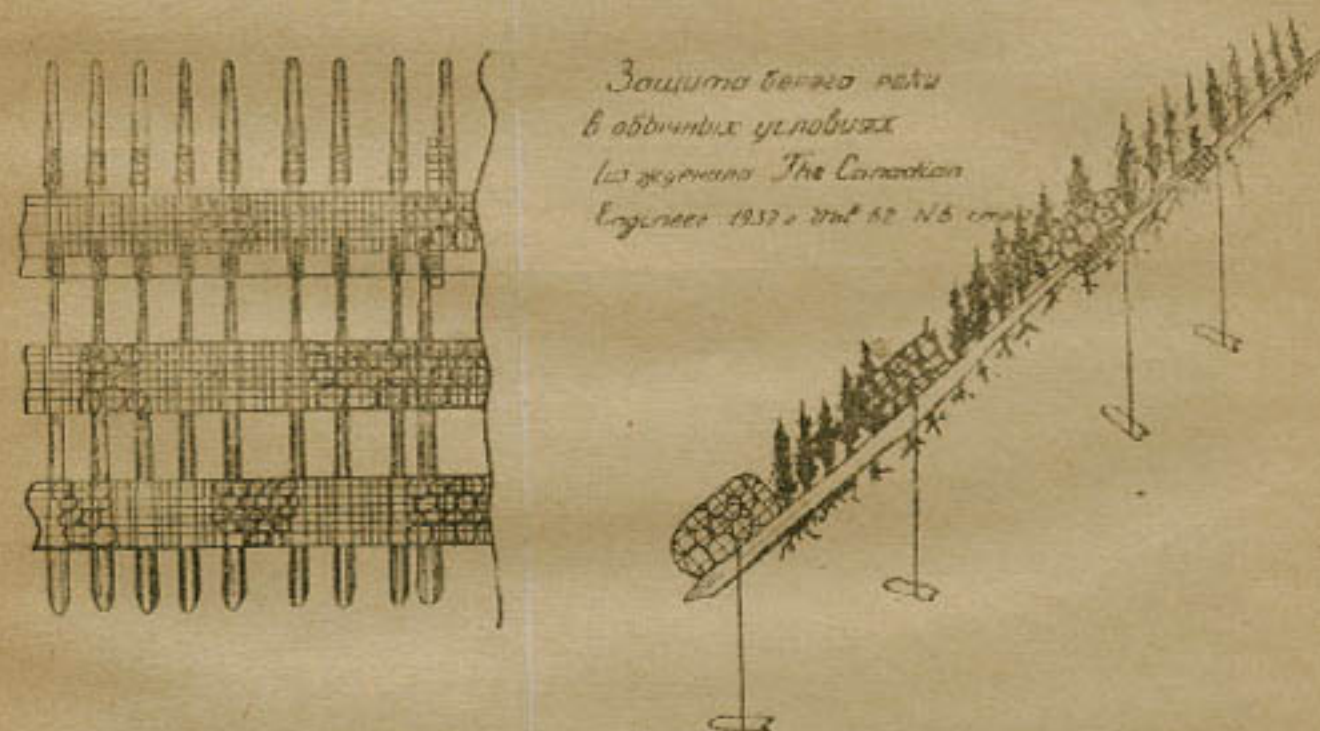


Рис. 6

чительный размыв, усиленный к тому же изгибом реки. В результате этой работы реки оказался поврежденным один из устоев (слегка сдвинут). В 1929 году попробовали применить в виде опыта систему Шейфели с тем, что, если она не оправдает себя, перевести мост на новое место. Спустя три года, в 1932 г. комиссия пригородных дорог вполне убедилась в том, что рост новых насаждений в течение годичного срока оказался вполне достаточным, чтобы скрепить берег и защитить устой. Мост был оставлен на старом месте.

2. Случай со вторым мостом, в шт. Онтарио, приведенный в журнале The Canad. Engin. 1929 г. vol 56, № 7, рассказывает следующее: после постройки моста, первый паводок подмыл берег на 3,5 м и частично подковылся под дорогу,

подходящую к мосту. Сначала предполагалось устроить массивные из бетона откосные крылья, но потом применили пильную посадку по системе Шейфеля и считали, что это будет явиться более долговечной постройкой, чем бетон.

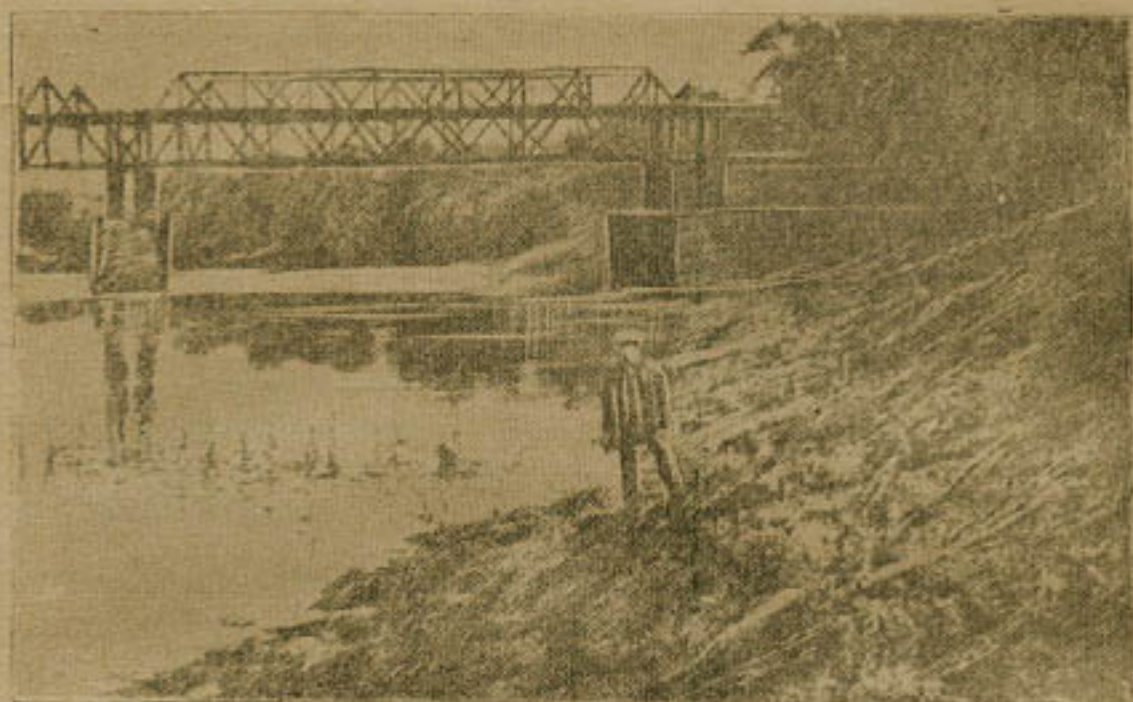


Рис. 7. Укрепление размываемого берега у моста

3. Как пример защиты берегов канала, приводится случай укрепления к-да Чикова в шт. Онтарио (The Canad. Eng. 1929 г. vol 56, № 7).

После постройки канала глубокий выемка с полого спускающимся откосом имела неприятный вид. От действия волн канал с каждым годом делался шире, дамбы растрескивались и земля сползала в канал большими глыбами.



Рис. 8. Защита берега озера Эри

Была применена посадка по системе Шейфеля, и уже в первый сезон получились более чем удовлетворительные результаты. Длина этого защитного сооружения была развита до 3,6 км.

4. На рис. 8 (Lumber Sand Trap on Lake Erie.) показаны результаты по защите берега озера. История этого вопроса здесь была такова. Сначала, по предложению правительства Доминиона, с его помощью были построены тяжелые бревенчатые полузапруды длиной в 60 м на расстоянии между собой в 90 м. Через несколько лет озеро вымыло остров вокруг этих полузапруд и сбило с места несколько домов. После этого горького опыта была применена для удержания оползающей дамбы ивовая посадка системы Шейфеля. На рисунке показан просто досчатый пескоуловитель, наклоненный под тяжестью намываемого песка. Он удерживался на месте тяжелыми стальными тормозными якорями. Эта мера была применена как временная защита посадок. После трехлетнего роста было установлено поднятие берега на 1,5—1,8 м и удвоение его ширины.

5. В том же журнале The Canad. Eng. 1929 г., vol 56, №7 упоминается о защитных сооружениях на протяжении 1,6 км на р. Св. Лаврентии. Около этой реки протекает дорога с бетонным полотном. Эта дорога во многих местах подходит вплотную к обрыву реки. Возникло опасение, что под влиянием тяжести твердого полотна дороги и усиленного движения может получиться сдвиг со всеми отсюда вытекающими последствиями. Некоторые инженеры предлагали переместить дорогу в сторону от реки. Вместо этого оставили прежнее направление, но опасные участки были закреплены по способу Шейфеля. После этого все страхи исчезли¹.

6. Не безынтересно для нас привести случай защиты заливаемой поймы на р. Гран Ривер. Эта пойма защищается двумя рядами ив и земляной насыпью, которая существует 30 лет. Эта насыпь при высоте 4,5 м, имеет длину 600 м, а, отступаясь направо, следует вдоль реки на протяжении почти 3 км. Ежегодно во время паводков вода поднимается над гребнем вала на несколько сантиметров, и во многих случаях долина реки имеет вид громадного озера. Громадные волны передвигаются через гребни, не причиняя им вреда, так как земля настолько пронизана корнями, что срыв и спływ в этих насыпях почти невозможен. Эта река течет по очень плодородной местности и в прежние годы, до развития посадочных работ, ежегодно меняла свое русло, сопровождая это громадными потерями для земледелия. Теперь же, когда река заключена в постоянное русло, сохраняются тысячи гектаров земли, при чем посадки предохраняют верхний слой почвы, наиболее ценный, от смыва. Эти земли, пускаемые раньше под пастбища, в настоящее время считаются самыми дорогими земельными угодьями.

Считаем не лишним привести еще два сообщения инж. Шейфеля (The Canad. Eng. 1932 г. vol 62, № 6).

7. Хоуардское городское управление (Howard Township) в течение двадцати лет искало способ не дать реке Темзе покинуть при случае свое теперешнее русло и пойти новым, оставив в стороне несколько мостов и магистраль Канадской национальной железной дороги.

Одно время пользовалась популярностью мысль о постоянном ассигновании от Провинциального департамента общественных сооружений в течение 18 лет. Несколько лет тому назад там построили большую и дорогую стальную шпунтовую стенку. В настоящее время здесь можно увидеть только несколько обветренных участков этой стенки, как следы произведенных затрат. Осенью 1931 г. на этом участке применили шейфелевскую систему укрепления со стопроцентной гарантией, по утверждению автора этой системы.

8. Другой случай следующего характера. Вблизи Коунтауна в Онтарио (Cortown, Ont.) инженерный персонал канадских национальных железных дорог производил, с момента постройки магистрали, опыты по укреплению глубокой выемки в гравии. Это дело длилось пятьдесят лет. В выемке приходилось раскапывать

¹ Здесь мы, видимо, имеем случай работы закрепленного берега как подпорной стенки с нагрузкой сверху (бетонное полотно дороги и грузовое движение).

паровым канавокопателем водоотводные каналы 3—4 раза в год. В эту выемку выклиниваются ключи и из-за этого в каналах круглый год держалась вода. С этими ключами выбрасывалось много ила, засоряя каналы. В 1929 году была сдана подрядно работа по закреплению илывуна и глины в этой выемке по системе инж. Шейфеля, при чем рассчитывалось на то, что рост корней не только скрепляет бы откосы, но очищал бы также воду от ила к моменту выхода ее на поверхность и тем самым предохранил бы канал от заиления; кроме того, надо было добиться, чтобы корни развивались бы кругом в грунте под канавой, образуя как бы плетень на дне и по бокам. Наличие этих обстоятельств дало бы возможность поддерживать хорошую боковую канаву открытой выемкой и вполне дешево.

Спустя три года в сообщении Окружной конторы на запрос инженера Шейфеля имеется ответ: «Мы применили средство действительно на долгие времена».

В сообщениях инж. Шейфеля совсем почти не говорится о той естественно-исторической обстановке, в которой протекали эти работы; у нас нет сведений о характеристике режима рек (расходы, скорости, насыщенности наносами, крупности их), нет никаких данных по геологии и почвам размываемых берегов. Из имеющихся материалов мы можем косвенно вывести заключение лишь о том, что естественный метод защиты берегов применяется на различных грунтах — гравий, песок, глина и илистый; ничего не говорится о допустимых предельных откосах укрепляемого берега. Опять косвенно можно заметить, что наиболее удобными для применения шейфелевской системы будут пологие берега. В отношении последнего инж. Шейфель в одной статье (*The Canad. Eng.* 1932 г., vol 62, № 6, стр 13) оговаривается, замечая, что вследствие значительных различий в характере берегов не всегда можно рекомендовать высаживание ивовых кольев на береговых откосах, при чем эта оговорка у него вызвана лишь высокой стоимостью устройства железного откоса, как, например, у высоких вертикальных берегов.

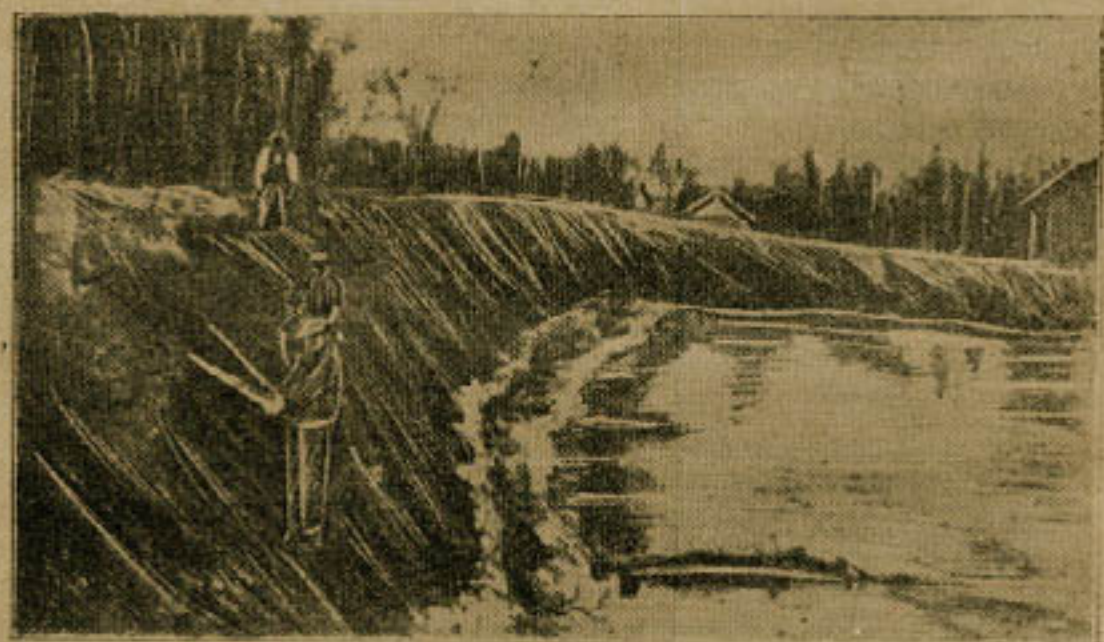


Рис. 9 Защита крутого берега

Рис. 9 (*Placing Willow Poles on River Bank at Woodbridge, Ont.*) показывает нам защиту очень крутого берега.

