

СРЕДНЕ-АЗИАТСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
САНИИРИ

ПРОВ. 195

Ж-115

ИРРИГАЦИЯ И

ГИДРОТЕХНИКА

9

935

ТАШКЕНТ

К № 9 журнала Иригация и гидротехника

До пользования книгой просьба внести следующие исправления

Страница	Строка		Напечатано	Следует читать
	Сверху	Снизу		
26	28		выводами	на выводах
32	6		$C =$	$C_v =$
32	23		по таблице 5	по таблице на стр 39
37		10	60 км	60 м
43		20	реки дамбы;	реки; дамбы
47	16		паводое	паводок
47	20		изгиоа	изгиба
72		14	Деладер	Делавер
77	3		скрепковый	скребковый
77		1	работающего	работающие
78	15		92 к.	1 р. 78 к.
78	15		1 р. 82 к.	около 3 рубл.

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ

ИРРИГАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИКА

№ 9

Ж-115

САНИИРИ
ТАШКЕНТ

1936

К методике разработки правил поливов в разрезе производственных микрорайонов¹

Борьба за повышенный урожай, борьба за качество нашей работы и орошаемом хозяйстве есть борьба за правильные нормы, сроки, способы, технику поливов и прочие приемы агротехники.

Но если приемы агротехники на сегодняшний день определенным образом регламентированы и изложены для каждой местности в соответствующих „агроправилах“, то с приемами организации и производства поливов дело обстоит хуже.

На сегодняшний день, по крайней мере в Дагестане, нет достаточно дифференцированно установленных нормировок поливов.

Агрономы, разрабатывающие „агроправила“, до сих пор упускают из виду, что полив есть один из элементов агротехники, и в своих „агроправилах“, в лучшем случае, указывают только нормы и сроки поливов, а то и это упускают (46).

Засуха первой половины 1934 года настоятельно выдвинула необходимость разработки, наряду с правилами агротехники, еще и правил поливов для различных районов Дагестана, которые с 1935 же года должны стать столь обязательными к проведению, каковыми уже являются на сегодняшний день „агроправила“.

Для проведения этой работы в Дагестане была создана бригада, в которую вошли как научные сотрудники Дагестанского отделения южного науч.-исслед. института гидротехники и мелиорации (ДНИИГМ), так и работники Управления водного хозяйства НКЗема ДАССР в центре и на местах, на долю которых выпало как установление методологии и методики вопроса, так и приложение установленной методики к практике разработки правил поливов для некоторых районов Дагестана.

По нижеприведенной методике разработаны правила поливов для Дербентского района ДАССР науч. сотрудником Дниигим А. Г. Шуб, по Буйнакскому району—инж. В. Т. Емельяненко, по Махачкалинскому району—научным сотрудником Дниигим М. Н. Багровым и по Хасав-юртовскому и Баба-юртовскому районам—инж. А. В. Нуждиным.

М. Н. Багров и А. В. Нуждин также приняли некоторое участие в разработке методики расчетов, основная работа по каковому разделу проведена автором настоящей статьи.

На долю инж. Водхоза ДАССР А. В. Нуждина, как ранее других приступившего к проработке своей части, выпал труд приложе-

¹ В порядке обсуждения.

ния разработанной методики к практическим расчетам величин тех или иных элементов поливов, а на долю инж. М. Н. Багрова, как позже других прорабатывающего свою часть, выпал труд просмотра и уточнения правил поливов для всех остальных районов, разработанных другими авторами ранее.

Установки правительства и партии на 2-е пятилетие — „борьба за качество“, когда качество в сельском хозяйстве (полное выполнение агроминимума) диалектически переходит в количество (повышенный урожай), частично получили свое осуществление в разработке и введении севооборотов в различных районах нашего Союза.

В орошаемых районах, в частности в известной части Дагестана, установление севооборотов влечет за собой установление и водооборотов, соответствующих этим севооборотам.

Разработка же водооборотов в свою очередь требует установления нормировок орошения в том разрезе, в котором разрабатываются севообороты.

Это становится особенно важным в условиях малой обеспеченности водою той или иной орошаемой территории, когда возникает опасность, что установленные на этих территориях севообороты могут оказаться полностью необеспеченными водою.

С другой стороны, установки на повышенный урожай также влекут за собой необходимость разработки правил поливов, по возможности, по наиболее дифференцированным территориям, которые в Дагестане были приняты как известные части административных районов, объединяемые по общности экономических, социально-бытовых и естественно-исторических и других признаков в производственные микрорайоны или производственные участки.

Производственные микрорайоны или производственные участки, однако, вскоре отличаются от сельскохозяйственных микрорайонов, в прежнем понимании этого термина, и представляют собою микрорайоны, выделенные не только по общности экономических, социальных и естественно-исторических условий, слагающих сельскохозяйственное лицо этих микрорайонов, но и на основе совокупности всех признаков, слагающих производственное лицо этих микрорайонов, т. е. они выделены по признаку направления развития на этих территориях всего народного хозяйства в целом, в котором сельское хозяйство является лишь некоторой, в иных случаях совсем небольшой, частью его, органически связанной с остальными частями.

Кроме того, надо иметь в виду, что тот комплекс условий, который продиктовал оконтуривание той или иной площади в определенный производственный микрорайон, не является безусловно стабильным в данном сочетании, а следовательно и созданное этим сочетанием лицо производственного микрорайона также не будет стабильным и можно ожидать, что при изменении соотношений условий, слагающих производственное лицо той или иной территории, будет изменяться и само лицо ее, а следовательно и контуры, очерчивающие эту территорию, могут соответственно также перемещаться.

Таким образом, положив в основу разработки правил поливов производственный микрорайон, как некоторую производственную единицу, мы орошение, при установлении величин элементов, слагающих это понятие, рассматривали в аспекте его роли и значения для народного хозяйства данной территориальной производственной единицы.

На этом основании, отклонив понятие „района идентичного орошения“¹, установленное в Средней Азии, как понятие, которое в основу районирования кладет лишь один момент, слагающий производственное лицо той или иной территории, именно орошение, затупившая тем самым основное — направление производства этой территории, и которое, по существу, дает контур макрорайона, мы в основу разработки правил поливов положили производственный микрорайон, дробя его на известные части, в которых то или иное сочетание различных условий диктует применение той или иной величины элементов полива, который, кстати сказать, нами рассматривается как один из элементов агротехники и который поэтому в величинах своих элементов должен быть так же регламентирован, как, на сегодняшний день, регламентированы величины других элементов агротехники.

Исключая возражения, которые нам пришлось слышать, что части того или иного микрорайона, на которые дробится последний при установлении величин элементов поливов, в случае совпадения этих величин в частях соседних 2 микрорайонов, граничащих друг с другом, являются по существу теми же „районами идентичного орошения“, мы утверждаем, что в двух граничащих друг с другом частях соседних микрорайонов, поскольку эти микрорайоны выделены на основе всех признаков, слагающих производственное лицо этих микрорайонов, абсолютного совпадения величин всех элементов полива быть не может и, если в каком-либо частном случае подобное совпадение обнаружится, то это будет свидетельствовать или о неточности оконтуривания территорий производственных микрорайонов при микрорайонировании, или о неправильных расчетах величин элементов полива, и это явление должно послужить толчком к ревизии того или иного положения. Опасность же неправильного расчета величин элементов поливов чрезвычайно велика и возможна, при условии, если рассчитывающий недостаточно ясно представляет себе, что должно лежать в основе расчетов, и если расчеты он строит только на основе естественно-исторических условий той или иной территории, без учета всего сложнейшего комплекса условий, известное сочетание которых, на сегодняшний день, создает то производственное направление этой территории, которое позволило эту территорию оконтурить в определенный производственный микрорайон, с общим направлением производства в каждой точке этой территории. Этот момент наиболее опасен в деле установления правил поливов, так как он свидетельствует о механическом подходе к делу того, кто в основу разработки нормировок орошения кладет не общее производственное направление той или иной территории, а лишь некоторую часть элементов, слагающих производственное лицо этой территории — часть, которая, как будто бы, на первый взгляд, и определяет величину нормировок орошения. С этими моментами в практике работы нам пришлось сильно бороться, и для нас сейчас совершенно ясно, с каким трудом отдельными работниками воспринимаются эти положения, почему здесь и считаем необходимым заострить внимание на этом вопросе.