Эксплуатационные выводы из описания инженера Шейфеля

По эксплуатации этих насаждений у инж. Шейфеля можно было получить следующие не безынтересные для нас сведения:

1. Посадка ив предохраняет земляные насыпи от фильтрации и от роющих животных.

2. Для связи грунта корнями необходимо 2—3 сезона.

3. Защита по методу инженера Шейфеля в первый же сезон не боится действия воды и льда. Молодые ростки так гибки, что, наклоняясь под действием льда, не тревожат корней.

4. Наиболее благоприятные и удачные результаты получаются в комбинации ивовых насаждений с песколовками, т. е. с сооружениями, которые на первые два-три сезона предохраняют подоплыв защищаемого берега от размыва или, еще лучше, способствуют заилению.

5. Когда деревья становятся взрослыми и высокими и обрастают тяжелой массой сучьев, они не могут выдерживать напряжений, вызываемых действием ветра и волн, и их нужно срубать.

6. Ивовые насаждения можно подвергать систематическому прореживанию и подрезыванию. Древесная растительность всегда будет представлять собой сплошное целое с основанием в виде главного горизонтального древесного ствола. Некоторые виды ив не дают отростков из корней: при этих условиях рост посадки будет ограничен и не создадутся нежелательные препятствия для вида на окружающую местность (см. рис. 10).



Рис. 10. Вид ивовой посадки спустя десять лет

7. Ивовые насаждения через некоторые промежутки времени можно обрезать, срезая стволы, при этом корни продолжают развиваться и дают новые ростки.

8. Практикую вырубку приблизительно через каждые шесть лет, можно поддерживать здоровые деревья в течение столетия.

9. Первоначально затраченную лесную продукцию можно вернуть в порядке последующей эксплуатации.

IV. Сравнительная характеристика естественных методов защиты

Разобрав в доступном нам объеме естественный метод защиты размываемых берегов по системе инженера Шейфеля и сравнив его с методами того же характера, применяемыми у нас, мы найдем следующую принципиальную разницу. В применяемом у нас естественном методе защиты берегов рассадкой ивняка рассад-

дочные черенки являются очень слабым материалом: в системе своей посадки не связаны с защищаемым грунтом и между собой, чтобы представлять единую целую защитную одежду. При такой системе рассадки ивовые черенки должны быть в первые три-четыре сезона защищаемы от внешних воздействий льда и воды или же эта рассадка должна быть помещена в безопасном месте, что и рекомендуется. Она может сопротивляться действию воды и льда лишь с момента развития корневой системы.

В методе по системе инженера Шейфеля черенки являются довольно прочным материалом, который по своим размерам у нас употребляется на вязку сипаев.

Эти древесные стволы крепко связаны с помощью анкеров с защищаемым грунтом, а также и между собой, с помощью проводочных сеток, троссов и др., что дает единую целую защитную одежду. При такой системе рассадки ивовые стволы не требуют для себя защиты в первые сезоны от внешнего воздействия льда и воды; здесь нужно обратить внимание в некоторых случаях только на защиту подошвы этого сооружения.

С момента развития корневой области защитная одежда, по системе инж. Шейфеля, как бы вторично скрепляется с грунтом, создавая дополнительную прочность его против размыва. Ранее имеющееся крепление при желании может быть снято.

Ближайшие задачи рационализации ремонтно-регулирующих работ

Нет пока никаких оснований говорить о неприменимости естественного метода защиты берегов по системе инженера Шейфеля для условий водного хозяйства Средней Азии. Этот вопрос во многих своих деталях и настоящее время, к сожалению, для нас не ясен и, конечно, говорить о широком внедрении этого метода в практику преждевременно. Ближайшей задачей органов водного хозяйства Средней Азии является проведение опытно-исследовательских работ в самых разнообразных естественно-исторических условиях, как то: режим рек, каналов, геология, гидрогеология, почвы, крутизна берегов и др.; кроме того, нужно выявить породы подходящих деревьев, сроки укладки их, направление и глубину траншей, защиту подошвы и др.

По сообщению инженера Шейфеля, у них в Канаде выполнение этих работ ведется путем сдачи их подрядным организациям. Надо предполагать, что у этих работ есть особые специфические особенности, требующие опытного штата работников и соответствующего оборудования, которое может быть разное для разных условий.

Более подробный перечень исследовательских вопросов может быть дан в особой программе, которая должна быть проработана и составлена с привлечением лесоводов.

Перспективы применения естественного метода защиты берегов по системе Шейфеля

Сейчас невозможно прикинуть сравнительную сметную стоимость на работу по предлагаемому естественному методу защиты берегов и существующему среднеазиатскому, по методу сипайной и таштугайной кладок, так как по первым работам у нас нет никаких ориентировочных данных о площадях, подлежащих креплению, и о стоимости крепления какой-либо одной квадратной единицы.

Здесь же ориентировочно прикинем, какой нужно иметь лесной массив в районе ремонтно-регулирующих работ, чтобы обслуживать их нужды при условии, если мы остаемся при нашем теперешнем ведении ремонтно-регулирующих работ (сипайная и таштугайная кладки).

По таблицам 1 и 5, приведенным вначале, ежегодный общий расход лесоматериалов для ирригационных систем по Кара-дарье и трех проработ на р. Чирчике определяется в 2534 куб. м, кроме того, нужно 100000 куб. м, хвороста.

Если бы мы пожелали распространить наши расчеты на все подобные работы по всей УзССР, то мы не ошибемся в сторону преувеличения, если эти цифры удвоим, т. е. примем расход лесоматериала 5000 куб. м и хворосту 200000 куб. м.

Для получения этой древесины нам нужно ежегодно сводить 200 га лесных посадок. При лесообороте в 15 лет необходимо довести в течение этого срока общую площадь насаждений в разных пунктах ремонтно-регулирующих работ до 3000 га. Первую эксплуатацию этих насаждений может начаться в лучшем случае через 15 лет. Кроме того, если мы примем, что мест, требующих настоящих ремонтно-регулирующих работ, окажется 100, то мы должны иметь в среднем около каждого такого места 30 га лесонасаждений. Такой пригодной площади в непосредственной близости от места работ не найдем. Стоимость посадки одного гектара можно принять в 800 руб. плюс 200 руб. ежегодных эксплуатационных расходов.

Таким образом, общая стоимость полного выращивания лесонасаждений на площади 1 га окажется равной: $800 + (200 \times 15) = 3800$ руб. На всю площадь в 3000 га нужно затратить $3800 \times 3000 = 11.400.000$ руб.

Из только что изложенного видно, что этот путь борьбы с дефицитностью материалов не так-то дешев и нет гарантии, что мы будем освобождены от больших накладных расходов по транспорту. Здесь я, конечно, не поднимаю вопросов о ликвидации применения натуровинности, ибо характер и объем работ остаются те же самые.

Теперь нам остается сказать несколько слов о перспективах применения в Средней Азии естественного метода защиты берегов по системе инж. Шейфеля. Здесь мне придется немного повториться и напомнить, что с применением естественного метода защиты берегов достигаем следующего.

1. После единовременной затраты на определенном месте лесоматериала мы освобождаемся от необходимости в дальнейшем возобновлять этот расход. Эта особенность предлагаемого метода должна ликвидировать напряженную нужду в дефицитных лесных материалах.

2. Точно также в связи с этим должны сильно упасть накладные транспортные расходы.

3. Должна исчезнуть потребность в применении натуровинности, рассчитывая обойтись штатным персоналом и небольшой наемной силой.

4. Этим методом мы можем закреплять у водотоков гравелистые, глинистые, песчаные и илистые береговые грунты. С помощью естественного метода можем прекратить движение слабых плавучих грунтов на каналах.

Корневая система, развитая по этому методу, может настолько связать и закрепить грунты, что они получат способность выдерживать сверху большие нагрузки (работать как подпорная стенка). Наконец, можно указать в порядке опытной постановки вопрос о применении естественного метода защиты к Амударьинским берегам в комбинации с методом возбуждения поперечной циркуляции проф. Потанова. Метод поперечной циркуляции должен играть роль тех песколовок, о которых так положительно упоминал инженер Шейфель. Мы считаем, что метод проф. Потанова чисто активный, направленный, выражаясь фигурально, к завоеванию известной береговой территории, и только, не закрепляя его.

Для закрепления этого завоевания необходимо наличие пассивного сооружения, каковым может явиться естественный метод защиты по системе инженера Шейфеля.

К вопросу о сооружении калифорнийских колодцев в Средней Азии

У среднеазиатских практиков нет достаточно четко сформулированного определения понятия калифорнийских колодцев. Повидимому, наиболее правильным будет понимать под именем калифорнийского колодца такие каптажные сооружения, которые, подавая на поверхность земли грунтовую воду для полива, в то же время содействуют понижению уровня грунтовых вод и, следовательно, предохраняют от возможности засоления почвы на поливаемых полях вследствие подъема солей капиллярными токами. Воды таких колодцев должна быть пресной или, во всяком случае, настолько слабо минерализованной, чтобы быть пригодной для полива культурных растений. Если же грунтовые воды сильно минерализованы, то требуется наличие пресных вод поверхностного происхождения, в надлежащей смеси с которыми первые могут быть пушены на полив. Это, конечно, ослабит дренажный эффект колодца. Отсюда вытекают специфические требования, предъявляемые к тем гидрогеологическим условиям, которые должны обеспечить возможность одновременного: а) полива поля и б) понижения уровня грунтовой воды.

Калифорнийские колодцы, в указанном выше значении этого термина, можно сооружать только в том случае, если вся толща, лежащая ниже дневной поверхности и включающая в своем основании используемые горизонты грунтовой воды, представляется, с точки зрения ее фильтрационных свойств, в достаточной степени однообразно проницаемой для воды. Отсюда следует, что в толще горной породы (грунта), лежащей между дневной поверхностью и зеркалом грунтовой воды, не должно быть пропластков с меньшим коэффициентом фильтрации, чем тот, который характеризует основную толщу. Особенно опасно наличие таких пропластков, способствующих образованию вторичных подвешенных водоносных горизонтов в пределах между дневной поверхностью и уровнем грунтовой воды на глубине, от которой капиллярные токи могли бы достигнуть земной поверхности и вызвать засоление почвы. Точно также нельзя достигнуть понижения зеркала грунтовой воды путем откачки воды из нижележащего водоносного горизонта, изолированного от грунтового водоупорной кровлей.

Эти общие установки совершенно очевидны и приняты, например, американской практикой (смотри, напр., текст и рисунки у Мерфи (Murphy) и др.).

* * *

В Средней Азии имеется попытка сооружения калифорнийского колодца в Голодной степи. Попытка не увенчалась успехом, потому что извлекаемая вода принадлежала к водоносному горизонту, отделенному от поверхности толщей суглинков, в которых имелся свой водоносный горизонт, оказавшийся с обособленным, независимым от нижнего водоносного горизонта режимом; притом же из-

вскрывающаяся на поверхность вода оказалась значительно минерализованной (около 6 г/л). (Смотри далее гидрогеологическую характеристику Голодной степи в очерке Г. И. Архангельского.)

Обзор данных по гидрогеологии Средней Азии говорит о том, что в чистом своем виде идея сооружения калифорнийских колодцев здесь мало применима. В тех местах, где требуется понижение грунтовых вод, мы встречаем их заключенными в суглинистых толщах, обладающих малой водоотдачей. Отсюда, дренажный эффект мал, производительность колодцев весьма невелика, а применение подобных колодцев требует значительных организационных и эксплуатационных затрат.

При поливе подземной водой из более глубоких водоносных горизонтов или поверхностной водой в иных случаях обнаружено развитие в пределах так и называемого „мертвого горизонта“ подвешенных водоносных горизонтов. Так как мелкоземы (лесс, лессовидные суглинки и пр.) Средней Азии обладают свойством чрезвычайно высоко поднимать капиллярные воды (свыше 3 м), то в некоторых случаях, в результате развития подвешенных горизонтов, было обнаружено засоление почвы.

Было бы своевременным обратить внимание на своеобразный метод извлечения грунтовых вод с целью понижения их уровня и получения воды для полива при помощи так называемых „зауров“ и „кумма“, практикуемый населением как в северной, так и в южной Ферганы. „Зауры“ — водосборные дренажные каналы, обладающие значительно большими расходами, нежели отдельно стоящие (единичные) колодцы. „Заурами“ вода выводится в более низко расположенные пространства и используется на орошение; здесь каналы уже не дренажируют а только транспортируют воду и носят название „кара-су“. Под именем „кумма“ известны закрытые дренажные каналы; назначение их то же, что и зауров. Однако, следует отметить, что зауры, кумма и кара-су имеют место в совершенно определенных, специфических гидрогеологических условиях, подобно тому, как к специфическим же, но иного порядка, гидрогеологическим условиям приурочены кяризы.

Для условий Средней Азии было бы целесообразным иметь в виду не только орошение при помощи „калифорнийских“ колодцев, но и при помощи колодцев, использующих воду межпластовых горизонтов и, в частности, напорных. Повидимому, вполне реальны такие возможности в пределах центральной части западной Ферганы по южной и присырдарьинской периферии Голодной степи и в некоторых других местах. Комбинируя использование подземных вод — грунтовых при помощи колодцев, „зауров“ и „кумма“, а также и межпластовых (безнапорных и напорных) при помощи колодцев, повидимому, можно было бы получить довольно значительные ресурсы для нужд орошения.

* * *

Перспективы использования подземных вод (в данном случае мы исключаем из рассмотрения так называемые „возвратные воды“) для полива в настоящее время еще никак более или менее обстоятельно не выяснились; однако, повидимому, возможности в этом направлении для ряда районов реальны.

Общее представление о гидрогеологических условиях Средней Азии в отношении подземных вод позволяет в схематическом виде наметить следующие гидрогеологические единства:

а) Пояса предгорных шлейфов, представленные грубообломочными материалами (щебни и галечники), которые по мере удаления от гор лежат на более низких отметках и слагаются все более мелкими граулометрическими фракциями. Здесь грунтовые воды представляют собой низкие потоки, лежащие очень глубоко (до 90 м и более) от поверхности в приподнятых частях шлейфов и приближающиеся к поверхности в их пониженных, удаленных от гор частях. В типе воды пресные, мягкие.

б) Прилегающие к предгорным шлейфам равнины, сложенные мелкоземами. Грунтовые воды близки к поверхности, особенно в зоне, переходной от шлейфов к равнине, где часто выклиниваются, питают родники, кара-су и зауры. В глубине водоносные толщи бывают расчленены водоупорными прослоями на ряд хемпла-

стовых горизонтов, обладающих напором, нарастающим в сторону более глубоких водоносных толщ. Минерализация грунтовых вод незначительна в зоне их выклинивания—до 1 г/л, и нарастает по направлению от предгорных шлейфов в глубь равнины; глубокие водоносные горизонты нормально дают пресную воду.