В соответствии с вышеизложенным были разработаны основные положения к методике разработки правил поливов в микрорайонном разрезе при установлении севооборотов в них.

¹ См. предисловие к работе В. М. Легостаева „Факторы, определяющие размер и режим орошения“, СоцГИЗ, 1932 г.

По установленной нами методике разработка правил поливов начинается с детального анализа всех условий, складывающих производственное лицо того или иного микрорайона, выделенного и территориально оконтуренного, при разработке типовых севооборотов специальным бюро, созданным для этой цели при НКЗеме ДАССР.

Анализу были подвергнуты экономические, соцбытовые и естественно-исторические условия, с детальным рассмотрением каждого фактора и разложением его на те составные части, которые в той или иной мере диктуют нам применение определенной величины различных элементов орошения.

В результате детального анализа всех вышеуказанных моментов, нам обычно удавалось тот или иной микрорайон разбить на известное число отдельных территорий, в которых совокупность всех элементов, влияющих на величины элементов поливов, складывается так, что эти величины по различным элементам получают одинаковое числовое выражение. Однако, это не значит, что все элементы орошения по своей величине в этих частях микрорайонов обязательно получают одинаковое выражение.

Вспомогательные же части, выделяемые нами в производственных микрорайонах для цели установления правил поливов в последних, нам нужны потому, что чем более удастся дифференцировать, разложить тот или иной фактор, то или иное явление на составляющие его части, тем более глубоко мы постигаем сущность этого явления и тем легче бывает из большого числа признаков, слагающих его, выбрать именно те, которые характеризуют, а в данном случае диктуют величину искомого компонента, входящего в комплекс, определяющий данное явление на сегодняшний день. В конечном же счете, коль скоро производственный микрорайон является конкретной территорией с входящими в нее административными единицами—сельсоветами, то и части микрорайонов, выделяемые по признаку возможного применения одинаковой величины того или иного элемента орошения, на определенной площади, будут включать в себя, очевидно, также известные сельсоветы, с дроблением, однако, в некоторых случаях этих последних до отдельных колхозов и населенных пунктов, что по существу и дает возможность, в разрезе производственных микрорайонов, дифференцировать установление величины нормировок тех или иных элементов орошения в различных точках производственного микрорайона.

Имея в виду, что устанавливаемые нами правила поливов должны служить целям правильного освоения севооборотов и повышению урожайности социалистических полей, мы считаем, что совершенно недостаточно в этих правилах ограничиваться установлением норм и сроков поливов, как это практикуется в большинстве случаев, когда нормировки орошения разрабатываются для целей проектирования гидротехнических сооружений, в расчетные формулы которых только и входят эти величины. Теперь же, когда мы проектируем правила поливов с эксплуатационными целями, с целью, что они должны лечь в основу правильной организации орошаемого хозяйства и послужить делу увеличения урожайности в этом хозяйстве, безусловно, становится необходимым поливы дробить на все те элементы, из которых складывается этот прием агротехники, точно так же, как это мы теперь делаем при установлении величин других элементов агротехники (посев, пахота, прополка и пр.). Поэтому мы нашли необходимым правила поливов разложить на следующие элементы:

1. Способ полива и его технику:

- а) длину, ширину и глубину поливного элемента (борозды, чека, площадки);
- б) величину бороздовой струи;
- в) величину поливной струи.

2. Нормы и сроки поливов.

3. Элементы производства поливов:

- а) продолжительность полива 1 га;
- б) затраты труда на поливы;
- в) числовой состав бригад поливальщиков.

Как видно из только что перечисленных элементов, вкля дываемых нами в правила поливов, при условии, когда последние должны служить делу повышения урожайности социалистических полей при установлении в них севооборотов, с одной стороны, и дать основание для организации труда (по элементу орошения) в орошаемом хозяйстве, с другой стороны, подходить к установлению величин последних можно на основе только детального изучения всех факторов, могущих оказать влияние на величину этих элементов.

Вот почему при установлении величины того или иного элемента нам пришлось учитывать весь сложный комплекс экономических (со стороны структуры и направления хозяйства и агротехники в нем), социально-бытовых (со стороны навыков обращения с водой и высоты техники ведения хозяйства вообще) и естественно-исторических (со стороны климата, почв, гидрологии, гидрогеологии, орографии, растительности и пр.) условий, определяющих применение определенной величины известного элемента полива на данном этапе развития хозяйства. Вот почему при установлении величины тех или иных элементов полива, в каждом отдельном случае, нам пришлось использовать как теоретические формулы, применяющиеся для расчетов этих элементов поливов, так и результаты опытно-мелиоративных исследований по данным вопросам. Кроме того, мы нашли необходимым анализировать результаты изучения фактического состояния и приемов ведения орошаемого хозяйства на сегодняшний день, а также и величины известных элементов поливов, регламентированные по плановому водопользованию, т. е. те величины, которые на сегодняшний день можно считать уже внедрившимися в производство соответствующих орошаемых районов.

Перечисленные выше элементы, которые мы вкладываем в правила поливов, в своей совокупности, для организации и ведения хозяйства, дают значительное количество отправных величин планирования использования воды в этом хозяйстве, а поэтому, совместно с другими элементами организации хозяйства, дают возможность разработать производственные планы орошаемых хозяйств в разрезе получения максимального выхода продукции с полей этого хозяйства.

Таким образом, для каждого отдельного конкретного случая, для каждого отдельного производственного микрорайона или его части, мы прежде всего решили вопрос о правильном способе полива.

Какие же элементы каких условий нужно класть в основу установления правильного для данной территории способа полива?

Здесь прежде всего учитываются рельефные и почвенно-грунтовые условия территории, для которой устанавливается способ полива. Далее учитывается структура и специализация хозяйства этой территории, т. е. для каких культур нам необходимо установить способ

полива, какая энерговооруженность хозяйства, состояние агротехники в нем и т. д. Далее, просматриваются и учитываются социально-бытовые условия в части навыков населения в применении способов поливов в настоящее время, их техника и пр.

Затем принимаются во внимание данные опытно-мелиоративных исследований на этот счет, если они имеются для изучаемой территории, анализируются и принимаются во внимание литературные данные по этому вопросу для других районов и на основе уже общего анализа всех вышеуказанных данных окончательно устанавливается тот или иной способ полива для каждой культуры изучаемой территории.

Нужно заметить, что для всех случаев, могущих встретиться на пути разрабатывающего нормировки орошения, общего рецепта, конечно, дать нельзя — с чего начинать и чем кончать, так как в каждом отдельном случае решающим может оказаться тот или иной фактор, судя по первостепенности значения его и той роли, которую он играет в оформлении и придании того или иного производственного лица хозяйству данной территории.

Поэтому приводимый нами порядок анализа факторов, диктующих ту или иную величину элементов орошения, является лишь примерным и в каждом отдельном случае должен устанавливаться особо, с расположением анализируемых факторов в ряд, сообразно удельному весу и значимости каждого из них для производственного развития хозяйства данной территории.

После этого приступают к разработке норм и сроков поливов культур, входящих в севообороты, установленные для данной территории.

Разработку начинаем с изучения материалов, характеризующих протекание фаз развития тех или иных культур в календарном выражении и наилучшие число и сроки поливов в привязке к фазам развития, относя предпосевные и посевные поливы к датам сроков поливов, установленным для данных районов по планам посевных кампаний.

Ориентировочно установленные, по вышеуказанным материалам, число и сроки поливов тех или иных культур, входящих в севообороты, сверяются с графиком труда на площадях применения севооборотов, трудовыми ресурсами на них, увязываются с ними и проверяются на режим источника орошения.

Корректированные этими моментами даты поливов сопоставляются с фактически наблюдаемыми в настоящее время на изучаемых площадях опытными данными и данными по планам водопользования и на основе уже всего этого на этом этапе окончательно назначаются число и сроки поливов, долженствующие лечь в основу организации орошаемого хозяйства на данной территории с максимальным выходом продукции с полей севооборотов, организованных на ней.

После установления таким образом числа и сроков поливов для культур, входящих в севооборот, назначаемый для данной территории, приступаем к выявлению поливной нормы, отвечающей требованиям культуры к влажности почвы, в смысле создания наилучших условий развития ее, а также повышенного выхода продукции с полей севооборотов.

Расчет поливной нормы начинается с применения теоретических формул, имеющих на этот счет в различных пособиях по курсам орошения, с. - х. мелиораций и т. д. При этом проще других является формула А. Н. Костякова:

$$m = 20 \text{ HA м}^3/\text{га} \dots\dots\dots (1)$$

которой мы обычно и пользовались.

Исчисленная по этой формуле поливная норма дает самое первое приближенное выражение ее величины и является отправной для ее установления.

Как известно, в этой формуле 20 есть 20% допускаемых отклонений от нормальной величины поливной нормы в обе стороны, а А — скважность почвенной разности в процентах, Н — слой почвы в метрах, который предполагается увлажнять при поливе.

Обычно, когда приходится устанавливать поливную норму для цел й гидротехнических расчетов, то величину Н почти всегда принимают равной 1 метру, и тогда вышеприведенная формула еще более упрощается, приобретая вид:

$$m = 20 A m^3/га \dots \dots \dots (2)$$

Для целей же, с которыми мы устанавливаем поливную норму, принять огулом Н = 1 м не представляется возможным и поэтому пришлось предварительно изучить этот вопрос.

Был проштудирован целый ряд работ, в которых так или иначе затрагивается данный вопрос (см. список использованной литературы, приложенный в конце статьи), и в результате изучения мы пришли к выводу, что данный вопрос также должен быть строго дифференцирован и величина деятельного слоя почвы для каждой отдельной части того или иного микрорайона должна устанавливаться особо, в зависимости от полного комплекса тех условий, которые слагают производственное лицо того или иного микрорайона. В данном случае опять-таки действует почвенная разность, на которой проектируются поливы, с ее водно-физическими и химическими свойствами и гидрогеологические условия этой территории (глубина залегания грунтовых вод, их направление и скорости движения, их влияние на влажность корнеобитаемого слоя), климатические условия (в части осадков, интенсивности и глубины промачивания почвы ими), энерго-вооруженность хозяйства и высота агротехники в нем (в части глубины и времени вспашки и др. обработок почвы) и, наконец, глубина распространения корневой системы той или иной культуры, входящей в севооборот. Этот последний момент является решающим фактором, в данном случае, и по его величине устанавливается окончательная расчетная глубина активного слоя почвы—Н.

В результате изучения литературы по данному вопросу в среднем для различных культур принимаем следующие расчетные глубины корнеобитаемого слоя:

(При наличии высокого стояния уровня грунтовых вод расчетный слой почвы, вне зависимости от культуры, должен назначаться с таким расчетом, чтобы не происходило смыкания поливных вод с грунтовыми).

1. Овощи	0,5 м
2. Корне- и клубнеплоды	0,5 "
3. Злаки	0,5 "
4. Однолетние травы	0,5 "
5. Хлопчатник	1,0 "
6. Лубяные (кенаф, канатник, конопля) .	1,0 "
7. Люцерна и др. многолетние травы . .	1,5 "
8. Сады и виноградники молодые . . .	1,0 "
9. То же старой посадки	1,5 "

По полученной величине, подставляя ее в формулу (1), вычисляется уже ориентировочная поливная норма для данных условий, для каждой культуры отдельно, которые, однако, для облегчения вычислений можно соединить в группы по идентичности величины соответствующих компонентов, слагающих формулу (1).

Получив ориентировочную величину поливной нормы, корректируют эту величину по данным изучения фактического гидромодуля, данными опытно-мелиоративных исследований нормальной величины поливной нормы для изучаемой территории и величинами поливных норм, принимаемым при расчетах по планам водопользования. Обычно при этом поливная норма, сравнительно с полученной по формуле (1), увеличивается приблизительно процентов на 15—30, достигая величины от $m = 25$ НА, до $m = 30$ НА м³/га. Далее, для того, чтобы найти окончательно m , только что указанную величину нужно увеличить еще процентов на 10—20, что идет на бесполезные сбросы при поливах (при применении некоторых способов поливов сообразно их коэффициенту полезного действия), на неумение обращаться с поливной водой (технические навыки) и т. д.

Таким образом, в результате всех перечисленных выше вычислений и сопоставлений устанавливается уже окончательная расчетная величина поливной нормы.

Установленная величина поливной нормы, будучи приплюсована к мертвому запасу влаги в почве, создаст запас влаги в почве на момент окончания полива, равный:

$$W = W_0 + m \text{ м}^3/\text{га} \dots\dots\dots (3)$$

где W_0 — мертвый запас влаги в почве в м³/га, а m — поливная норма той же размерности.

Мертвый запас влаги в почве устанавливается или специальными исследованиями этого вопроса для данного конкретного случая, или же, в случае отсутствия подобных наблюдений, на основе знания коэффициента увядания растений, который как по литературным данным, так и по данным дагестанских опытно-мелиоративных станций и участков приблизительно равен двойной максимальной гигроскопичности данной почвы. Если же отсутствуют и данные по гигроскопичности, то W_0 определяется из формулы:

$$W_0 = HA \beta_{\min} \text{ м}^3/\text{га} \dots\dots\dots (4)$$

где A — скважность в процентах;

H — деятельный слой почвы в метрах;

$\beta_{\min}$ — минимальный процент влажности от скважности, равный от 15 до 20, в зависимости от почвы (15% для легких, 20% для более тяжелых почв).

Однако, вычисленную таким образом величину W_0 можно принять в расчеты только в том случае, если почвы не засолены, в противном случае придется произвести проверку этой величины запаса влаги в почве с точки зрения выявления величины концентрации почвенного раствора, которая, при определенном проценте содержания солей в почве, создается в ней при данном запасе влаги.

Как известно, минимально допустимый весовой процент концентрации почвенного раствора = 0,4—0,5. Исходя отсюда, и производится проверка.

Для этого воспользуемся формулой запаса влаги в почве из расчета на 1 га:

$$W = 1000 \frac{r}{100} H \alpha \text{ м}^3/\text{га} \dots\dots\dots (5)$$

По этой формуле, при известной величине W , в данном случае принятому нами W_0 , т. е. минимальному запасу влаги в почве, отвечающему коэффициенту увядания растения, H — глубине активного слоя почвы в метрах и α — величине объемного веса данной почвы, вычисляем r , т. е. процент влажности от веса сухой почвы, соответствующий данному случаю:

$$r = \frac{W}{100 H \alpha} \% \dots \dots \dots (6)$$

Далее по формуле

$$r = \frac{100 S}{\gamma} \% \dots \dots \dots (7)$$

Зная величину S — процент содержания растворимых солей в почве, находим γ — весовую концентрацию почвенного раствора, соответствующую данному случаю

$$\gamma = \frac{100 S}{r} \% \dots \dots \dots (8)$$

В случае, если эта величина получает выражение больше 0,5%, то, приняв ее предельное значение в 0,5%, обратным исчислением, по вышеприведенным формулам, сначала находим ту величину r , которая при данных условиях обеспечивает концентрацию почвенного раствора — γ не более 0,5%, а затем уже по этой величине и то значение W , которое мертвый запас влаги получит в зависимости от прочих элементов, входящих в формулу (5).

Пример. Пусть имеем почву, у которой α — объемный вес равен 1,5; S — процент растворимых солей в почве равен 0,14%, H — расчетный активный слой почвы = 1 метру и W_0 — минимальный запас влаги, который мы установили, равен 2000 м³/га. Тогда r — процент влажности, отвечающий этим условиям, будет равен

$$r = \frac{W_0}{100 H \alpha} \% = \frac{2000}{150} \% = 13,4\%$$

В таком случае γ — весовая концентрация почвенного раствора, будет равна

$$\gamma = \frac{100 S}{r} \% = \frac{100 \cdot 0,14}{13,4} \% = 1,04\%$$

Но мы приняли, что предельно допустимый процент концентрации почвенного раствора нельзя допускать более 0,5%, поэтому, исходя из этой величины, необходимо исправить принятую нами величину минимального запаса влаги в почве.