в) Далее следуют степи, полупустыни и пустыни, гидрогеологически мало изученные. Подземные воды в них в типе залегают не очень глубоко. Пресные воды представлены часто: а) лентами, которые иногда удается генетически связать с аллювием обычно сухих, эпизодически несущих воду речных русел и суходолов, или б) линзами, питаемыми, как указывают некоторые исследователи, атмосферными осадками. Вне указанных пресных лент и линз в типе воды сильно минерализованы.

г) Особняком стоят воды древних галечных аллювиальных отложений, заполняющих крупные древние речные долины типа Чирчика, Зеравшана и т. д. Генетически такие воды связаны с протекающими здесь поверхностными потоками; обладают нормально невысокой минерализацией, которая, однако, может повыситься в зависимости от: а) геологической структуры вмещающих древний аллювий долин и б) от литологического состава этого аллювия.

д) Области восходящих вод пока только обрисовываются в самых общих контурах. Лучше других очерчен Западно Ферганский бассейн артезианских вод. К типу восходящих относятся и некоторые аллювиальные воды, однако, не фонтанирующие, как, например, воды из аллювиальных галечников в Ташкенте. Воды с невысокими напорами обнаружены в южной окраине Голодной степи и в некоторых других местах. Во всех указанных случаях восходящие (артезианские) воды приурочены к послетретичным отложениям.

* * *

Основной задачей предлагаемого ряда статей является дать конкретную картину фактов и представлений о гидрогеологических условиях наиболее важных культурных районов Средней Азии и оценку возможности применения в них калифорнийских колодцев и использования подземных вод, независимо от их отнесения к тому или иному гидрогеологическому типу, для орошения. Изложению придается региональный характер в связи с тем, что описываемые и подлежащие мелiorации и орошению площади представлены более или менее обособленными и несущими индивидуальные черты единицами оазисного характера. Сюда входят Ферганская котловина, Голодная степь, Зеравшанская котловина (Самаркандский оазис), Бухарский оазис (низовья р. Зеравшана) и оазисные участки по средней (Чарджуйский) и нижней (Хорезмский) Аму-дарье.

А

В грубой схеме Ферганскую котловину можно разделить на 5 гидрогеологических районов.

Первый из них охватывает правобережье р. р. Сыр-дарья и Нарина (северная Фергана). Гидрогеологически этот район изучен менее других.

Второй район — юго-западная Фергана, располагается на левобережье р. Сыр-дарья, обнимает Исфаринский и Сохский конуса выносов и характеризуется мощным развитием последних в предельной полосе.

Третий район — южная Фергана, обнимает низовья рек Шахиярдана, Исфайрама и Аравана и характеризуется развитием запыльных и межздырных подосборных впадин.

Четвертый район — восточная Фергана, охватывает низовья р. Кара-дарья и ее притоков р. р. Ак-буры, Талдыка, Куршаба, Кугарта и Майли-сай и частью характеризуется сочетанием условий 2-го и 3-го районов и частью отсутствием в низовьях рек конусов выноса.

Пятый район — центральная Фергана, располагается вдоль левобережья р. р. Кара-дарья и Сыр-дарья и может быть подразделен на: а) массив каракалпакских развееваемых песков и б) на полосу степей Куйган-яра и Кара-калпак; имеет северной границей периферию 2-го и 3-го районов.

Для Ферганы идея применения калифорнийских колодцев, насколько мне известно, возникла в связи с необходимостью мелиорации осолоняемых при введении в культуру земель Куйган-яра и Кара-калпака, малые уклоны рельефа которых затрудняли осуществление системы горизонтального дренажа. Гидрогеологические исследования, проведенные мною в этом районе в 1928 г., показали, что: а) грунтовые воды обладают высокой степенью минерализации — нормально 10—15 граммов на 1 литр, а в иных случаях более 80 гр/л, и б) грунтовые воды залегают в суглинках, отличающихся малой водоотдачей и подстилаемых плотной глиной. Эти два обстоятельства побудили меня высказаться против возможности применения здесь калифорнийских колодцев. Вместе с тем была отмечена вероятность получения, особенно в западной части района, артезианской воды.

Другие участки Ферганской котловины, требующие понижения уровня грунтовых вод с мелиоративными целями, располагаются: а) в задырных и межадырных пространствах, где поток грунтовых вод поступает к дневной поверхности вследствие подпора адырами (1-й, 3-й и отчасти 4-й районы), и б) по периферии конуса выноса (или по другой терминологии — сухих делт), окружающих кольцом центральную часть котловины (2-й, 3-й и 4-й районы). В следующей далее работе О. В. Швеца и В. Л. Дмитриева указанные случаи рассмотрены. Материал авторов приводит к заключению, что в обоих случаях возможно получение пригодной для полива (пресной) воды. Как первоочередные участки, на которых рекомендуется поставить опыты применения калифорнийских колодцев, намечаются те участки так называемой «зоны выклинивания грунтовых вод», которые либо испытывают недостаток в поливной воде поверхностного происхождения (участки Исфаринского конуса выноса, Анджижанский), либо испытывают последствия затрудненного стока подземных вод (окраинные участки древних конусов выноса р. р. Ак-бурсы и Аравана).

Вне указанной выше полосы задырных и периферийных участков авторы отмечают участки Багдадских болот и Сарысуйских болот, где грунтовые воды значительно опреснены за счет сбросных ирригационных вод.

Учитывая всю совокупность гидрогеологических условий Ферганской котловины, я склонен разделить положения гг. О. В. Швеца и В. Л. Дмитриева. Я считаю необходимым особенно подчеркнуть при этом, что интенсивное извлечение подземной воды в зоне выклинивания представляет особый интерес, так как в этой зоне приурочены и восходящие родники. Это дает повод ожидать больших притоков воды в кантирующие сооружения. Правда, идея «калифорнийского» колодца в некоторых случаях будет искажена, так как добытая вода будет использована главным образом за пределами этой зоны, в местах, расположенных ниже по рельефу.

Б

Голодная степь является пока единственным районом, в котором была сделана попытка применения калифорнийского колодца.

Ограниченная на востоке чинком (береговым обрывом) р. Сыр-дарьи, а на юге предгорьями Туркестанского хребта Голодная степь в направлении на север и на запад постепенно сливается с Кызыл-кумами, а в присырдарьинской полосе переходит в Чардаринскую степь. Именно в этом районе в Туркестане были впервые поставлены отделом земельных улучшений детальные гидрогеологические исследования режима грунтовых вод в связи с обнаруженной тенденцией осолонения орошаемых почв, исследования, прерванные империалистической войной. В последующие годы здесь велись только фрагментарные гидрогеологические работы, не охватывавшие всей территории района.

Геологическое строение Голодной степи весьма неоднородно. В присырдарьинской полосе под покровными суглинками большей или меньшей мощности, содержащими, повидимому, самостоятельный водоносный горизонт, залегают значительные толщи грубообломочного характера (хрящи, пески то чистые, то

сравним и т. д.), тогда как в центральных частях Голодной степи в строении ее участвуют значительные толщи глины (помимоизвестных, как „типичный лес“,), перемежающиеся с менее значительными песчаными пластами (см. разрезы буровых скважин пос. Сырдарьинского, Золотой орды и б. почтовой станции Мура-рибаг, приведенные в следующей статье Г. И. Архангельского под №№ 7/9, 8/2 и 9/1).

Грунтовая вода, содержащаяся в покровных суглинках, сильно минерализована — до 15—20 г/л. В нижележащей песчаной толще вода значительно менее минерализована, а по южной окраине района (Урсатьевская) пресная. Некоторые исследователи (Н. В. Мокрицын, Г. И. Архангельский) полагают, что минерализация подземной воды падает с глубиной. Правильнее считать, что мы имеем дело с двумя обособленными водоносными горизонтами разной минерализации (например, для Золотой орды — первый в суглинках — около 13 г/л, и второй в песках — около 5 г/л).

Водоотдача суглинков (в том случае, если мы имеем дело с деформированной корнями растений, термитниками и т. д. породой) мала. Водоотдача же песчаных разностей значительна. По опытам упомянутого выше опытного калифорнийского колодца в Золотой орде коэффициент фильтрации достигает 0,4 м/сек.

Предпринятый в свое время опыт сооружения калифорнийского колодца отличался методическими недостатками и плохой технической оснащенностью. Не были учтены геологическая природа района и его гидрогеологические условия; опыт велся без учета самостоятельности водоносного горизонта в суглинках; диаметр буровой был невелик, ствол недостаточен длинен и не покрывал верхнего водоносного горизонта, заглушенного обсадной трубой. При дальнейших опытах, которые весьма желательны, необходимо в сферу воздействия привлечь водоносный горизонт суглинков, учесть повышенную минерализацию его воды и первоочередную сеть колодцев проектировать на пространстве между линией железной дороги и долиной реки Сыр-дарья, имея в виду необходимость смещения для полива подземных и поверхностных вод. Последнее обстоятельство, конечно, понизит дренажное значение сооружений.

В

Зеравшанская или Самаркандская котловина представляет собою межгорную котловину, вытянутую в северо-западном направлении. Как ее размеры, геологическое строение, так и гидрогеологические условия существенно отличают ее от Ферганской межгорной котловины.

Вторгаясь с востока в котловину, р. Зеравшан прорезает свой мощный конус выноса, по своему строению и гидрогеологическому значению напоминающий крупные конуса Ферганы, и по широкой долине, склоны которой осложнены террасами, направляется вдоль котловины на северо-запад в пределы Бухарской равнины, от которой Зеравшанская котловина отделена сравнительно узкой горловиной. Восточнее г. Самарканда, у подножья горы Чанай-эта р. Зеравшан разбивается на 2 русла: левое — Кара-дарья и правое — Ак-дарья; последние вновь соединяются близ г. Хатырчи. Пространство, заключенное между этими рукавами, известно под именем „остров Мианкаль“. На протяжении котловины р. Зеравшан не принимает притоков.

Склоны котловины бедны грунтовыми водами и орошаются арыками, берущими воду из Зеравшана; некоторые из них достаточно древни и выработали русла, склоны которых также осложнены террасами. В типичные грунтовые воды на склонах котловины отличаются повышенной минерализацией.

Грунтовые воды Зеравшанского конуса выноса и речного аллювия (современного и древнего) пресны и обильны. В некоторых случаях, когда аллювий перекрыт суглинками, наблюдаются напорные воды.

Гидрогеология Зеравшанской котловины изучалась довольно подробно; это дало возможность провести детальное гидрогеологическое районирование котловины — М. А. Шмидт наметил здесь 19 обособленных районов, обладающих индиви-

дуальными характеристиками. При изучении гидрогеологических условий этой области было установлено существенное влияние на режим и баланс грунтовых вод со стороны ирригационных мероприятий. Поскольку последние еще не завершены, и в проекте имеются весьма значительные сооружения в виде долинных водохранилищ и пр., нельзя считать наблюдаемые гидрогеологические условия установившимися. В частности, вопрос о возможности и целесообразности применения калифорнийских колодцев в условиях Самаркандской котловины еще не ставился в порядке специального обсуждения в связи с учетом тех или иных гидрогеологических и ирригационных (существующих или имеющих возникнуть) факторов. В частности, не учтен еще в должной мере возможный эффект проведения в жизнь проекта упорядочения водного хозяйства котловины порядка водопользования и сброса избыточных поливных вод.

В следующей далее статье А. И. Шевченко и М. А. Шмидта дается анализ условий геологического и гидрогеологического порядка и пределах Самаркандской котловины с точки зрения возможности, целесообразности и порядка размещения калифорнийских колодцев. По существу, немногие места в обсуждаемом районе подходят для этой цели. Совершенно справедливо авторы отмечают первоочередность следующих пунктов в отношении опытных установок:

1. Заболоченный участок на о. Мианкале, между арыками Клытабад и Хазра.

2. Заболоченный участок по арыку Хасан, между селениями Челек, Чураш и Кара-мечеть на правом берегу р. Ак-дарья.

3. Урочище близ сел. Кадан в хвостовых частях арыка Дам, западнее гор Хатырчи.

Следует при этом подчеркнуть, что указанные участки детальной разведке геологического строения и гидрогеологическому изучению не подвергались. Ни режим, ни минерализация (особенно изменение последней с глубиной) грунтовых вод в деталях здесь не известны; не установлена и водоотдача грунтов.

Г

По выходе из Хазаринской теснины р. Зеравшан вступает в пределы равнинного Бухарского оазиса. Здесь вода реки разбирается многочисленными арыками, из которых наиболее крупными являются ар. Вабкент-дарья (правобережье) и ар. Шахруд (левобережье), разработавшие свои русла наподобие рек. Имеющиеся результаты разведочных работ позволяют считать, что в Бухарском оазисе мы имеем дело с плоским всеером с равнинной поверхностью, обладающим общим наклонением на юго-запад, но понижающимся также, однако, менее значительно, и на юг и юго-восток, и на запад и северо-запад. Мощности оглоблений всеера невелика; последние представлены преимущественно песчано-глинистыми образованиями; мелкогалечные разности играют подчиненную роль. Всеер лежит на водоупорных породах неогена, в районе устья Хазаринской теснины — на песчано-галечных и гравельных отложениях более древнего конуса выноса.

Грунтовые воды лежат близко от поверхности и сильно минерализованы, но под воздействием ирригационных вод минерализация падает до 1—1,5 г/л. Весьма существенно отметить, что график режима подземных вод не совпадает с графиком режима поверхностных: у вод р. Зеравшана максимум приходится на VII, VIII, IX, минимум же на IV и особенно на V; уровень же грунтовых вод имеет наибольшее стояние в III, IV и особенно часто в V, а наименьшее его стояние приходится на IX—X (сравни таблицы 1, 10, 11, 12 в следующей далее статье В. Л. Дмитриева).

Опытные откачки с целью установления водоотдающей способности грунтов были проведены на 3 участках левобережья (система Шахруда — 2 участка и 3-й в слабоорошенной зоне). Здесь для песчано-галечной толщи величина коэффициента фильтрации оказалась всего около 0,16—0,18 мм/сек.

Неоднократно поднимавшийся вопрос об использовании подземных вод Бухарского оазиса не выходил из стадии умозрительных соображений. „Предварительные проектные соображения по устройству насосных колодцев для дренажа, промыва и орошения земель в Бухарском и Каракульском оазисах“ инженера Н. В. Макридина по этой причине используют данные опыта Северной Америки и решают конкретно поставленный для Бухарского оазиса вопрос только в самом общем виде.

Только в 1930 г. впервые были поставлены специальные гидрогеологические исследования (съемка, разведка, опытные работы), однако в небольшом объеме. Материалы этих исследований, дополняемые организованными тогда же и продолжающимися до настоящего времени стационарными наблюдениями над режимом грунтовых вод, являются единственным конкретным материалом для суждения по этому вопросу.

Указанный материал был использован организатором исследований М. М. Решеткинским (1932), который пришел к следующему выводу:

„Опытно-разведочные работы, выполненные на территории Бухарской опытно-оросительной станции близ кишлака Чих-бофон и близ кишлака Денау, показывают, что получение грунтовых вод в оросительных целях путем откачек из буровых колодцев в количестве 60—70 л/с из каждой заданной точки (требования программы исследований) не представляется возможным для левобережной части Бухарского оазиса. Препятствием является, во-первых, малая мощность водоносных слоев аллювиальной толщи, подстилаемой на небольшой глубине неогеновой свитой водонепроницаемых глин; во-вторых, незначительная водоотдающая способность грунтов. В результате расход буровых колодцев должен оказаться ниже указанных величин.

Качественно грунтовые воды вполне пригодны для орошения, и может быть все же поднят вопрос об эксплуатации их путем сооружения мелких колодцев, одновременно преследующих осушительные и дренажные цели. Зона действия таких колодцев не будет велика, и расположение их будет определяться как дренирующим их влиянием, так и оросительной способностью“.

Он наметил следующие типы опытных сооружений, эксплуатации которых должна сопровождаться серией правильно организованных наблюдений:

„1. Мелкий буровой дренажно-оросительный колодец, достигающий неогенового ложа, в районе кишлака Чих-бофон (близ Богоутдина).

2. Водосборная галерея длиной в 100 м, при глубине заложения в 10 м, в районе того же кишлака.

3. Буровой колодец глубиной до 50 м в районе кишлака Ханабад (в пределах левобережья между Занданы и Чандырем).“

Соображения В. Л. Дмитриева представляют дальнейшее развитие идеи применения подземных вод оазиса для орошения с последующим понижением их уровня и используют также данные организованных в 1931 г. стационарных наблюдений над режимом подземных вод.

Д

Пустынная равнинная часть бассейна р. Аму-дарьи, распространяющаяся на ее среднее и нижнее течение, оживляется только узкой полосой культурных оазисных земель на протяжении от устья р. Сурхана до Пльджика, и обширным Хорезмским оазисом в низовьях. Границей между средним и нижним течением считается урочище Таш-сыз. Выше последнего урочища среднее течение реки можно в свою очередь разбить на 2 участка — верхний, отмеченный на краях оазисами Келифским (юг) и Чарджуйским (север), и нижний участок — ниже последнего оазиса.

Геологическое строение намеченных таким образом трех участков на интересующем нас протяжении реки весьма различно.

Келифско-Чарджуйский участок сложен в основном аллювиальными отложениями реки Аму-дарьи. Более древние породы (мелового, палеогенового и неогено-

нового возраста) выступают отдельными, то более, то менее крупными массивами-останцами на общем фоне речного аллювия.

На следующем участке до урочища Таш-сака река прорезает разнообразную свиту дислоцированных коренных пород мелового и палеогенового возраста, на размытой поверхности которых лежат неогеновые породы (хивинские слои), и, наконец, речной аллювий.

Ниже урочища Таш-сака река вступает в область своей древней, а затем и современной дельты; граница между последними намечается примерно по линии гор Пукус—гор Ходжейли. И здесь, как и на верхнем участке, более древние породы выступают массивами останцов (Джумуртау, Мискап-ата, Тахия-таш). Как древняя, так и современная дельта имеют суглинисто-песчаный характер, но включают и более или менее пространные линзы плотных глин; подстилаются они неогеновыми водоупорными породами и, как правило, в периферии становятся более глинистыми. Аллювий имеет здесь мелкозернистый илистый характер.

С точки зрения интересующей нас темы водоносность коренных пород не представляет интереса; можно только отметить, что водоносные горизонты в них существуют за счет инфильтрующихся вод р. Аму-дарьи.

Условия водоносности аллювиальных отложений примерно одинаковы на всем протяжении описываемого участка реки. Особняком стоят участки: а) современной дельты и б) северный отрезок древней дельты.

В неорошаемых районах грунтовые воды в своем режиме отражают режим реки в прибрежной полосе; вдоль от берега влияние реки ослабляется. В связи с этим стоит годовая амплитуда колебаний уровня грунтовых вод: близ реки — около 2—2,5 м и дальше от нее—0,2—0,3 м.

В орошаемых районах накладывается влияние поливных вод. Общий уклон зеркала грунтовых вод вдоль реки и в сторону от нее достигает 0,00025—0,00030; отсюда и малые скорости движения; соответственно литологической природе грунтов и коэффициенты фильтрации, получаемые опытным путем, достигают от 0,03 мм/сек (суглинок) до 0,0017 мм/сек (глины). Там, где илесто-песчаные отложения перекрыты глинами, наблюдается напор подземных вод.

В зоне влияния поливных вод или вод реки и каналов минерализация грунтовых вод колеблется от 1 до 10 г/л; вне этого влияния минерализация значительно нарастает и в отдельных случаях достигает 70 г/л.

Из сказанного очевидно, что в условиях среднего и нижнего течения р. Аму-дарьи мы имеем мало благоприятные условия для применения калифорнийских колодцев. Из тщательного анализа гидрогеологических условий этой области, проведенного Б. М. Георгиевским, очевидно, что в особенно неблагоприятных условиях в этом отношении находятся почти вся современная дельта и почти вся западная часть древней дельты (см. в последующих номерах журнала статью Б. М. Георгиевского). Помимо этого, можно рекомендовать для исходных опытов Чарджуйский оазис на юге описываемой области и южную часть Хорезмского оазиса на ее севере. Эти опыты требуют предварительной детальной разведки намеченных пунктов, а сама опытная эксплуатация должна сопровождаться весьма тщательной документацией наблюдений.

* * *

Анализ общих гидрогеологических условий отдельных оазисных районов рисует не особенно благоприятные перспективы для возможного развития практики калифорнийских колодцев в Средней Азии. Может быть, некоторое сгущение красок в сторону «отрицания» зависит от все еще недостаточно углубленной геологической и гидрогеологической изученности обсуждаемых оазисных районов—умозрительным соображениям отводится достаточное место. Может быть и неуспех первого опыта оказал свое предостерегающее влияние. Однако, если бы хотя в некоторых из более благоприятных для постановки опытных калифорнийских

колодцев участках Средней Азии были правильно методически проведены опытно-исследовательские установки и доведены до успешного окончания, то это, с одной стороны, создало бы перелом в настороженных настроениях, а с другой, побудило бы к постановке специальных исследований гидрогеологических условий в связи с этой новой теоретически очень интересной и практически чрезвычайно важной задачей, стоящей перед ирригаторами и мелиораторами Средней Азии.

Ташкент

Геологические и гидрогеологические условия Бухарского оазиса УССР в связи с проблемой применения калифорнийских колодцев

Вопрос о мелiorации Бухарского оазиса занимает внимание хозяйственных организаций на протяжении нескольких десятилетий. Географическое положение этого оазиса, густая, в условиях Средней Азии, населенность, благоприятные для развития хлопководства климатические условия делают Бухарский оазис одним из важнейших хлопководческих районов. Положение среднеазиатских республик, участвующих в межсоюзном разделении труда и являющихся поставщиками высокоценного и необходимого для советской промышленности хлопкового волокна, ставит перед советской общественностью задачу выявления всех возможных ресурсов для осуществления хлопковой независимости.

Стремление к увеличению хлопковой продукции Средней Азии и развитию товарных отраслей ее хозяйства неизбежно требует проведения ряда мероприятий. Расширение посевных площадей в пределах существующих оросительных систем, улучшение этих последних занимает одно из первых мест в этой системе мероприятий.

Годовой режим р. Зеравшан, являющейся единственной водной артерией, питающей ирригационную сеть Бухарского и Каракульского оазисов, не соответствует потребностям полива в весенние месяцы. П. И. Бутов, проводивший гидрогеологические исследования в пределах оазиса в 1927 г., пишет по этому вопросу следующее: „...По данным Каттакурганской гидрометрической станции, годовой режим р. Зеравшан у восточной границы, исследованный, как среднее из многолетних наблюдений (1913—1925 гг.), имеет ясно выраженный минимум, приходящийся на май, и максимум, падющий на август“.¹

Таблица 1, заимствованная из статьи А. Б. Скворцова², иллюстрирует расход Зеравшана в 1925—1926 гг. по месяцам.

Таблица 1

Название гидрометрической станции	Расход по месяцам в кубических метрах/сек.											
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Каттакурганская	81,66	76,10	66,03	64,18	68,76	69,22	40,67	6,80	65,06	139,61	173,51	107,85

¹ Бутов П. И. Гидрогеологические исследования в нижнем течении реки Зеравшан. 1927 (машинпись).

² Скворцов А. Б. О режиме Зеравшана в 1925—26 гг. Вестник ирригации, 1927, № 5, стр. 58—59.

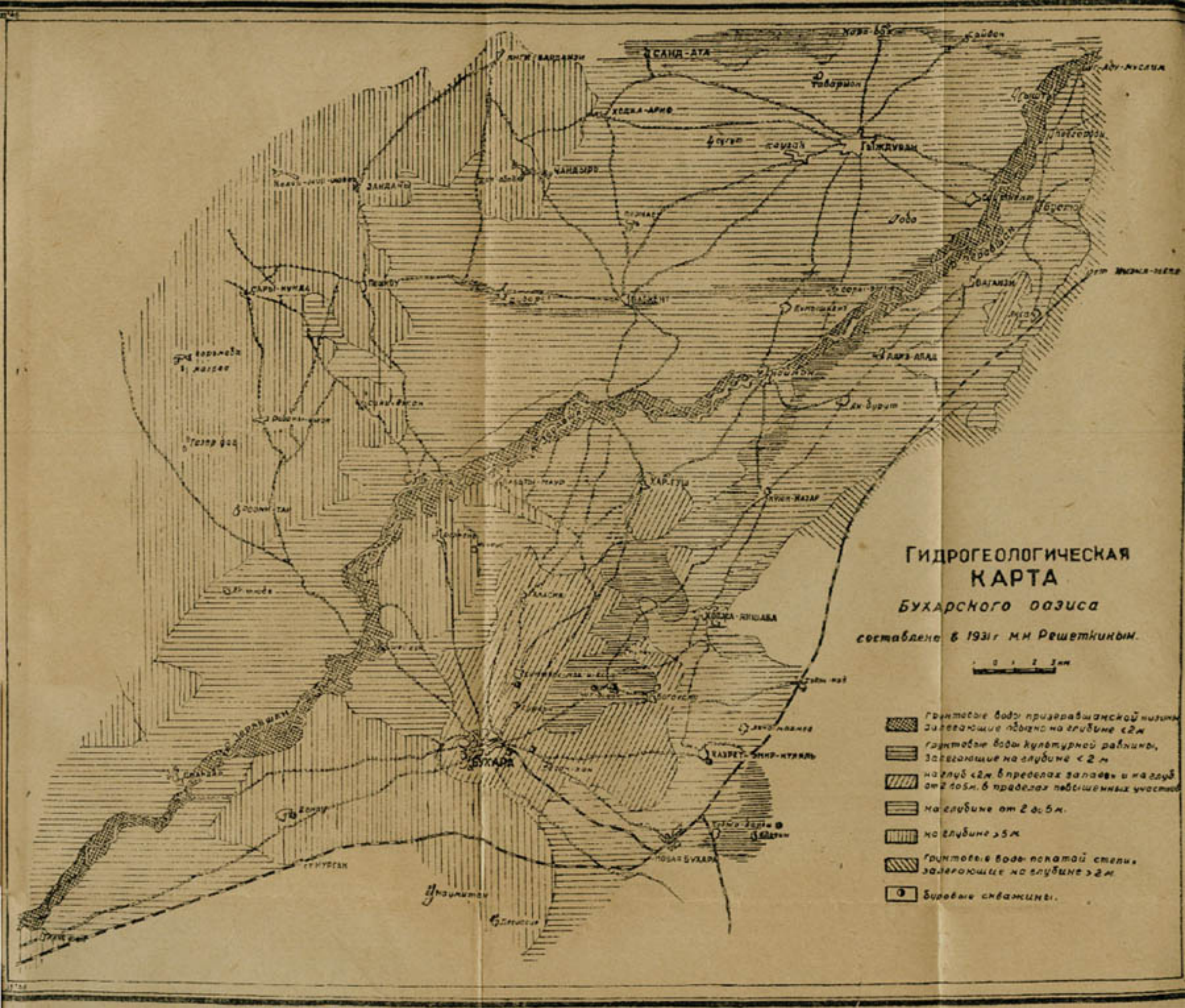
Этот неравномерный и по времени, и по количеству расход исключает возможность рационального его использования для нужд орошения и часто приводит к хищнической системе водопользования. Так, в материалах по районированию Средней Азии по этому вопросу читаем: „Неравномерность получения воды населением приводит часто к тому, что оно пользуется каждым случаем полить свои поля; бывают такие случаи, что хлопчатник в годовое календарное поливается в течение месяца три или четыре раза, вызывая заболачивание почвы и уменьшение урожайности, а низовые системы гибнут от безводья“.¹

Заболачиванию отдельных районов оазиса способствует отсутствие достаточно развитой сбросной и водосборной сети и, таким образом, наряду с пустующими от безводья землями в пределах оазиса имеются значительные заболоченные площади, часть которых обязана своим происхождением исключительно сбросным водам.

Вследствие отсутствия потребного количества поверхностной воды явилось стремление к отысканию дополнительных источников орошения. Эта задача может быть разрешена с помощью грунтовых вод, тем или иным способом выведенных на дневную поверхность. Попытки осуществления данной проблемы можно найти в архивных материалах, относящихся еще к периоду владычества в Туркестане царской России. Так, в пояснительной записке представителя торгового дома Кнона, инж. А. А. Габера², имеется такое указание: „Все другие способы обводнения для Бухары немыслимы, остается испробовать новый, частью уже проверенный в Туркестане (городе Туркестане—В. Д.) способ добычи воды, и путем производства буровых изысканий раз навсегда решить вопрос о возможности увеличить в Бухаре количество оросительной и питьевой воды при помощи колодезей“. Свое предложение Габер обосновывает ссылкой на строение Зеравшанской долины и по этому вопросу пишет: „Строение этой части Бухары (собственно Бухарского оазиса—В. Д.) дает мне основание надеяться, что опыт добычи подпочвенной воды будет иметь в некоторых частях Бухарской долины Зеравшана не меньший успех, чем это было в г. Туркестане“. Какая судьба постигла этот проект, неизвестно. После революции вопрос об обводнении Бухарского оазиса стал принимать более конкретные формы. В 1923 г. в Вестнике ирригации помещается статья Кульчицкого, разбирающая вопрос о возможности получения артезианской воды в пределах оазиса; в 1927 г., по поручению Узводхоза, Бутовым проводятся гидрогеологические исследования в нижнем течении Зеравшана, ставящие себе задачей выяснение общей гидрогеологической схемы; в 1929 г., по поручению той же организации, старшим специалистом Опытного-исследовательского института водного хозяйства Н. В. Макридиным составлен предварительный проект по устройству насосных колодезей для дренажа, промыва и орошения земель в Бухарском и Каракульском оазисах. В основу этого проекта положен опыт некоторых штатов Северной Америки, практикующих в указанных целях сооружение так называемых калифорнийских колодезей, снабженных насосом и имеющих два назначения—получение грунтовых вод для орошения и создание депрессионного понижения зеркала грунтовых вод при длительной откачке (вертикальный дренаж). Последняя задача является главной. Применение калифорнийских колодезей в условиях Бухарского оазиса, по мнению автора проекта, является одним из наиболее целесообразных решений вопроса, так как, с одной стороны, выкачиваемые грунтовые воды, будучи брошенными в оросительные каналы, покрывают дефицит поверхностных вод в нужный момент и, с другой стороны, создаваемое усиленной откачкой в местах расположения колодезей понижение уровня должно будет устранить возможность засоления за счет грунтовых вод и осушить заболоченные площади. По этому вопросу автор пишет: „Вырисовываются следую-

¹ Шлегель Б. Гидрография и ирригация. Территория и население Бухары и Хорезма. Часть I. Ташкент, 1926 г.