Расчет будем вести по только что приведенным формулам, но в обратном порядке, а именно, если

$$r = \frac{100 S}{\gamma} \%$$

то, приняв величину S прежнюю = 0,14% и $\gamma = 0,5\%$, будем иметь:

$$r = \frac{100 S}{\gamma} \% = \frac{100 \cdot 0,14}{0,5} = 28\%.$$

Затем, подставляя этот процент влажности в формулу (5), при прежних величинах других элементов формулы, находим исправленную на засоление почвы величину W_0^1 — минимально допустимого запаса влаги в почве (мертвый запас влаги):

$$W_0 = 100 \text{ г Нз м}^3/\text{га} = 100 \cdot 28 \cdot 1,3 = 3600 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Таким образом, предельно допустимый минимальный запас влаги в однострочном слое почвы из расчета на один гектар для нашего случая будет равен $3600 \text{ м}^3/\text{га}$, ниже каковой величины нельзя опускать запас влаги в данной почве и к каковой величине уже мы и будем приплюсовывать установленную нами ранее величину поливной нормы, в результате чего получим запас влаги в почве из расчета на 1 га, на момент сейчас же после полива:

$$W = W_0^1 + m \text{ м}^3/\text{га} \dots \dots \dots (9)$$

Отсюда, зная средний ежесуточный расход влаги из почвы для той или иной части вегетационного периода, проверяем ранее нами установленную величину межполивного периода по формуле:

$$t = \frac{W - W_0^1}{W_e} \text{ суток} \dots \dots \dots (10)$$

где t — межполивной период в сутках;

W — запас влаги в почве на момент после полива;

W_0^1 — минимально допустимый запас влаги в почве в $\text{м}^3/\text{га}$ (в случае, если проверку минимального запаса влаги в почве на засоленность почвы делать не приходилось, то тогда в этой формуле вместо W_0^1 ставится W_0 в $\text{м}^3/\text{га}$);

W_e — средний ежесуточный расход влаги из почвы в $\text{м}^3/\text{га}$.

В случае расхождения полученной по этой формуле величины t с ранее нами установленными величинами межполивных периодов, соответствующим образом корректируют последние.

Когда поливные периоды таким образом окончательно установлены, то тогда по метеорологическим данным о количестве осадков, выпадающих в эти периоды, снова корректируется запроектированная поливная норма по формуле:

$$m = W - (W_0 (W_0^1) + p) \dots \dots \dots (11)$$

где W и W_0^1 имеют прежнее значение, а p — есть количество осадков, выпадающих за межполивной период, выраженное в $\text{м}^3/\text{га}$.

Вышеприведенный расчет поливных норм по только что указанной методике производится для вегетационных поливов всех культур, входящих в севооборот того или иного микрорайона, за исключением риса, имеющего некоторые специфические особенности в приемах поливов по сравнению с другими культурами.

Для предпосевных же и зимних поливов поливная норма каждый раз определяется как $m_{\max}$, т. е. такой величины, которая доводит запас влаги в почве приблизительно до предельной полевой влагоемкости, т. е. до $W_{\max}$. Величина $W_{\max}$ находится опытным путем. В случае же отсутствия опытных данных, находится по формуле:

$$W_{\max} = \text{АН} \beta_{\max} \text{ м}^3/\text{га} \dots \dots \dots (12)$$

где значение букв таково же, как и в формуле (6).

В виду специфичности рисовой ирригации, при культуре риса с постоянным затоплением, поливные и оросительные нормы для риса устанавливаются по особой методике (50).

Нужно указать, что устанавливаемая здесь величина поливной нормы для поливальщиков является величиной брутто, т. е. величиной, которую нужно иметь при выпуске на поливаемую площадку, так как в эту величину включены уже и потери на поливаемой площадке.

Получив таким образом окончательные расчетные нормы и сроки поливов для всех культур, входящих в севооборот, в случае необходимости делаем проверку на обеспеченность севооборота водой, сообразно режиму источника орошения.

Для этого строим график гидромодуля потребления полями севооборота в сопоставлении с кривой режима источника орошения. Как технически это делается, всем специалистам-мелиораторам хорошо известно, почему на этом и не останавливаемся.

В случае, если график гидромодуля будет выходить за кривую режима источника орошения, следует прибегнуть к комплектованию графика и только в случае окончательного установления несоответствия последнего режиму источника орошения следует ставить вопрос о пересмотре севооборотов.

Необходимость проверки севооборотов на обеспечение их наличием режимом источника орошения ориентировочно устанавливается обычно по укрупненным измерителям при гидротехнических расчетах: 1 м³/сек. расхода на 1000 га, и так как этот расчет более или менее преувеличен, то в случае, если по принятым нами полям севооборота и нормировкам орошения нагрузка на 1 м³/сек. не будет превышать 1000 га посевов, то проверки графически можно смело не производить. Однако, если поливы по севооборотам сгущаются в какой-либо один срок, скажем, в апреле, мае, месяцах, то для этого срока все-таки рекомендуется установить величину гидромодуля и сверить ее с расходом источника орошения в этот же период.

После окончательного укомплектования графика гидромодуля по севооборотам этот график сопоставляется с графиком модуля по принципам, разработанным Е. И. Карвинским, и оба эти графика, в соответствии друг с другом, увязываются (13).

И только в результате всей вышеуказанной работы, всех вычислений, построений и сопоставлений устанавливаются окончательные расчетные величины норм и сроков поливов тех или иных культур в соответствии с разработанными севооборотами.

После этого приступаем к установлению величин элементов техники тех способов поливов, которые запроектированы для данного микрорайона.

При этой работе главным образом приходится опираться на результаты опытных исследований этих вопросов и в случае, если таковых для известной территории не имеется, рассчитывать их по имеющимся на этот счет формулам.

Так, для способа полива инфильтрацией из длинных борозд, пользуясь величинами длины борозды и ширины межбороздного пространства, можно установить величину поливной струи, отвечающую данным условиям, по формуле:

$$P = \frac{L}{Bt} p \text{ с/л} \dots \dots \dots (13)$$

где P — поливная струя в с/л;

L — поливная площадь в м², поливаемая в один прием одним поливальщиком, или так называемая „элементарная поливная площадка“;

B — величина межбороздного пространства в м;

l — длина борозды в м;

p — бороздовая струя в с/л.

Кроме поливной струи, для различных способов поливов является возможным теоретическим путем рассчитать и длину поливного элемента (борозды, полосы, чека и пр.). К расчетам прибегать приходится тогда, когда данный элемент техники поливов не совсем четко выявлен опытными исследованиями и вызывает известные сомнения.

Для способа полива напуском по узким полосам расчет длины полосы (l) производим по формуле:

$$l = \frac{p}{KB \left(1 - \frac{p_x}{100}\right)} \text{ метров} \dots\dots\dots (14)$$

где p — струя на одну полосу в с/л;

K — коэффициент фильтрации данной почвы;

B — ширина полосы в метрах;

p_x — процент сброса с полосы.

Длину борозды (l), при способе полива инфильтрацией из длинных борозд, исчисляем по формуле:

$$l = \frac{0,65 p (1 - p_x)}{\omega K} \text{ метров} \dots\dots\dots (15)$$

где p — бороздовая струя в с/л;

K — коэффициент фильтрации;

p_x — сброс с борозды в процентах;

ω — смоченный периметр борозды в метрах.

При этом величина смоченного периметра борозды устанавливается на основе материалов специальных исследований этих попросов в поле.

Для способа полива затоплением чеков для культуры риса при постоянном затоплении размеры чеков определяются физиологически допустимой разностью глубины слоя затопления в верхнем и в нижнем концах чеков, причем эта величина устанавливается на основе опытных данных, которые для всех рисосеящих районов нашего Союза, согласно, дают величину от 10 до 20 см, так как отклонение от этой величины как в ту, так и в другую сторону неизменно резко снижает урожай риса. Исходя из этого, размеры чеков определяются частным от деления установленных разностей высоты принимаемых слоев затопления в чеке на уклон:

$$l = \frac{h}{i} \text{ м} \dots\dots\dots (16)$$

где l — длина линии по диагонали чека в метрах;

h — установленная разность слоев затопления в метрах;

i — уклон чека.

Конфигурацию чека, в целях удобства механизации процессов обработки почвы, следует принимать прямоугольной, причем ширина должна быть кратной захвату обрабатывающего орудия.

Необходимо также дать и величину поливных элементов (борозды, чека, полосы и т. д.) как таковых, т. е. глубину, ширину, отсюда площадь поперечного сечения и т. д., каковые величины устанавливаются на основе опытного исследования этих вопросов при знании свойств почв, учете возделываемых культур и тех сельскохозяйствен-

ных орудий, которые применяются в данном хозяйстве для механизации как процессов обработки почв, так и процессов механизации разбивки самого способа полива.

Так как величина нормировок орошения нами разрабатывается для целей организации рациональной эксплуатации оросительных систем и правильной организации поливов, а в частности и труда при поливах, то останавливаться на разобранных элементах поливов не приходится, а следует еще разобрать и установить величины так называемых нами элементов организации и производства поливов, к каковым мы отнесли:

1. Величину поливной струи на одного рабочего.

2. Продолжительность полива 1 га.

3. Затраты труда на полив (производительность труда одного поливальщика).

4. Числовой состав бригад поливальщиков.

Исчисление величин этих элементов производим по имеющимся на этот предмет формулам и полученные результаты корректируем фактическим положением вещей (если имеются данные наблюдений над этими величинами).

Величину поливной струи разобрали выше.

Продолжительность полива 1 га вычисляем по формуле:

$$t = \frac{m + S}{3,6 \cdot p} \text{ часов} \dots \dots \dots (17)$$

где t — продолжительность полива 1 га в часах;

p — поливная струя в с/л;

S — потери на поливной площадке в м³/га;

m — поливная норма в м³/га.

Данная формула тождественна формуле, имеющей такое начертание:

$$t = \frac{m}{3,6 (p - p_x)} \text{ часов} \dots \dots \dots (17_1)$$

в которой величина p_x есть сброс в с/л и вычисляется на основе знания средней величины процента сброса, характерной для того или иного способа полива на той или иной почвенной разности, причем, если для изучаемой площади нет наблюдений над этой величиной при установленном способе полива, то этот процент можно принять ориентировочно по А. И. Шарову (см. А. И. Шаров „Эксплуатация ирригационных систем в хлопковых районах“) (45).

Производительность труда одного поливальщика в гектарах исчисляется по нижеследующей формуле:

$$K = \frac{1}{t} \left(T - \frac{T \cdot a}{100} \right) \text{ га} \dots \dots \dots (18)$$

где t — продолжительность полива 1 га в часах;

T — продолжительность рабочего дня в часах;

a — процент времени от рабочего дня, тратящийся на подготовку к поливу (обычно принимается около 10%).

При условии круглосуточной работы нужно учесть, что производительность труда поливальщиков в ночную смену будет приблизительно на 25% ниже по сравнению с дневными сменами, и тогда для летнего периода, в среднем считая продолжительность дневной части рабочего дня, сообразно 2 сменам, 16 часов, следует вместо T в формулу (18) подставить эту величину.

Для остальной же части суток, равной 8 часам, вычисленную по вышеприведенной формуле величину K уменьшают в два раза и затем берут 75% от полученной величины.

Далее рассчитывают потребное количество поливальщиков, отдельно для дневной и ночной смены, по нижеприводимой формуле:

$$n = \frac{S \cdot \alpha}{K} \quad \text{для дневных смен} \quad \dots (19)$$

$$n_1 = \frac{S \cdot \alpha_1}{K} \quad \text{для ночных смен} \quad \dots (20)$$

где S — площадь односуточного полива в га;

α — часть суток, приходящаяся на дневные и ночные смены (в нашем случае 0,67 и 0,33);

K — производительность труда одного поливальщика в соответствующие части суток, взятые из формулы (18).

Этим заканчивается расчет организации в производстве самого полива и хозяйствующая организация на орошаемых землях этими данными получает элементы для правильной организации и ведения орошаемого хозяйства по части планирования и рационального использования воды в своем хозяйстве.

В заключение по каждой выделенной части того или иного производственного микрорайона, на основе всех произведенных выше расчетов, составляется сводная таблица нормативов орошения (см. табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Культура	Ороваемые данные по срокам и нормам поливов. Факт, приходящиеся в настоящее время t , сут; опытно-материальные данные: t , сут; плановые данные: t , сут; теоретические m 20 Н А м ³ га; $t = \frac{W - W_0}{W_c}$ суток.	Устанавливаемые нормы и сроки поливов			Продолжительн. полива 1 га в часах $(t = \frac{m}{\alpha \cdot n \cdot K})$	Производит. труда одного поливальщ. за смену $K = \frac{1}{t} \cdot \left(\frac{t}{10} \right) \cdot \frac{K}{75\% \text{ от } K}$	Число поливальщ. в бригаде $n = \frac{S \cdot \alpha}{K}$ $n_1 = \frac{S \cdot \alpha_1}{K}$	Техника орошения, способ полива, величина элементов его техники
			Число полив в	Сроки поливов в часах	Норма поливов м ³ га				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Примечание. Одинадцатой графой идет примечание, в котором указываются все те отклонения, которые могут встретиться в том или ином случае в той или иной графе величин элементов, входящих в эти графы, по сравнению с общепринятым исчислением этих величин.

Эта таблица венчает работу по установлению нормировок орошения для каждого микрорайона, который в этой таблице получает почти все необходимые элементы для рационального ведения орошаемого хозяйства, по крайней мере по части использования воды в нем.

Но вообще всякие нормировки орошения не являются постоянными, чем-то неизменным, применяемым однообразно из года в год.

В зависимости от динамики всех факторов, влияющих на величину элементов поливов (соц. экономич., климатических, почвенных, гидрологических и пр.) в том или ином году, должны изменяться и

величины нормировок орошения. Однако, несмотря на то, что в некоторых случаях, может быть, рассчитанные величины отдельных элементов орошения, по вышеизложенной методике, будут только приближенными, все же применение их в хозяйстве, по сравнению с теми, которые сейчас там применяются и носят абсолютно случайный характер, безусловно должно принести значительный эффект и повышение урожайности социалистических орошаемых полей.

Список использованной литературы

1. Алпатыев А. М. — „Влияние орошения на солевой режим почв“. Вест. Иригации № 8, 1928 г.
2. Антипов-Каратаев — „Аналитическая обработка материалов почвенных исследований в целях ирригации“. Труды комиссии по ирригации, вып. 1. Изд. Акад. Наук СССР, Ленинград, 1933 г.
3. Борьба с засухой — Сборник материалов всесоюзной конференции по борьбе с засухой. Сельхозизд, 1932 г.
4. Будев М. З. и Королев Б. И. — „Результаты работ Коровского опытно-мелиоративного участка за 1926—30 гг. СКНИИ и М. Даг. НИИ Эк. и Орг. С. З. Махачкала, 1933 г.
5. Васильев А. А. — „Поливная норма как функция от водных свойств почвы“. КрымГИЗ, Симферополь, 1931 г.
6. Витте П. А. и Шумаков Б. А. — „Опытно-мелиоративные исследования в Донском округе“. СКОМС. Новочеркасск, 1928 г.
7. Проф. Давид. — „Снегозадержание“. СельГИЗ, 1932 г.
8. Зони С. В. — „Краткий почвенно-мелиоративный очерк плоскостной части Дагестана“. Водхозплан, ДАССР, 1932 г.
9. Иванов А. М. — „Динамика почвенной влажности при различных нормах полива“. Мат. по опыт. исслед. делу, том IV.
10. Каприеляни Г. Е. — „Некоторые итоги работ по опытам с хлопчатником Самаркандской опыт. станции за 1926-27-28 гг. Вестник ирригации № 4“, 1930 г.
11. Качинский Н. А. — „Изучение физических свойств почв и корневых систем растений“. СельГИЗ, 1932 г.
12. Качинский Н. А. — „О влажности почвы и методах ее изучения“. СельГИЗ, 1930 г.
13. Карвицкий Е. П. — „К методике увязки с.-х. производственных планов с планом водопользования в крупных хозяйствах“. Соцводопользование, 1931 г.
14. Акад. Келлер Б. А. — „Опреснение на северной окраине Каспийской низменности и южная граница орошения. Распространение корней у пшеницы“. Труды комиссии по ирригации, вып. I Акад. Наук СССР, Ленинград, 1933 г.
15. Кондрашев В. Д. и Шумаков Б. А. — „Способы поливов в механизированном огородном хозяйстве. Изд. Сев. Кав., 1932 г.
16. Кондрашев С. К. — „К вопросу об орошении в условиях тракторного полеводства“. Мат. по опыт. мел. делу, том IV.
17. Королев Б. И. — „Подготовка поверхности поля к поливам и лучшие их способы для полевой культуры Дагестана“. Водхоз НКЗ ДАССР, 1930 г.
18. Королев Б. И. — „Сводка работ Чеченского опытно-мелиоративного участка“. СКНИИГМ и Сох. ДНИИ Эк. и Орг. С. З. Махач-Кала, 1933 г.
19. Под редакцией Королева Б. И. — „Результаты изучения величины некоторых элементов техники поливов в Дагестане“. Сох. ДНИИ Эк. и Орг. С. З. Махач-Кала, 1933 г.
20. Королев Б. И. — „Результаты работ Кизлярской опытно-мелиоративной станции за 1925—1930 г.“ СКНИИГМ и ДНИИ Эк. и Орг. Сох. Зем. Махач-Кала, 1934 г.
21. Костяков А. Н. — „Основы мелиорации“. СельГИЗ, 1931 г.
22. Легостаев В. М. — „Факторы, определяющие размеры и режим орошения“. СельГИЗ, 1932 г. Ташкент.
23. Макаров А. Ф. — „Густота стояния хлопчатника и подный режим почв“. Мат. по опыт. оросител. делу, том I. Ташкент, 1930 год.
24. Малыгин В. — „Опыты с поливом хлопчатника на Зеравшанском опытном поле в 1916 г. Вестник ирригации № 8, 1924 г.
25. Миркин С. М. — „Промачивание почвы“. Мат. по опыт. мелиорат. делу, том IV.
26. Михайленков С. С. — „Полевое изучение водных свойств почв“. Вест. ирригации № 7, 1929 г.