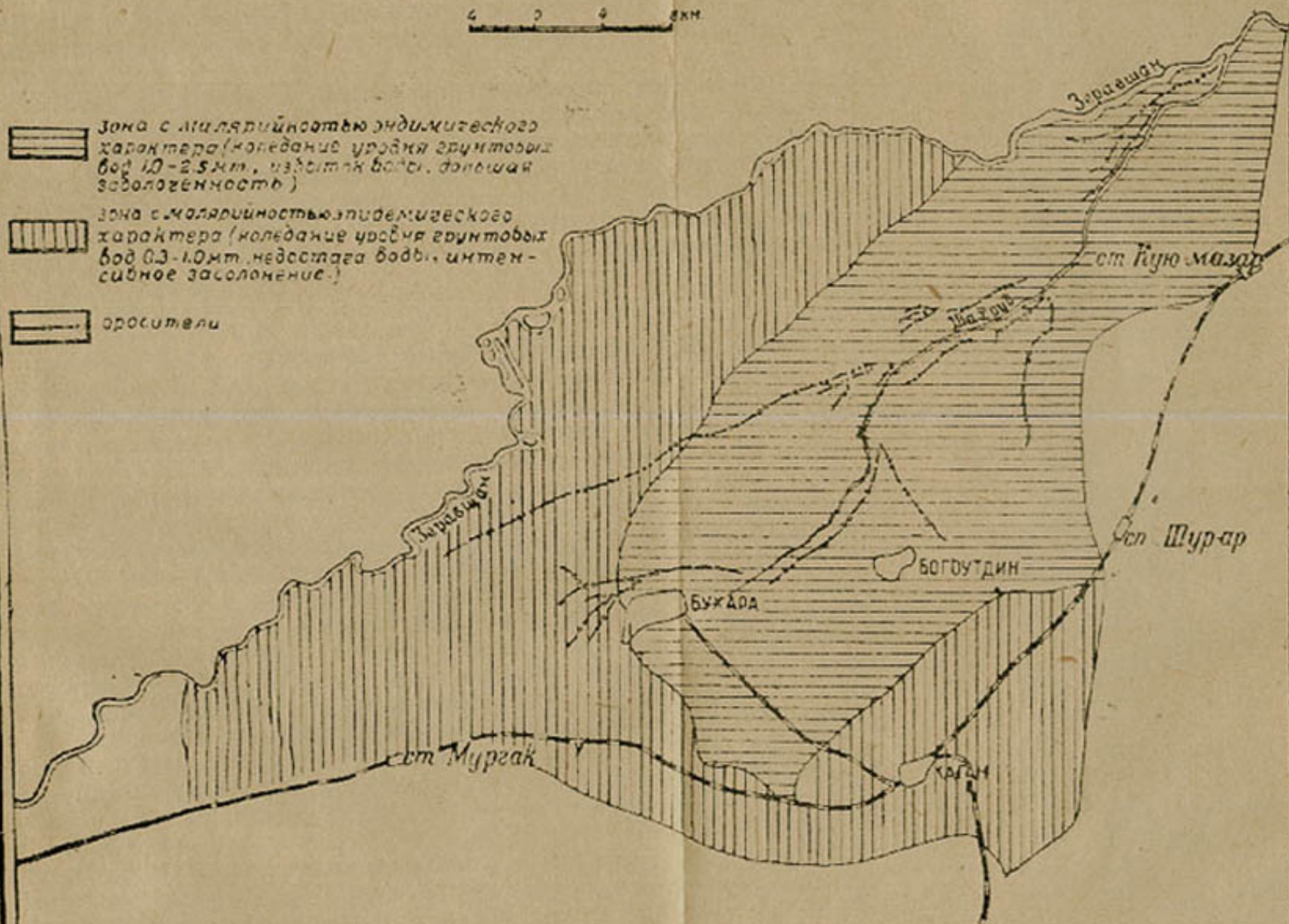
² Габер А. А. Пояснительная записка к вопросу об орошении земель подпочвенной водой при помощи колодезей системы Лейн Б. М. Б. Г. лист Б—6.



СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА Бухарского оазиса

0 2 4 8 км

-  зона с мелярийностью эндемического характера (колебание уровня грунтовых вод 1.0-2.5 м., избыток воды, долговременная засоленность)
-  зона с мелярийностью эндемического характера (колебание уровня грунтовых вод 0.3-1.0 м., нехватка воды, интенсивное засоление)
-  оросители



ные степени или фазы применения насосных колодцев в ряде других мероприятий и разрешению мелиоративной проблемы Бухары и Каракуля. Во-первых, насосные колодцы, при наличии благоприятных условий, могут быть использованы как меры к вспомогательному орошению отдельных районов, бедных водой, и также к дренажу и промыву отдельных площадей, нуждающихся в первую очередь в такой мелиорации... Во-вторых, насосные колодцы могут быть применены на всех культурных землях, нуждающихся в зимней промывке, для производства однократной промывки с последующей ежегодно откачкой в целях дренажа и вспомогательного орошения...¹

Предпосылкой к составлению проекта об эксплуатации вод оазиса с помощью калифорнийских колодцев являлось представление о значительной мощности водоносных галечных отложений Зеравшана в пределах Бухарского и Каракульского оазисов. Представление это основывалось не на фактических данных, которые отсутствовали, а на общих соображениях, не лишенных, однако, некоторой обоснованности.

В 1930 г. Кабинетом динамической геологии и гидрогеологии Среднеазиатского госуниверситета, по заданию Узводхоза, на всей площади оазиса проводились детальные гидрогеологические исследования для обоснования проекта переустройства существующей ирригационной системы. Полученные в результате этих исследований материалы легли в основу специального гидрогеологического очерка и дальнейших (1934—1935 гг.) стационарных исследований по изучению режима грунтовых вод и их взаимосвязи с поверхностными водотоками.



Восточная окраина Бухарского оазиса представляет собой устьевую часть широкой межгорной котловины, в тальвеге которой проходит р. Зеравшан. Горные массивы—Зеравшанский и Пурагский, окаймляющие с юга и севера эту котловину, в направлении с востока на запад постепенно нивелируются, распадаясь на отдельные возвышенности. Окаймляющие их предгорные покатые равнины, как бы расступаются, отодвигаясь на север и юг от оси котловины, и долинная часть резко расширяется, образуя обширный веер наноса р. Зеравшан, в периферической своей части сливающийся с отложениями степных и песчаных пространств. В целом рельеф Бухарского оазиса может быть охарактеризован как плоская равнина с отметками в северо-восточной ее части 250 м над уровнем моря и с отметками до 200 м в юго-западной. Помимо основного уклона на юго-запад, равнина имеет слабые уклоны к районам, к ней примыкающим. Равнинность площади, занимаемой оазисом, резко нарушается современной долиной реки Зеравшан и долинами двух крупных каналов—Вабкент-дарья и Шахруд. Первая из них, часто меняя свою ориентировку, течет рассматриваемый район по диагонали от Оби-муслима до Янка-тута (см. геологическую карту). Граница ее обычно ясно выражена сбывистым склоном, отделяющим современную долину реки, средней шириной в 2 км, от плоской равнины. Высота этого уступа изменяется от 4 до 6 м. В поперечном профиле ее выделяются две террасы, считая пойму за первую. Последняя имеет обычно плоскую поверхность, в которую вложены современное русло реки и многочисленные старицы. Вторая терраса имеет прерывистое распространение и в редких случаях достигает 500—600 м по ширине. Долины упоминавшихся выше каналов ответвляются от долины реки в районе кишла. Адиаб-абад и Сары-ассия. По Шахруду его долина протягивается примерно на 12 км, после чего она сливается у кишла. Куюк-мазар с общей поверхностью оазиса. Протяженность долины Вабкент-дарья свыше 25 км и она прослеживается до кишла. Дидараз. Ширина этих депрессий около 300—600 м. В поперечном профиле их,

¹ Макрилин Н. В. Предварительные проектные соображения по устройству насосных колодцев для дренажа, промыва и орошения земель в Бухарском и Каракульском оазисах. Б. М. Б. Г. (машинопись) —стр. 31.

как и у долины р. Зеравшан, выделяется по две террасы, по условиям распространения и устройству их поверхности с ней весьма сходных.

Плоская равнина оазиса, помимо описанных выше депрессий, имеет еще целый ряд западин эллиптической формы самых различных размеров. Установить какую-либо закономерность в положении этих понижений, представляющих собой или солончаки, или лежа эфемерных озер и болот, не представляется возможным. Таких западин много в районе Бугоутдина, Гиждувана, Старой Бухары и Кагана.

Особенности рельефа и геологического строения рассматриваемого района в сочетании с климатом создают своеобразные условия для почвообразовательных процессов. Многовековая деятельность человека, при помощи орошения изменяющего водный режим самой верхней части земной коры, создала своеобразный тип почвы, называемый в литературе „культурно-поливной“ или „аграрно-ирригационной“. Характерные свойства этого вида почвы сохраняются только при условии ведения высокоинтенсивной хозяйственной деятельности. Если почему-либо водный режим переставал контролироваться человеком, резко менялись условия, и или пустыня наступала на культурную зону, или интенсивно развивались процессы заболачивания, осложняемые в обоих случаях явлениями засоления, чему способствует высокое стояние уровня грунтовых вод.

По материалам прежних обследований, почвенные разности, затронутые в той или иной степени процессами осолонения, составляют до 30% валовой площади оазиса. Почвенных разностей с выраженными признаками избыточного увлажнения насчитывается до 35 % от той же площади.

Сложен Бухарский оазис толщей аллювиальных четвертичных отложений. Верхи этой свиты представлены перемежающимися лессовидными серыми глинами, суглинками и супесями, т. е. тонкозернистыми разностями, обладающими в то же время, в силу различных причин, высокой пеканилярной пористостью, обуславливающей их водопроницаемость. Мощность этих пород непостоянна, изменяясь в пределах от 12 м (Старая Бухара) до нескольких сантиметров (первые террасы современных долин каналов). Подстилающие мелкозернистые горизонты состоят из супесей, песков и галечников. Последние существенное развитие имеют только в северо-восточной части оазиса, на остальной же площади они образуют лишь подчиненные линзы и прослои, не имеющие значительного распространения. Наибольшая мощность песчаной галечной толщи имеющимися выработками установлена для района Старой Бухары, где она достигает примерно 6 м. Для северо-восточной части оазиса эта мощность предполагается значительно большей (свыше 10 м). Подстилающими низы аллювиальной свиты породами являются неогеновые желтые мергелистые глины и пестрые песчаники, вскрытые скважинами на глубине 10—17 м от поверхности.

Помещаемые ниже разрезы трех скважин, заданных автором в 1930 г., и таблицы гранулометрических анализов грунтов дают возможность составить более детальное представление о строении описываемого района и о составе грунтов, его составляющих.

Скважина № 21

Заложена в кишлаке Ситторе-мах-и-хосса. Начальный диаметр 6"

	Мощность слоя	Глубина подошвы слоя
1. Суглинок средний, светлосерый, пористый, в толще породы встречаются отдельные обломки кирпича	1,20 м	1,20 м
2. Супесь серая, мелкопесчаная	0,35 м	1,55 м
3. Глина легкая, серая, пористая	0,49 м	2,04 м
4. Суглинок средний, серый с отдельными охристыми пятнами, водоносный	1,54 м	3,58 м

5. Суглинок тяжелый, серый с большим количеством охристых пятен	0,22 м	3,80 м
6. Суглинок легкий, серый	2,10 м	5,90 м
7. Песок серый, мелкозернистый, слюдястый	0,58 м	6,48 м
8. Глина тяжелая, серая, с отдельными охристыми пятнами, в нижнем горизонте встречаются отдельные мелкие, хорошо окатанные гальки	0,57 м	7,05 м
9. Песок серый, мелкозернистый	0,86 м	7,91 м
10. Глина тяжелая, серая, плотная, с отдельными охристыми пятнами	0,73 м	8,64 м
11. Песок серый, мелкозернистый, с значительным содержанием мелкой, хорошо окатанной гальки до 7 см в диаметре и разнородного по крупности зерен гравия	4,03 м	12,67 м
12. Мергель желтый, с отдельными светлосерыми пропластками, порода сухая, трудно поддающаяся проходке долотом	2,48 м	15,15 м
13. Песчаник серый, с отдельными желтыми пропластками, слабо сцементированный, сухой	0,49 м	15,64 м
14. Глина мергелистая, светложелтая, с серыми пропластками, плотная, сухая, порода содержит редкие сростки кристаллов гипса	—	21,40 м

Установившийся уровень воды 2,89 м от поверхности.

Скважина № 116

Заложена у кишлака Чих-бофон. Начальный диаметр 8"

1. Супесь серая, мелкопесчаная	1,25 м	1,25 м
2. Глина тяжелая, серая, с отдельными охристыми пятнами, плотная, водоносная	7,34 м	8,59 м
3. Глина тяжелая, желтовато-серая, содержит редкую, мелкую, хорошо окатанную гальку	0,74 м	9,33 м
4. Суглинок тяжелый, темносерый, с отдельными охристыми пятнами	0,13 м	9,46 м
5. Песок серый, мелкозернистый, в верхних горизонтах глинистый, с мелкой и средней (до 3 см) хорошо окатанной галькой и гравием, разнородным по крупности зерен	3,99 м	13,45 м
6. Глина мергелистая, желтая, плотная, сухая	0,46 м	13,91 м
7. Глина мергелистая, белесоватая, с желтыми пропластками, плотная, сухая; в некоторых своих горизонтах трудно поддается проходке долотом	6,40 м	20,31 м
8. Песчаник светложелтый, слабо сцементированный, сухой	1,20 м	21,51 м
9. Глина мергелистая, желтая, сухая	1,06 м	22,57 м
10. Песчаник серый, слабо сцементированный, сухой	0,41 м	22,98 м
11. Глина мергелистая, желтая, плотная, с отдельными гипсовыми сростками, сухая	3,27 м	26,25 м
12. Песчаник серый, с охристыми пятнами, трудно поддающийся проходке, сухой	1,15 м	27,40 м
13. Глина мергелистая, желтая, плотная, сухая	0,39 м	27,79 м
14. Песчаник светлосерый, легко поддающийся проходке	—	29,76 м

Установившийся уровень воды 1,40 м от поверхности.

Скважина № 154

Заложена у кишлака Саманчук. Начальный диаметр 6"

1. Глина средняя, серая, пористая	2,16 м	2,16 м
2. Глина тяжелая, серая, с отдельными охристыми пятнами, пористая	0,67 м	2,83 м
3. Песок серый, тонкозернистый	1,03 м	3,86 м

4. Глина легкая, желтовато-серая, плотная, с отдельными линзами серого, мелкозернистого песка	0,84 м	4,70 м
5. Суглинок средний, серый, с отдельными охристыми пятнами, плотный :	0,36 м	5,06 м
6. Песок серый, мелкозернистый, слоистый	1,04 м	6,10 м
7. Глина тяжелая, серая, с желтыми пропластками, плотная, водоносная	1,76 м	7,86 м
8. Супесь серая, мелкозернистая	0,55 м	8,41 м
9. Глина тяжелая, светложелтая, с большим количеством мелкой (до 2 см) гальки и гравия	1,25 м	9,66 м
10. Песок серый, мелкозернистый, с мелкой и средней галькой и разнородным по крупности зерен гравием	0,62 м	10,28 м
11. Глина мергелистая, желтая, плотная, сухая	0,32 м	10,60 м
12. Глина мергелистая, белесоватая, с отдельными желтыми пропластками, плотная, сухая	0,63 м	11,23 м
13. Песчаник серый, слабо сцементированный, сухой	2,24 м	13,57 м
14. Глина мергелистая, белесоватая, с желтыми пропластками, с трудом поддающаяся проходке долотом, сухая	5,50 м	19,07 м
15. Песчаник сухой, с отдельными охристыми пятнами, с трудом поддающийся проходке, сухой	2,48 м	21,55 м
16. Глина мергелистая, желтая, с трудом поддающаяся проходке долотом, сухая	1,82 м	23,37 м
17. Песчаник серый, с отдельными охристыми пятнами, легко поддающийся проходке, сухой	—	26,72 м
Установившийся уровень воды 7,49 м от поверхности		

Таблица 2

№№ п/п.	Откуда взят образец анализа	Глубина взятия образца (в м)	Механический состав в процентах											Пористость в %
			>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	<0,01	
			Размер фракций в мм											
	Ситгоре-мах-хосса													
1	Скважина № 21	9,40	51,71	9,11	5,03	2,35	1,78	0,95	0,40	1,06	27,00	0,23	0,38	19
2	" "	12,00	4,73	10,46	0,10	2,66	1,86	0,86	0,26	следы	75,73	2,70	0,64	37
	Чих-бофэн													
3	Скважина № 116	10,00	26,48	4,97	3,48	3,10	5,54	6,04	3,72	4,13	40,99	1,23	0,32	29
4	" "	12,00	41,28	17,02	7,36	3,92	2,23	2,23	2,14	2,04	18,46	0,52	1,12	13
	Сампчук													
5	Скважина № 154	9,84	29,87	13,58	7,60	5,21	4,93	2,59	1,62	1,06	24,06	1,52	7,96	20

В пределах описываемого района можно вполне определенно установить наличие одного основного водоносного горизонта, приуроченного к суглинкам и супесям в верхней своей части и к песчано-галечной толще в нижней. Глубина залегания зеркала грунтовых вод зависит, главным образом, от степени развития ирригационной сети в отдельных частях оазиса и составляет 1,0—1,5 м в районах интенсивного орошения, расположенных обычно в центральной его части, увеличиваясь до 7,0—8,0 м на слабо орошаемых площадях по окраинам. В пределах же каждой зоны глубина стояния зеркала грунтовых вод определяется рельефом местности. Мощность водоносной толщи находится в зависимости от глубины залегания мергелистых глин, безводных на разведанную глубину, и, как правило, уменьшается к периферии оазиса. На спорадически за-

болачитых площадях (Вогоутдинские болота, Суффон, Чих-бофон и др.) в особую группу выделяются горизонты инфлюационных вод, образующихся за счет подлинных и сбросных вод, проникающих в глинистые толщи по ходам землероев и макропорам, образованным стгнившей корневой системой растений. Есть основания предполагать смыкание этих вод с грунтовыми водами, приуроченными к песчано-галечной толще.

Таблица 3

№№ п.п.	Места взятия образца	Глубина от поверх- ности в м	Механический состав в % по весу				Определение пород по классификации Ин- ститута почвоведения и геоботаники в Ташкенте
			Размер фракций в мм				
			>0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	<0,01	
1	Скв. № 21	0,00—1,20	0,02	40,96	23,70	29,32	Суглинок средн.
2	"	1,20—1,55	0,01	31,64	49,48	18,84	Супесь
3	"	1,55—2,01	0,02	17,28	33,12	49,58	Глина легкая
4	"	2,01—3,58	6,06	49,41	16,62	27,88	Суглинок средн.
6	"	3,58—3,80	—	22,52	38,90	38,50	" тяжелый
7	"	3,80—5,90	0,40	35,66	42,54	21,40	" легкий
8	"	5,90—6,48	3,80	50,31	30,94	14,96	Песок
9	"	6,48—7,05	—	2,88	8,48	88,64	Глина тяжелая
10	"	7,05—7,91	4,10	77,38	10,96	7,56	Песок
11	"	7,91—8,61	—	6,92	5,54	87,54	Глина тяжелая
12	Скв. № 116	0,00—1,25	0,90	57,72	23,88	17,50	Супесь
13	"	1,25—2,50	—	0,96	21,00	78,04	Глина тяжелая
14	"	2,50—6,96	—	0,84	0,68	98,48	" "
15	"	6,96—8,59	0,16	17,80	14,14	67,90	" "
16	"	8,59—9,33	0,16	7,02	8,88	83,94	" "
17	Скв. № 154	0,00—2,16	—	21,14	22,78	56,08	" средняя
18	"	2,16—2,83	0,36	12,80	15,45	71,38	" тяжелая
19	"	2,83—3,86	5,42	76,24	5,96	12,38	Песок
20	"	3,86—4,70	0,20	1,52	50,24	48,04	Глина легкая
21	"	4,70—5,06	1,52	34,60	25,68	38,20	Суглинок средн.
22	"	5,06—5,33	0,06	68,22	22,90	28,82	Песок
23	"	5,33—6,10	4,28	81,92	0,60	13,20	" "
24	"	6,10—7,86	—	5,88	6,44	87,68	Глина тяжелая
25	"	7,86—8,41	0,52	65,68	17,88	15,92	Супесь

Химический состав подземных вод отличается значительной пестротой. На участках неорошенных, заброшенных и недавно освоенных, вода обычно сильно минерализована (плотный остаток 4—16 гр. на литр) и обладает соленым и горькосоленным вкусом. В зонах интенсивного орошения валитины плотных остатков колеблются в пределах от 1,0 до 1,5 гр. на литр и воды могут быть использованы для различных нужд и в том числе на орошение.

Таблица 4

№№ п/п.	Место взятия образца воды на анализ ¹	Дата	Результат анализа в мг/литр									
			Плотный остаток	Cl	SO ₄	HCO	CO ₂	Ca	Mg	Na	K	Р ₂ O ₅
1	Скв. № 21	16/X 1930 г.	15032,0	1150,0	8306,8	631,9	0,0	577,4	182,0	3774,3	782,5	4,0
2	" № 116	25/VIII 1930 г.	500,0	16,0	142,0	125,2	63,0	76,6	22,9	45,3	5,6	5,0
3	" № 154	9/X 1930 г.	1520,0	90,0	608,0	317,2	6,0	126,1	98,9	123,8	39,3	4,0

¹ Более подробную характеристику смотри на стр. 73.

Режим грунтовых вод и их взаимосвязь с поверхностными могут быть установлены только после ознакомления с климатическими условиями Бухарского оазиса и более подробного анализа режима поверхностных водотоков.

Представление о климатических условиях Бухарского оазиса можно составить на основе анализа метеорологических наблюдений на станции Новая Бухара (г. Коган), опубликованных в брошюре „Климатическое районирование Средней Азии“.

По этим данным рассматриваемый район относится к полунустынным зонам Средней Азии, характерными чертами которых являются незначительное количество осадков, неравномерно распределяющихся во времени года, резкое колебание средних месячных температур, резкие колебания влажности воздуха и величины недостатка насыщения.

Помещаемая таблица 5, составленная по средним многолетним, наглядно иллюстрирует количество и распределение по сезонам года осадков (жидких и твердых).

Таблица 5

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Количество осадков в мм	21,9	23,1	22,2	23,0	7,6	0,6	0,1	0,0	0,0	3,4	11,2	21,3	135

Число дней с осадками незначительно и не превышает обычно 59—60 в дождливые годы и 45 за многолетний период (см. таблицу).

Таблица 6

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Количество дней с осадками	8	8	7	8	2	1	<1	0	0	2	3	6

Наблюдения показывают, что довольно значительное количество осадков жидкой фазы выпадает в виде проливных дождей, способствующих интенсивному поверхностному стоку и испарению. Температурный режим воздуха может быть охарактеризован таблицей 7.

Таблица 7

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среди. годов.
Температура воздуха по С° (среднемесячная)	1,7	2,5	9,0	16,6	22,8	28,3	30,2	27,9	21,3	14,5	7,4	3,0	15,4

Наблюдавшийся абсолютный максимум 44° приходится на июль, а минимум — 22,5° на январь.

Режим влажности воздуха лучше всего иллюстрируется таблицей 8.

Таким образом, наибольший недостаток насыщения приходится на июнь—июль и к этим же месяцам, как видно из изложенного выше, приурочены самые высокие температуры, способствующие интенсивному испарению.

Таблица 8

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Абсолютная влажность воздуха в мм	3,5	4,1	5,0	6,7	7,0	7,5	8,7	7,4	6,0	5,0	4,1	3,9
Относительная влажность воздуха в %	79	74	65	49	34	28	33	29	34	43	58	75
Недостаток насыщения	1,0	1,4	2,6	7,1	13,3	19,6	18,8	18,2	11,9	6,8	3,0	1,3

Как указывалось ранее, режим поверхностных вод оазиса определяется режимом р. Зеравшан (Каракуль-дарья) и его отводов. В пределы Бухарского оазиса последние выходят через так называемую Хазаринскую горловину. Других поверхностных водотоков нет и, учитывая геологическую структуру рассматриваемого района, нет оснований предполагать возможность подтока подземных вод из соседних районов. Поскольку, таким образом, в режиме подземных вод, помимо климатических факторов, значительная роль должна принадлежать Зеравшану и отводам из него, следует дополнить сведения о режиме поверхностных водотоков. Расходы Зеравшана непостоянны как во времени, так и по годам. За время с 1913 года самым маловодным являлся 1920 г. Если водоносность этого года условно принять за единицу, то, по материалам Узводхоза¹, можно было бы для других лет установить такие показатели:

1927/28 г. 1,25

1928/29 г. 1,29

Самым многоводным до 1930 г. является 1915 год, для которого такой показатель равен 1,46.

Напомним, что максимальный расход реки приходится на июнь, минимальный — на октябрь и май.

Для иллюстрации взаимосвязи подземных и поверхностных вод и режима последних ниже дается таблица вероятного баланса на участке Зеравшана между гидрометрическими станциями в Дуаба (восточная окраина оазиса) и Каракуле (западная окраина оазиса)².

Таблица 9

1928—29 год

Год	Месяцы	Среднемесачный расход реки		Разность расходов	Сумма расходов на ирригацию, отводных вод, за вычетом сбросов	Фильтрация	
		Дуабинская станция	Каракульская станция			В реку	Из реки
Метров кубических в секунду							
	Октябрь	18,68	1,42	17,26	16,40	—	0,86
	Ноябрь	23,79	1,18	22,61	22,45	—	0,16
	Декабрь	41,86	12,72	29,14	29,18	0,04	—
	Январь	55,89	32,51	23,38	39,76	16,38	—
	Февраль	82,12	33,26	48,86	53,17	4,31	—
	Март	83,08	30,95	52,13	56,54	4,41	—
	Апрель	29,40	11,89	17,51	20,46	2,95	—
	Май	19,47	6,67	12,80	11,12	—	1,38
	Июнь	47,05	18,46	28,59	26,39	—	2,20
	Июль	88,58	26,30	62,28	55,06	—	7,22
	Август	68,24	22,03	46,21	49,19	2,98	—
	Сентябрь	36,70	10,70	26,00	19,99	—	6,01

¹ Луценко Н. М. К вопросу о добавочных водах в долине р. Зеравшан, Самарканд. 1930 (рукопись).

² Табличный материал заимствован из работы Н. Г. Куликова „Характеристика колебаний уровня грунтовых вод“. Ташкент. 1930 (рукопись).

Приводимые цифры вероятного выклинивания и инфильтрации по Зеравшану в пределах Бухарского оазиса по абсолютному своему значению должны рассматриваться как предварительные. Однако, на основании их можно с достаточной степенью точности уже сейчас утверждать, что роль реки в питании подземных вод оазиса и его режиме значительная и заслуживает внимания при изучении этого вопроса.

Не менее важная роль в жизнедеятельности подземных вод принадлежит ирригационной сети и поливным водам. При рассмотрении первой нет особой необходимости изучать всю сеть, так как режим последней аналогичен таковому у крупных основных магистралей, каковыми являются канал Шахруд в юго-восточной части оазиса и канал Вабкент-дарья в северо-западной. Максимальный расход последнего в голове доходит до 35 м³/сек (июль), минимальный приходится на май и октябрь, причем майский минимум иногда (1930 г.) доходит до 0,04 м³/сек. Режим Шахруда аналогичен таковому у Вабкент-дарьи. Забираемая этими каналами из Зеравшана вода за пределы описываемого района не выходит. Поливы в Бухарском оазисе могут быть разделены на три вида: предпосевные, обычные (в вегетационный период) и зимние (для промывки почвы). Предпосевных поливов дается обычно не свыше одного, вегетационных — от двух до восьми, в зависимости от положения поливаемых площадей по отношению к головам основных магистральных каналов (см. введение к настоящей работе); зимних — по мере необходимости и степени засоленности отдельных участков освоенных площадей.

Анализируя после всего этого имеющийся материал по режиму уровня грунтовых вод Бухарского оазиса, можно, прежде всего, установить, что в пределах этого оазиса минимум стояния грунтовых вод приходится на октябрь, а максимум на апрель. С октября уровни резко нарастают, поднимаясь к декабрю на 0,60—0,70 м. В январе—феврале происходит медленный постепенный подъем, иногда прерываемый кратковременными понижениями. С марта до конца апреля скорость поднятия вновь возрастает, и в апреле уровни достигают максимального своего положения. С апреля по июнь горизонты резко снижаются, поднимаясь несколько вторично в июле и иногда в августе. Этот второй максимум по величине значительно уступает апрельскому. С июля—августа до октября уровни снижаются и приходят к своему минимуму. Амплитуда колебаний изменяется в пределах от 1,50 до 2,50 м. Часть оазиса, лежащая по правобережью р. Зеравшан, имеет менее развитую ирригационную сеть, чем левобережная, и характеризуется глубоким залеганием вод, имеющих незначительную (не больше 1,0 м) амплитуду колебания (см. таблицу 10).