27. Михалченко С. С. — „Изучение техники поливов по бороздам“. Мат. по опыту мелнор. делу, том IV.
28. Поляков Н. В. — „Основы мелиоративного грунтоведения“. СельГИЗ, 1933 г.
29. Поляков Н. В. — „Организация и эксплуатация мелиоративн. систем“. СельГИЗ, 1932 г.
30. Преображенский Т. Н. — „Из результатов наблюдений над поверхностным стоком талых вод в 1926—1927 гг. на Валуйской мелнорат. станции“. Мат. по опыту мелнор. делу, том III.
31. То же — „Результаты опытно-мелиорат. исследований на Сев. Кав. в 1928 г.“ СКОНС 1931 г., гор. Новочеркасск.
32. Ризенкампф Г. К. — „Основы ирригации“. Ленинград, 1925 г.
33. Самойлов А. Е. — „Способы обработок и водный режим хлопкового поля“. Мат. по опыту оросительному делу, том I, 1930 г.
34. Соловьев В. А. — „Программные вопросы и некоторые результаты опытов за время с 1924 по 1928 г.“ Мат. по опыту мелиорат. делу, том IV.
35. Старов Н. В. — „Вопросы организации орошаемой территории“. Сазгипровод, 1932 г.
36. Студенов Н. М. — „Возделывание полезных растений на орошаемых землях“. СельГИЗ, 1931 г.
37. Тромбачев С. П. — „Орошение и осушение“. СельГИЗ, 1932 г.
38. Тромбачев С. П. — „Основные принципы проектирования мелкой и мельчайшей сети в механиз. хоз-ве орошаемых районов“. СельГИЗ, 1932 г.
39. Трофимов. — „К вопросу о высоте капиллярного поднятия воды в почвах“. Вестн. ирригаци. № 12, 1924 г.
40. Фраузер. — „Мелиорация“. Изд. „Наука и Жизнь“, 1926 год.
41. Чугунов Ф. Е. — „Из результатов работ Валуйской мел. станции за время 1923—1926 гг.“ Мат. по опыту мелнор. делу, том III.
42. Шумаков Б. А. — „Некоторые результаты опытов по изучению техники поливов инфильтрацией (по бороздам)“ Бюлет. ДПИ № 2, 1926 г.
43. Шумаков Б. А. — „Мелиорация орошаемых земель“. ГИСХИМ, 1930 г.
44. Шумаков Б. А. — „Орошение садов и огородов“. Изд. Сев. Кав., 1931 г.
45. Шаров И. А. — „Эксплуатация ирригационных систем в хлопковых районах“. СельГИЗ, 1933 г.
46. Королев Б. И. — „Полив нужно рассматривать как один из элементов агротехники“. СОХ ДНИИ Эк. и орг. соц. земл. Махач-Кала, 1934 г.
47. Попов В. И. — „Основы орошения плодового сада“. Киев, 1933 г.
48. Макридин Н. В. — „Заболачивание и засоление земель на оросительных системах за границей и инженерные методы борьбы с ними“, ВНИИГиМ. Бюллетень № 3, 1934 г.
49. Петров Е. Г. — „Опыт изучения засоления и мер борьбы с ним в совхозе Пахта-араз“. ВНИИГиМ. Бюллетень № 3, 1931 г.
50. Селькин А. Н. — „Основные принципы проектирования рисовых ирригационных систем в крупном механизированном хозяйстве“. Труды ВНИИГиМ, том X, 1934 г.

Определение максимального расчетного расхода реки

§ 1. Общие данные и существующие методы расчета

При проектировании водохранилищных и водоподъемных плотин на реках, а также других речных сооружений, необходимо знать максимальный расчетный расход реки (максимальный паводок) для расчета отверстий на пропуск его и назначения запаса над максимальным горизонтом. От величины максимального расхода зависят размеры сооружения (его длина и высота).

Ошибка в определении максимального расчетного расхода может повлечь к разрушению сооружения, если расчетный расход окажется малым, или же к удорожанию сооружения, если расчетный расход определен с большим запасом. Поэтому для составления действительно рационального проекта как в смысле надежности службы сооружения, так и его экономичности необходимо уметь точно определять максимальный расход.

Для решения этой задачи было предложено около 20 формул. Почти все эти формулы дают зависимость расхода от водосборной площади и физико-географических факторов и дают верные результаты для рек Европейской части СССР, где изучены коэффициенты стока. Для рек же с ледниковым, горноснеговым и смешанным питанием, к каковым относятся почти все реки Средней Азии и Кавказа, единственно правильными данными, коими можно пользоваться для расчета, являются гидрометрические наблюдения, на основе коих необходимо определять максимальный расход реки.

Помимо формул, дающих зависимость расхода от водосборной площади, имеются методы определения максимального расхода на базе гидрометрических наблюдений. Из них известны методы Коревницкого, Рискина и формула Фуллера.

Метод Коревницкого¹ основан на одной из теорем математической статистики, следствие которой носит название „правила трех сигм“. Произведенные сравнительные расчеты по методу Коревницкого и по далее излагаемому нашему методу, основанному на теории вероятности, дают весьма сходные результаты. Такие расчеты были сделаны для рек Исфары, Кара-дарьи и Нарына. Метод Коревницкого требует более длительных наблюдений и вычислений.

Метод Рискина² состоит в построении зависимости между расходами и временем наблюдений.

¹ Л. К. Коревницкий. „Опыт применения предельного правила трех сигм для определения максимального возможного расхода воды“. Вестник ирригации № 1, 1928 г.

² Е. Я. Рискин. „Определение величины максимального паводка“. Вестник ирригации № 5, 1928 г.

Путем графических построений Рискин находит предельный паводковый расход и принимает его за расчетный. В той же статье Рискин указывает, что определение максимального расхода можно сделать путем построения кривой распределения (обеспеченности) по методу, предложенному Фостером и Хазеном.

Недостаток метода Рискина заключается в том, что оперирование происходит лишь в пределах лет гидрометрических наблюдений и в отсутствии обоснования метода.

Формула Фуллера¹ дает максимальный расход в зависимости от периода лет T , в который он повторяется:

$$Q_{\text{макс.}} = Q_{\text{сред.}} (1 + 0,8 \log T) = Q_{\text{сред.}} \lambda,$$

где T — число лет, в которое случается паводок;

$Q_{\text{сред.}}$ — средний из максимальных годовых расходов.

Для 20 лет	$\lambda = 2,04$
" 50 "	$\lambda = 2,36$
" 100 "	$\lambda = 2,60$
" 500 "	$\lambda = 3,16$

Формула Фуллера мало обоснована и ненадежна.