Таблица 10

№ колодезя	Название колодезя	Низкое стояние уровня		Высокое стояние уровня		Амплитуда
		Дата	Глубина до воды от поверхности, в м	Дата	Глубина до воды от поверхности, в м	
52	Сары-кунды	30/IX-29 г.	7,68	28/V-29 г.	6,65	1,03
55	Марани	13/IX-29 г.	7,80	28/V-29 г.	7,42	0,38
49	Афиндарь	30/IX-29 г.	6,72	28/V-29 г.	6,05	0,67
18	Чандыр	6/IX-29 г.	6,45	27/IV-29 г.	5,45	1,00
19	Ходжа-Арыф	7/IX-29 г.	5,85	26/IV-29 г.	5,13	0,72

Аналогичное положение наблюдается для слабо орошаемых районов левобережья реки.

Районы интенсивного орошения, как правило, имеют наибольшую из всех наблюдаемых амплитуду колебания, измеряющуюся 2,00—2,50 м. Для них же характерны резкие суточные колебания уровня, достигающие в моменты интенсивного полива десятков сантиметров.

Таблица 11

№№ колодезей	Название кишлаков	Низкое стояние уровня		Высокое стояние уровня		Амплитуда
		Дата	Глубина до воды от поверхности, в м	Дата	Глубина до воды от поверхности, в м	
67	Колита-маура	28/IX-29	6,32	30/V-29	5,00	1,32
75	Денау	18/IX-29	7,30	30/V-29	7,10	0,20
112	Туркан	25/IX-29	7,68	5/III-29	7,03	0,65
142	Чекур-куль	24/IX-29	3,72	23/V-29	3,00	0,72
143	Чукаты	24/IX-29	4,12	23/V-29	3,20	0,92
149	Такмач-бала	28/IX-29	7,80	6/III-29	7,00	0,80

Для призерашанской низины амплитуда колебаний увеличивается по мере продвижения вниз по реке.

Таблица 12

№№ колодезей	Название кишлаков	Низкое стояние уровня		Высокое стояние уровня		Амплитуда
		Дата	Глубина до воды от поверхности, в м	Дата	Глубина до воды от поверхности, в м	
2	Бустон	3/IX-29	3,85	15/V-29	2,91	0,94
31	Пинмон	3/IX-29	4,30	11/V-29	3,95	0,35
32	Зармитан	8/IX-29	5,30	12/II-29	4,55	0,75
73	Араб-алар	16/IX-29	4,88	19/II-29	3,80	1,08
171	Дигмон	15/X-29	3,05	8/III-29	1,43	1,62
178	Ячка-тут	3/X-29	6,03	9/III-29	4,02	2,01

Подытоживая изложенное, можно утверждать, что для большей части оазиса определяющими ход колебания уровня грунтовых вод являются климатические условия его. На созданный этими условиями режим накладывается влияние ирригации в орошаемых районах и влияние реки в Призерашанской низине. Это положение подтверждено наблюдениями ЕГМС (Единая гидрометеорологическая служба), проводимыми по опорной сети с 1930 года по настоящее время. Некоторое, правда, весьма грубое, представление о распределении площадей с амплитудой колебания уровня грунтовых вод до 1,0 м и свыше 1,0 м дает прилагаемая схематическая карта, заимствованная из статьи Л. И. Исаева „Малирийная проблема в Узбекистане“.

Изучение фильтрационных свойств пород Бухарского оазиса проводилось автором в 1930 г. на трех опытных участках, типичных для отдельных районов оазиса. Первый участок был выбран в зоне нормального увлажнения на территории бывшей опытно-оросительной станции ОИВХ в кишлаке Ситторе-мах-и-хосса, примерно в 4 км к северо-востоку от г. Бухары (скважина № 21). Второй находился в зоне избыточного увлажнения на западной окраине кишлака Чих-бофон Богоутдинского района к востоку-северо-востоку от старой Бухары, в 7,5 км от нее (скважина № 116). Третий, в противовес двум первым, был выбран в зоне недостаточного увлажнения, на слабо орошаемых площадях, в периферической зоне оазиса, у кишлака Саманчук, расположенного в расстоянии около 2—3 км к северу от ст. Муртак (скважина № 154).

Изучение велось с помощью пробных откачек, продолжительностью не свыше трех суток. В результате работ установлено, что коэффициент фильтрации песчано-галечной толщи для большей части оазиса, расположенной по левобережью р. Зеравшан, равен 0,16—0,18 мм/сек. Радиус депрессионной воронки, создававшейся к концу откачки из опытного колодца (буровой скважины), не превышал 75—100 м. Понижение уровня грунтовых вод, происходившее при этом, измерялось в лучшем случае 10—15 см.

Для суждения о возможности использования в целях орошения в пределах Бухарского оазиса артезианских вод нет достаточных данных. Наиболее детальное описание геологического строения рассматриваемого района дается в работе В. Д. Соколова „Артезианское водоснабжение некоторых станций Среднеазиатской казенной железной дороги“. По данным этого исследователя, геологический разрез сверху вниз Бухарского оазиса представляется в следующем виде. Под четвертичным покровом залегают ниже не-третичные серо-желтые известняки, подстилаемые красно-желтыми песчаниками, местами переходящими в серые, содержащие включения гипса. Мощность этой свиты примерно 300 м. Под ними вскрывается меловая толща, представленная известняками, песчаниками, мергелями, красными и зелеными глинами, залегающими на известняках, сменяемыми ниже мощной свитой конгломератов. Направление падения меловых отложений на север под углом в 30° . Осадочные толщи, в свою очередь, налегают на метаморфические и кристаллические породы, относящиеся, повидимому, к палеозою. Интенсивной дислокации подвергались только палеозойские свиты, более же молодые залегают спокойно и лишь по периферии описываемого района приподняты и смяты в складки. Значительная часть источников, зарегистрированных различными исследователями, приурочена к метаморфическим и изверженным породам. Воды этих источников обычно слабо минерализованы и вполне пригодны к употреблению. Отдельные сведения о водах, связанных с толщами мелового и третичного возраста, не позволяют делать каких-либо определенных выводов о водоносности этих пород. Почти все исследователи склонны думать, что артезианские воды в этих отложениях существуют и могут быть вскрыты глубокими скважинами. По мнению одних, эти воды могут быть вскрыты на глубине порядка 250—300 м в толще третичного возраста, по мнению других—на глубине 600 м в меловых свитах.

* *

На основании американского опыта принято считать, что для успешного применения вертикальных (калифорнийских) дренажных установок должны существовать следующие условия:

1. Непосредственное сообщение между грунтовыми водами верхних водоносных слоев и подстилающей их водоносной толщей, из которой ведется откачка.
2. Эта толща должна обладать достаточной пористостью и свободно отдавать при откачке воду.
3. Расход колодца должен быть настолько велик, чтобы вызывать в верхних горизонтах водоносной толщи вертикальные токи вниз для замещения откачиваемой воды.

Приведенный выше материал, при анализе его с учетом изложенных положений, позволяет утверждать, что для юго-западной части Бухарского оазиса калифорнийские колодцы вряд ли применимы. Северо-восточная часть рассматриваемого района, расположенная по левобережью Заравшана, имеет более благоприятные по сравнению с предыдущей гидрогеологические и геологические условия. Опытные работы 1930 г., проведенные автором в этой части оазиса, не дали положительного эффекта, что заставило его в то время отнестись отрицательно к рассматриваемой проблеме для этой площади. Учитывая, что для Шахрудной системы вопрос дренажа имеет исключительное народно-хозяйственное значение и что решения, предлагаемые авторами проектов по горизонтальному дренажу, или мало удовлетворительны или слишком дороги, метод вертикального дренажа не может быть отвергнут без проработки его хотя бы в схематической стадии проекта и без сравнения его с точки зрения технико-экономической рациональности с другими. В условиях, когда ощущается острый недостаток поверхностных вод, при наличии в то же время близко залегающих грунтовых, с вредными проявлениями которых на дневной поверхности населению приходится вести повседневную борьбу, калифорнийские колодцы, даже при недостаточно благоприятных геологических и гидрогеологических предположениях, представляют, пожалуй, наиболее правильное эконо-

мическое решение вопроса. Было бы целесообразным проработать его для всей площади оазиса, характеризующейся избыточным увлажнением и значительной амплитудой колебания уровня грунтовых вод (см. схематическую карту), для чего следовало бы заложить опытные эксплуатационные колодцы в районах с глубиной залегания уровня грунтовых вод меньше 2,0 м как в пределах культурной равнины, так и в пределах заилов. Судя по имеющимся материалам, такие опытно-эксплуатационные колодцы следовало бы заложить в районе кишла. Куюк-мазар, Пулячи и Чих-бофон или Ботуотдин. Неплохие результаты, видимо, получаются у киш. Хар-гуш. Для части оазиса, расположенной по правому берегу, к сожалению, геологические и гидрогеологические условия недостаточно ясны. Глубокие скважины, которые определяли бы мощность галечной толщи, вскрываемой под мелкоземами, здесь отсутствуют, и фильтрационные ее свойства неизвестны. Геоморфологическая же ситуация рассматриваемой части оазиса заставляет думать, что эти условия здесь наиболее благоприятны, и вертикальный дренаж здесь должен дать положительный результат. Необходимость подобного рода мероприятия для правого берега реки в настоящее время менее остра, так как уровень грунтовых вод здесь расположен несколько ниже, нежели на площади командования Шахруда. Следует, однако, помнить, что по мере увеличения загрузки системы Бабкент-дарьи и при введении зимних поливов правобережье Зеравшана окажется в аналогичных, если не в еще более тяжелых условиях, в каких находится сейчас левобережье. Горизонтальный дренаж на рассматриваемой площади возможен только при отводе выведенных на дневную поверхность грунтовых вод в пески, расположенные на юго-западной и северо-западной периферии оазиса, что исключает возможность использования их внутри его. Изложенное позволяет рекомендовать разработать вопрос применения вертикального метода дренажа для прибрежной части оазиса уже сейчас, для чего следовало бы заложить несколько разведочных скважин, глубиной по 40—50 м в районе гор Гиждувана и Вабкента и произвести пробные откачки хотя бы в двух пунктах, месторасположение которых точно определится после проведения разведочных работ. В первом приближении можно считать, что эти участки окажутся на площади треугольника, в вершинах которого находятся Гиждуван, Вабкент и кишлак Кумашкент.

Ташкент.

Кушкинский вулканический туф как гидравлическая добавка

(Из лаборатории сектора стройматериалов Санири)

На фоне бурно развивающихся в Советском Союзе промышленности и сельского хозяйства, темпами, невиданными еще в истории человечества, несорным пятном выделяется строительство, которое систематически не выполняет сроков окончания работ и задание правительства о снижении себестоимости.

На всесоюзном совещании стахановцев т. Молотов так охарактеризовал это положение:

„Надо прямо сказать, что мы крайне отстали в организации строительного дела и в организации производства стройматериалов, что, несмотря на громадные масштабы строительства, оно в большинстве случаев ведется по старинке, с безобразным использованием механизмов и оборудования, на сезонном труде без постоянных кадров“¹.

На совещании при ЦК ВКП(б), происходившем в декабре месяце, были вскрыты все недостатки работ по строительству и намечены пути их уничтожения. Партия и правительство дали директиву о снижении в 1936 г. себестоимости строительства на 11%².

Эта директива должна служить отправной точкой для работы не только производственников-строителей, но и всех научно-исследовательских организаций, работающих в этой области. Одним из путей, ведущих к снижению себестоимости строительства, служит выявление новых строительных материалов, заменяющих существующие, часто более дорогие, а также выявление и внедрение местных стройматериалов. Применение последних, кроме удешевления самого строительства, ведет еще к освобождению ж.-д. транспорта, что также является очень важным моментом в нашей социалистической экономике.

В направлении выявления местных стройматериалов, с целью удешевления стоимости строительства и освобождения транспорта от ненужной загрузки, т. Е. Ташкенристрой предполагал завозить гидродобанки с Закавказья, и была проделана работа, результаты которой излагаются в этой статье.

Среди образцов каменных пород, полученных для изучения их механической прочности сектором стройматериалов Санири от Ташкенристроя, был обнаружен вулканический туф. Сектор предложил строительству произвести изучение его с точки зрения выявления гидравлической активности. Задачей исследований

¹ Речь т. Молотова, В. М. 16/XI на первом всесоюзном совещании стахановцев, „Правда“ от 19/XI-35 г. № 318, стр. 1.

² Доклад т. Молотова на совещании по вопросам строительства при ЦК ВКП(б), „Правда“ от 16/XI-35 г. № 318.

являлось установление возможности применения туфов в качестве гидравлической добавки к портланд-цементу, для придания ему большей стойкости в минерализованных водах. Опробованию было подвергнуто пять образцов туфа, взятых в долине горы Монах, около поселка Моргуновского Кушкинского района, близ железной дороги.

Нужно отметить, что никаких указаний в литературе на наличие вулканических туфов в этом районе нет, имеются лишь описания молодых энтузий около озера Ер-ойрлан-дуз к западу от Кушки. Образцы туфа взяты с поверхности без применения каких-либо разработок. Так как настоящие исследования ставили перед собой задачу лишь предварительного опробования, то они были проведены по сокращенной программе, включающей следующие испытания:

1. Определение поглощения туфом извести и наблюдение за набуханием его. Продолжительность опыта один месяц.

2. Определение количества растворимой в 5%-ом растворе соды кремневой кислоты.

3. Химический анализ туфа.

4. Минералогическое исследование отдельных образцов.

Работа по первым двум пунктам проводилась по принятой в Союзе стандартной методике.¹

Химический анализ туфа выполнялся обычным путем. Вспомогательно, для опробования гидравлических свойств туфа, двух вышеуказанных методов основывалось на простоте и дешевизне их проведения. Основным из них является метод определения активности поглощением извести.

Минералогическая характеристика

Образцы №№ 1 и 2, близкие по характеру

Макроскопически. Плотная порода, серовато-голубоватого цвета с белыми прожилками карбоната.

Под микроскопом. Тип излившейся породы с небольшим выделением туфового характера. Во 2-м образце основная масса более каолинизированная.

Есть окислившийся пирит.

Образец № 3

Макроскопически. Серовато-бурая с зеленоватым оттенком обломочная порода типичного вулканического туфа.

Порода твердая, имеющая мелкие включения излившейся породы, равномерно рассеянной по всему туфу, что придает ей некоторый однородный характер.

Под микроскопом. Туфовидная порода с выделением мелких кристаллов плагиоклаза, имеющих характер отдельных игольчатых кристаллов. Главная масса представлена стеклом.

Стекло зеленовато-бурого цвета. Имеются мелкие выделения окислившегося пирита.

Образец № 4

Макроскопически. По внешности похож на № 3, но наблюдается меньшая однородность породы в силу большего количества более крупных выделений обломочной породы в туфе.

Под микроскопом. Порода того же типа, как и № 3, но имеются более крупные выделения плагиоклазов, придающие другой облик основной массе туфа.

Имеется окислившийся пирит.

¹ ОСТ 6162. Добавки кислые, гидравлические (пуццоланические вещества). Методы I и IV.

Макроскопически. Туфовая порода, в которой много выделений обломочного характера; по цвету отличается от образцов №№ 3 и 4 более светлым тоном.

Порода серовато-зеленая с голубым оттенком.

Под микроскопом. Туфовая порода неравномерного состава, с большим количеством стекла, окрашенного в серый и желтоватый цвет. Имеются выделения плагиоклазов, которые распределены неравномерно, то скапливаясь, то рассеиваясь.

Имеется окислившийся пирит

Таким образом, все испытанные образцы по своему минералогическому составу делятся на три группы:

Первая (образцы №№ 3 и 4) — типичный туф.

Вторая (образцы №№ 1 и 2) — излившаяся порода с включением туфа.

Третья (образец № 5) — туфовая порода с большим количеством выделений обломочного характера. Занимает промежуточное положение между двумя первыми группами.

Химический состав

Результаты химического анализа приведены в таблице 1, в состав которой включены также данные химической характеристики арктического туфа (пяти его отдельных разновидностей). Сравнение химического состава, а в дальнейшем и гидравлической активности, кушкинского туфа с арктическим производится из тех соображений, что Ташкенстрой вначале предполагал завозить для строительства арктический туф, как уже об этом говорилось в начале статьи.

Из таблицы видно, что кушкинский туф содержит сравнительно невысокое количество кремневой кислоты: максимум — 63,29% (образец №1) и минимум — 54,13% (образец №3). Имеется большое количество полуторных окислов (от 21,87% до 25,92%). Нужно указать на наличие довольно большого содержания серного ангидрида, при чем его содержание в отдельных образцах очень близко (пределы колебания от 2,09 до 2,52%). Наличие этого количества серного ангидрида можно отчасти объяснить процессами окисления пирита, на что указывают результаты минералогических исследований.

Таблица 1¹

№№ образцов	Потери при прокаливании	Гигроскоп. вода	SiO ₂	SO ₂	CaO	MgO	R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Образец № 1 . .	3,68	1,24	63,29	2,24	5,99	2,26	21,87	11,81	10,06
„ № 2 . .	2,12	1,22	62,57	2,35	5,79	1,86	23,98	9,69	14,23
„ № 3 . .	8,11	4,34	54,13	2,30	6,72	2,55	25,31	11,21	14,10
„ № 4 . .	5,86	2,88	56,57	2,09	7,90	2,45	25,92	13,75	12,17
„ № 5 . .	3,87	1,93	61,18	2,52	5,92	2,02	23,70	8,26	15,44
Арктиск. туф (пять разновид.) ²	от 0,2 до 2,1	—	от 64,4 до 65,5	0,1	от 3,0 до 3,7	от 0,3 до 1,5	—	от 15,9 до 17,8	от 1,6 до 3,3

При сравнении химического состава кушкинского туфа с составом арктического⁰ мы получаем следующую картину: арктический туф по сравнению с кушкинским

¹ Анализ произведен химиком С. Г. Прейсе.

² Труды ВНИИ. Выпуск 4. Вязущие строительные материалы по второму пятилетию, стр. 50—51.

содержат очень малые количества железа и серного ангидрида; содержание же кремневой кислоты и алюминия несколько выше.

Поглощение извести

Результаты испытаний по методу поглощения извести сведены в таблицы 2 и 3, из коих видно, что лучшие показания дают образцы 3 и 4, поглотившие в течение одного месяца соответственно 43,37 и 30,66 мг CaO.

Остальные три образца дают поглощения меньшие и примерно одного и того же порядка.

По интенсивности поглощения образцы 3 и 4 также оказываются активнее остальных образцов (см. табл. 3).

Сравнивая данные месячного опыта с показателями арктического туфа за этот же период времени, приходим к такому заключению: первая выделенная нами минералогическая группа кушкиских туфов по своей гидравлической активности стоит выше арктического как по количеству поглощаемого CaO, так и по интенсивности поглощения.

Вторая минералогическая группа ведет себя примерно так же, как и арктический розовый туф. Группа третья превосходит арктический розовый по интенсивности поглощения. Но следует отметить, что характер поглощения арктического туфа и кушкиского различен, а именно: поглощение арктического туфа идет равномерно, в то время как у кушкиского главная масса поглощается за первые пять титрований. Можно предположить, что при более продолжительном испытании арктический туф поглотит больше извести, чем кушкиский. Поведение туфа в смысле увеличения объема под влиянием воздействия раствора извести (набухание) является из таблицы 4, из коей видно, что набухание кушкиского туфа в общем невелико (максимальный наблюдаемый объем за время опыта 9,0 см³), но мало отличается от такового же арктического туфа.

Таблица 2

№ титрований	Поглощено 1 гр. добавки мг. CaO						Арктик. туф розовый ¹	Арктикский ² туф (четыре разности)
	Обр. № 1	Обр. № 2	Обр. № 3	Обр. № 4	Обр. № 5			
1	7,83	7,18	23,99	19,4	10,89	2,2		
2	2,43	2,17	5,15	2,26	2,17	1,3		
3	1,55	1,33	3,14	1,53	1,46	2,1		
4	1,45	1,20	1,78	0,87	1,2	2,2		
5	1,39	1,07	1,62	1,01	1,39	1,7		
6	1,13	0,97	1,30	0,81	0,91	1,4		
7	0,68	0,46	0,59	0,58	0,91	2,2		
8	1,04	0,74	0,91	0,72	0,84	1,7		
9	0,72	0,59	0,65	0,36	0,71	1,8		
10	0,62	0,55	0,68	0,52	0,84	1,7		
11	0,64	0,58	0,61	0,59	0,68	2,5		
12	0,91	0,61	0,91	0,71	0,97	1,3		
13	0,59	0,65	0,72	0,55	0,77	1,8		
14	0,71	0,51	0,77	0,62	0,78	1,3		
15	0,55	0,42	0,55	0,39	0,51	1,6		
Всего поглощено за вре- мя опыта	22,24	19,03	43,37	30,66	24,97	26,8		От 33 до 34

¹ Труды ВНИИ. Выпуск 2-й, стр. 27.

² Труды ВНИИ. Выпуск 4-й, стр. 51—52.

Таблица 3

	1-й образ.		2-й образ.		3-й образ.		4-й образ.		5-й образ.		Арктикский туф (розовый)	
	Погл. 1 гр. добавки мг СаО	Процент от погл. за 15 титров.	Погл. 1 гр. добавки мг СаО	Процент от погл. за 15 титров.	Погл. 1 гр. добавки мг СаО	Процент от погл. за 15 титров.	Погл. 1 гр. добавки мг СаО	Процент от погл. за 15 титров.	Погл. 1 гр. добавки мг СаО	Процент от погл. за 15 титров.	Погл. 1 гр. добавки мг СаО	Процент от погл. за 15 титров.
С 1-го титров. по 5-е	14,65	65,87	12,95	68,05	35,68	82,27	24,81	80,92	17,02	68,16	9,5	35,45
С 6-го титров. по 11-е	4,19	18,84	3,31	17,39	4,13	9,52	2,99	9,75	4,24	16,98	8,8	32,85
С 11-го титров. по 15-е	3,40	15,29	2,77	14,56	3,56	8,21	2,86	9,33	3,71	14,86	8,5	31,70

Таблица 4

№№ титрований	Объем в куб. см 2 гр добавки					Арктикский туф (розовый) ¹
	1 обр.	2 обр.	3 обр.	4 обр.	5 обр.	
Начальный объем . .	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	—
1	7,5	4,5	5,0	5,0	5,5	4,3
2	7,0	6,5	7,5	7,0	7,5	5,9
3	7,0	7,0	7,5	7,0	7,5	5,9
4	7,0	6,5	7,0	6,5	7,0	6,8
5	7,5	8,0	7,0	7,0	7,5	7,8
6	7,5	8,0	7,0	7,0	8,0	8,2
7	7,5	9,0	7,5	7,5	7,5	8,5
8	7,0	8,0	7,0	7,0	7,5	8,8
9	7,0	8,0	6,5	6,5	7,5	9,1
10	7,0	8,0	7,0	7,0	7,5	9,1
11	6,5	8,0	6,0	6,5	7,0	6,8
12	6,0	7,0	6,0	5,5	7,0	8,8
13	5,5	7,0	5,5	5,0	6,0	9,1
14	6,0	8,0	6,0	6,0	6,5	9,4
15	6,0	7,5	6,0	5,5	6,0	8,9
Максим. объем наблюденный за время опыта	7,5	9,0	7,5	7,5	8,0	9,4

Растворимая в 5-процентном растворе соды кремниескислота

Результаты определения растворимой в 5-процентном растворе соды кремниескислоты, в смысле распределения отдельных образцов по их активности, дают несколько иную картину (см. таблицу 5), а именно: наибольшее количество рас-

¹ Труды ВНИЦ, Выпуск 2-й, стр. 27.

творимой кремнекислоты дает пятый образец, затем первый и наконец четвертый, третий и второй. По количеству растворимой кремнекислоты кушкинский туф должен считаться активнее артикекого.

Результаты выщелачивания 5%-раствором соды

Таблица 5

№№ образцов	Растворимая кремнекислота (SiO ₂) в %					Сумма
	1 выт.	2 выт.	3 выт.	4 выт.	5 выт.	
1	0,82	0,62	0,47	0,94	0,60	3,45
2	0,62	0,94	0,35	0,36	0,32	2,59
3	0,68	0,81	0,34	0,36	0,51	2,70
4	0,73	0,47	0,55	0,53	0,50	2,78
5	1,23	0,63	0,80	0,68	0,49	3,83
Артик. туф розовый	0,68	0,53	0,56	0,24	0,34	2,35 ¹
Артик. (четыре разновидности)	—	—	—	—	—	от 1,15 до 2,47

Во время исследований было замечено, что большой гидравлической активностью обладают те разновидности вулканического туфа, в которых имеются мелкие выделения стекла, разбросанные среди мелких включений окристаллизованных минералов, в то время, как при том же количестве стекла, но ином расположении включений плагиоклазов, вулканический туф не обладает такой гидравлической активностью.

Так, опыты нашей же лаборатории с вулканическим стеклом обсидианом месторождения Кансай, Карамазарского района, в котором имеется сплошное стекло, показали очень слабую его гидравлическую активность.²

Эти факты наводят на мысль о протекании химических реакций при участии каталитического влияния контакта.

Здесь же необходимо отметить наблюдаемую прямую зависимость между величинами гидравлической активности, характеризующей поглощением CaO, и потерей при прокаливании (см. табл. 1 и 2). Мы предполагаем, что величина потери при прокаливании зависит от поглощения туфом воды, таким образом, структура туфа способствует большему или меньшему поглощению воды вулканическим стеклом. Структура туфа, представленная третьим образцом, соответствует наибольшей потере при прокаливании и наибольшей гидравлической активности. Наконец, приходится еще раз констатировать³ несоответствие результатов, получаемых по предлагаемым стандартам методами поглощения извести и определения растворимой в 5-процентном растворе соды кремнекислоты. Практически исследователи принуждены базироваться только на одном из них, нами в основу берется метод поглощения извести.

В ы в о д ы

1. Кушкинский туф обладает определенной гидравлической активностью и может быть причислен к кислым гидравлическим добавкам слабой активности. Таким образом, выявлено новое месторождение естественных гидравлических добавок в Туркмении.

¹ Труды ВНИЦ. Выпуск 2, стр. 26.

² Подробные результаты исследований будут опубликованы в 1936 году.

³ Мы уже устанавливали этот факт при исследовании трепелов Гаурдакского месторождения. См. „К вопросу изучения гидравлических добавок среднеазиатских месторождений“ Н. И. Каменев и Е. Д. Рождественский. „Ирригация и гидротехника“ №№ 4 и 5 1935 года.

2. По своей гидравлической активности кушкинский туф не слабее арктического¹.

3. Порода Кушкинского месторождения, представленная образцами 3 и 4 (особенно первым), является наиболее активной, она в первую очередь и должна быть рекомендована в качестве гидродобавки.

4. Нужно рассчитывать, что масса туфа, лежащая дальше от дневной поверхности, будет обладать большей гидравлической активностью, чем испытанные образцы, взятые с поверхности и подвергшиеся процессам выветривания.

5. Обнаруженные минералогическим анализом незначительные количества пирита не возбуждают опасения, т. к. следует предполагать, что для получения пуццоланового портланд-цемента придется добавлять 20—30% туфа, таким образом содержание пирита в бетоне окажется небольшим. Кроме того, пиритизация не связана с данной породой, а приурочена к определенным участкам, поэтому можно выявить участки, не подвергшиеся пиритизации. Последнее нужно рекомендовать строительству.

6. Так как решающим фактором при определении пригодности той или иной гидравлической добавки для получения пуццоланового портланд-цемента являются технологические испытания, то необходимо провести испытание смесей туфа с тем портланд-цементом, который будет употреблен строительством. Эти испытания необходимы и для того, чтобы установить оптимальную дозировку туфа с портланд-цементом и механическую прочность получаемого пуццоланового портланд-цемента.

7. Замена строительством арктического туфа местным кушкинским должна дать значительный экономический эффект.

Ташкент

~~Остаточный редактор: Д. И. Мухоморов~~

Члены редакционной коллегии: проф. Н. А. Янишевский, Г. И. Антокольский, А. Н. Аскаченский, Г. Н. Виноградов, М. С. Вызю, Л. Н. Исав Миронов.

¹ Кроме рассматриваемых здесь 5 образцов лабораторией были опробованы еще 2 образца, давшие следующие величины, характеризующие их гидравлич. активность: поглощено CaO в течение м-ца 39,45 и 36,29 мг. Растворимой SiO_2 в 5 проц. растворе соды (5 вытяжек)—2,31% и 1,68%.

Содержание

	Стр.
1. Е. А. Замарип, проф. — Фильтрационная эффективность понуров .	3
2. С. С. Бан — Водозаборное сооружение для горных рек	13
3. А. В. Троицкий — Некоторые улучшения типа плотины, предложенного С. С. Баном	26
4. Л. А. Рейнталь — Несколько слов о взвешивании	30
5. С. С. Бан — Перископ в применении к наблюдениям за движением донных наносов у ловушек	34
6. В. И. Никольский — К вопросу о применении естественного метода защиты размываемых берегов на реках Средней Азии .	35
7. О. К. Ланге, проф. — К вопросу о сооружении калифорнийских колодцев в Средней Азии	54
8. В. Л. Дмитриев — Геологические и гидрогеологические условия Бухарского оазиса УзССР в связи с проблемой применения калифорнийских колодцев	63
9. Е. Д. Рождественский и А. С. Уклопский, проф. } Кушкинский вулканический туф, как гидравлическая добавка	76