Для правильного определения максимального расчетного расхода необходимо иметь наблюдения за 50-100 лет, тогда можно из всех лет выбрать максимальный наблюденный расход и принять его за расчетный. В большинстве же случаев наблюдений имеется за 10-20 лет. Самым правильным методом в этом случае будет метод, основанный на теории вероятности, которая позволяет определить правильно расходы реки за весьма большой промежуток времени.

§ 2. Результаты изучения максимальных расходов рек Средней Азии

Теория вероятности (учение о кривых распределения—обеспеченности) начинает находить самое широкое применение при различных гидрологических расчетах (определение расчетных расходов, объема водохранилищ и пр.).

Впервые кривые распределения (обеспеченности) применены для расчета стока рек американским инженером Фостером в 1923 г. На русском языке методика применения кривых распределения изложена в трудах инж. Соколовского,² Менкеля и Крицкого³.

Основы методики расчета изложены в другой работе автора⁴, где даны основные понятия и способ построения кривой распределения.

Для доказательства применимости кривых распределения (обеспеченности) для определения расчетных максимальных расходов реки нами предпринято изучение максимальных однодневных расходов рек Средней Азии.

¹ Ефимович и Титов. „Уравнение повторяемости паводков У. Фуллера в свете фактической вариации весенних максимумов“. Известия Госуд. гидрогеол. института 34.

² Соколовский Д. Л. „Применение кривых распределения к установлению вероятных колебаний годового стока рек Европейской части СССР“, 1930 г.

³ Менкель и Крицкий. „Расчеты речного стока“, 1934 г.

⁴ Фадеев Н. А. „Определение расчетного года для реки Сыр-дарья на основе теории вероятности“. Журн. „Ирригация и гидротехника“ № 6, 1935 г.

Максимальные однодневные расходы рек Средней Азии в м³/сек.

Таблица 1

№№ п. п.	Год	Сыр-дарья	Кара-дарья	Чирчик	Нарын	Зеравшан	Чу
1	1898	2840					
2	1899	1305					
3	1900	1755	—	982	1730		
4	1901	1845	—	672	2155		
	1902	2655	—	1138	1479		
6	1903	2014	—	956	1838		
7	1904	2460	—	743	2294		
	1905	2385	—	871	2182		
9	1906	1630	—	665	1747		
10	1907	2450	—	863	2062		
11	1908	2700	—	1157	2547		
12	1909	1605	—	633	1532		
13	1910	2160	—	822	2342	494	99,2
14	1911	1680	—	855	1855	567	99,2
15	1912	1310	—	794	1449	630	79,0
16	1913	2190	—	802	2064	668	71,0
17	1914	2190	464	1533	2020	744	73,7
18	1915	1195	512	778	1221	873	63,4
19	1916	1195	198	619	1262	654	—
20	1917	745	220	459	988	668	83,8
21	1918	1247	414	802	1297	590	71,0
22	1919	1725	—	707	1610	603	—
23	1920	1725	511	705	1610	610	63,5
24	1921	3120	568	1068	2983	763	79,3
25	1922	1560	412	830	1442	—	—
26	1923	1955	449	855	1822	—	—
27	1924	2205	581	810	2073	733	80,8
28	1925	2085	580	755	1722	620	80,9
29	1926	1572	375	860	1393	554	69,3
30	1927	904	328	483	910	640	—
31	1928	2397	591	1081	1548	597	14,5
32	1929	1653	577	776	1282	—	99
33	1930	1834	531	824	1894	658	93,4
34	1931	2315	600	938	2338	589	—
35	1932	1741	456	713	1640	740	—
Среднее . .		1897	465	836	1753	634	84

В таблице 1 представлены наблюдаемые максимальные однодневные расходы рек Сыр-дарьи, Кара-дарьи, Нарына, Чирчика, Чу и Зеравшана. По этим данным вычислены коэффициенты вариации

и асимметрии за все время наблюдений и коэффициенты вариации по отдельным десятилетиям. Результаты вычислений представлены в таблице 2.

Коэффициенты вариации и асимметрии максимальных однодневных расходов рек Средней Азии

Таблица 2

Р е к а	Коэфф. асим- метрии	Коэффициенты вариации				
		За все время	За 1-е десят.	За 2-е десят.	За 3-е десят.	Средн. за десят.
Сыр-дарья у поста За- порожского	—	0,29	0,24	0,31	0,23	0,26
Нарын у Уч-курмана . .	0,50	0,26	0,25	0,28	0,33	0,29
Кара-дарья у Кампыр-ра- вата	—	0,27	0,30	0,27	—	0,29
Чирчик у Чимбайлыка	0,73	0,25	0,20	0,21	0,19	0,20
Чу у Константиновки	1,40	0,25	0,25	0,29	—	0,27
Зеравшан у. п. Дузулли ского	—	0,11	0,12	0,12	—	0,12

Сравнительная таблица модульных коэффициентов максимальных однодневных расходов рек Средней Азии

Таблица 3

Год	% обеспеченности	Фактический модульный коэф.	Модульные коэффициенты по кривым								Средн. % отклонен. по десятилетиям
			За все время		За 1-е десятилет.		За 2-е десятилет.		За 3-е десятилет.		
			К	% от-клон.	К	% от-клон.	К	% от-клон.	К	% от-клон.	

Р. Сыр-дарья

1921	1,43	1,64	1,68	2,4	1,59	—3,0	1,82	11,0	1,57	—4,3	+6,1
1898	4,30	1,49	1,53	2,7	1,45	—2,7	1,59	6,7	1,43	—4,0	+4,5
1908	7,15	1,41	1,45	2,8	1,37	—2,8	1,48	4,9	1,36	—3,7	+3,8
1902	10,0	1,39	1,38	0,72	1,32	—5,0	1,41	1,4	1,31	—5,7	+4,0
1904	12,9	1,29	1,32	2,3	1,27	—1,5	1,35	4,6	1,27	—1,6	+2,6
Среднее	—	—	—	+2,2	—	—	—	—	—	—	+4,2

Р. Кара-дарья

1931	2,8	1,29	1,62	25,3	1,65	25,3	1,62	25,3	—	—	26,7
1928	8,3	1,27	1,42	11,8	1,44	13,4	1,42	11,8	—	—	12,7
1924	13,9	1,25	1,30	4,0	1,32	5,6	1,3	4,0	—	—	4,8
Среднее	—	—	—	13,7	—	—	—	—	—	—	14,7

Год	% обеспеченности	фактический модульный коэф.	Модульные коэффициенты по кривым								Средн. % отклонен по десятилетиям
			За все время		За 1-е десятилет.		За 2-е десятилет.		За 3-е десятилет.		
			К	% отклон.	К	% отклон.	К	% отклон.	К	% отклон.	

Р. Нарын

1921	1,52	1,70	1,65	-8,8	1,64	-3,5	1,72	1,2	1,85	8,8	+4,5
1908	4,5	1,48	1,49	0,7	1,45	-2,0	1,52	2,7	1,62	9,5	+4,7
1910	7,6	1,34	1,41	5,2	1,37	2,2	1,44	7,5	1,51	12,7	+7,5
1931	10,6	1,33	1,34	0,75	1,31	-1,5	1,36	2,3	1,43	7,5	+3,8
1908	13,6	1,31	1,29	-1,53	1,26	-3,8	1,31	0	1,37	4,6	+2,8
Среднее			—	+3,4	—	—	—	—	—	—	+4,7

Р. Чирчик

1914	1,61	1,84	1,65	-10,3	1,50	-18,5	1,52	-17,4	1,47	-20,5	-18,8
1908	4,84	1,39	1,44	3,6	1,36	-2,2	1,37	-1,44	1,34	-3,6	+2,4
1902	8,06	1,37	1,36	-0,73	1,30	-5,1	1,31	-4,4	1,27	-7,3	-5,6
1927	11,3	1,30	1,30	0	1,25	-3,8	1,26	-3,1	1,23	-5,4	-4,1
1921	14,5	1,29	1,25	-3,1	1,21	-6,2	1,23	-4,6	1,20	-7,0	-5,9
Среднее			—	+3,5	—	—	—	—	—	—	+7,3

Р. Чу

1928	3,10	1,71	1,52	-11,1	1,52	-11,1	1,61	5,8	—	—	+8,5
1910	9,4	1,17	1,33	13,7	1,33	13,7	1,39	18,8	—	—	+16,3
1911	15,6	1,17	1,24	6,0	1,24	6,0	1,30	11,1	—	—	+8,5
Среднее			—	-10,3	—	—	—	—	—	—	+11,2

Р. Зеравшан

1921	2,5	1,19	1,23	3,4	1,25	5,0	1,25	5,0	—	—	5
1914	7,5	1,17	1,15	-1,7	1,17	0	1,17	0	—	—	0
1932	12,5	1,17	1,13	-3,4	1,14	-2,6	1,14	-2,6	—	—	-2,6
Среднее			—	+2,8	—	—	—	—	—	—	-2,5

По вычисленным коэффициентам вариации построены кривые распределения (обеспеченности); одна из таких кривых для р. Нарын изображена на рис. 1. Кривые построены при $C_v = 2 C_v$. На рис. 1, кроме кривой за все время наблюдений, построены также кривые по отдельным десятилетиям, чтобы показать, что и десятилетних наблюдений достаточно для построения правильной кривой. На этот же чертеж нанесены кружками фактически наблюдаемые максимальные расходы. Рассмотрение кривых показывает, что теоретически построенные кривые хорошо совпадают с фактическими наблюдениями, поэтому ими можно пользоваться для расчета.

По всем построенным кривым составлена сравнительная таблица 3, где представлены фактически наблюдаемые модульные коэффициенты и коэффициенты, определенные по кривым. В этой же таблице представлены проценты отклонений теоретических коэффициентов от фактических. По результатам таблицы 3 составляем таблицу 4 средних процентов отклонений теоретических модульных коэффициентов от фактических.

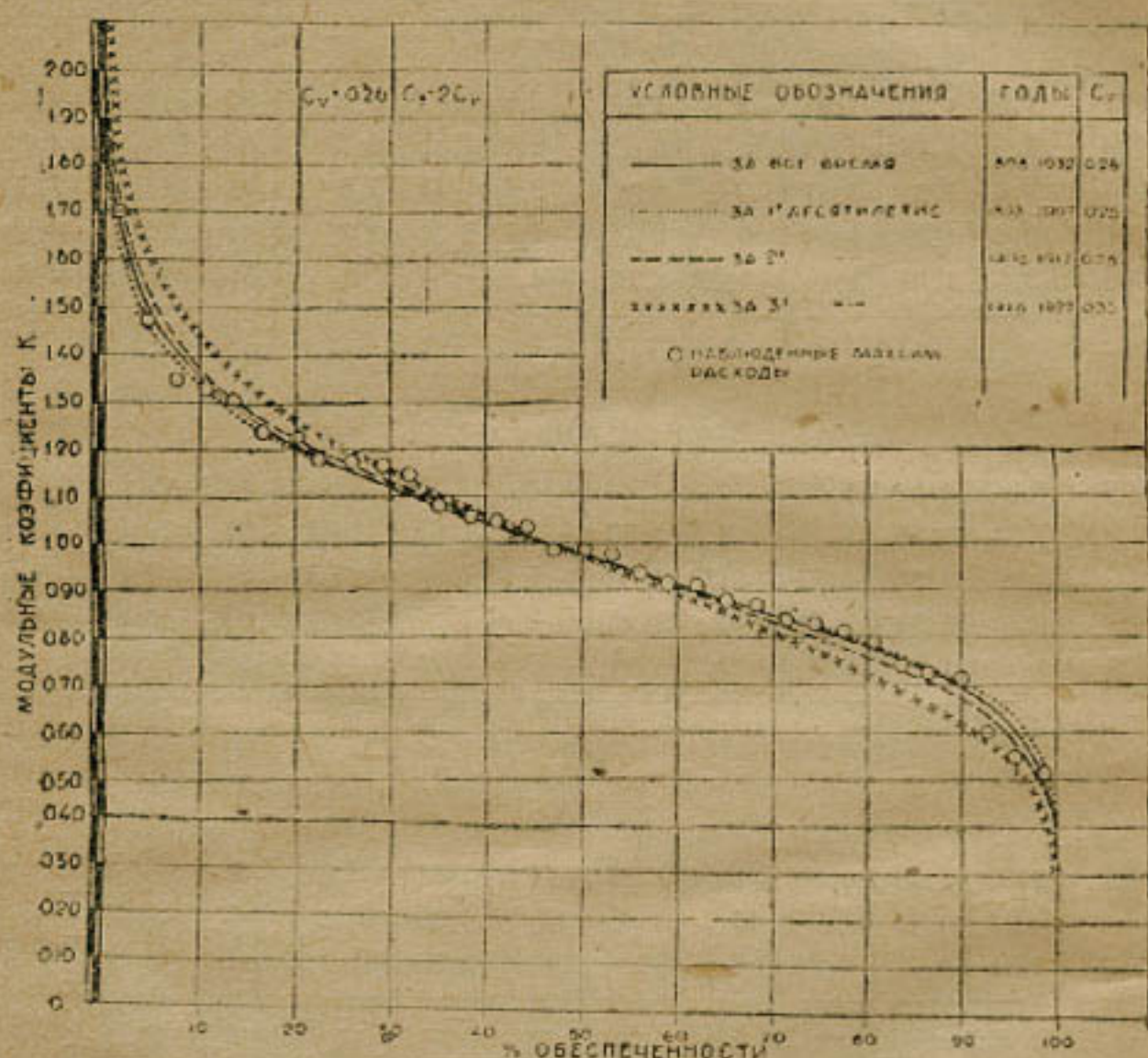


Рис. 1. Кривая распределения (обеспеченности) модульных коэффициентов максимальных расходов реки Нарын за 1898—1932 гг. $C_v = 0,26$; $C_x = 2C_v$

Средние отклонения фактических модульных коэффициентов от теоретических

Таблица 4

Р е к и	% отклонений	
	Сред. за все время	Средний за десятилет.
Сыр-дарья	+ 2,2	+ 4,2
Кара-дарья	13,0	14,7
Нарын	+ 3,4	+ 4,7
Чирчик	+ 3,5	+ 7,3
Чу	+ 10,3	+ 11,2
Зеравшан	+ 2,8	+ 2,5

Из этой таблицы видим, что в среднем процент отклонений составляет $\pm 5-10\%$. Только р. Кара-дарья представляет некоторое исключение, для нее процент отклонения достигает 15, что надо отнести скорее к тому обстоятельству, что гидрометрические данные не совсем правильны за некоторые годы.

Весьма детальному изучению паводков посвящена книга американского инженера А. Hazen¹, где изучены 109 рек Северной Америки, подсчитаны коэффициенты вариации и асимметрии и построены кривые распределения. Hazen показывает, что закон изменения паводков весьма хорошо изображается кривой распределения и наблюдаемые паводки хорошо совпадают с теоретически вычисленными.

В таблице 5 приведены некоторые данные из этой книги для рек с большим числом лет наблюдений. Из этой таблицы видно, что коэффициенты вариации для максимальных расходов колеблются в пределах 0,26-0,54, а коэффициенты асимметрии в среднем равны 2-3 коэффициентам вариации, т. е. $C_s = 2-3 C_v$. В результате изучения 109 рек Hazen нашел полную приемлемость теории вероятности — кривых распределения (обеспеченности) для правильного определения максимального расхода. Советские авторы Крицкий, Менкель и Соколовский тоже указывают на полную возможность определения паводков построением кривой распределения.

Коэффициенты вариации и асимметрии для макс. однодневных расходов американских рек

(Взата из книги А. Hazen „Flood Flows“, 1930 г.)

Таблица 5

№№	Р е к а	Число лет наблюд.	Коэффициенты	
			Вариации C_v	Асимметрии C_s
1	Connecticut	81	0,31	0,5
2	Merrimack	82	0,35	0,9
3	Hudson	34	0,37	3,0
4	Androscogga	30	0,39	2,2
5	Black	30	0,26	1,2
6	Passaic	30	0,54	3,4
7	Pemigewasset	39	0,30	1,3
8	Perkiomen	29	0,27	0,6
9	Tennessee	49	0,27	0,0
10	Savanna	39	0,47	2,2
11	Mississippi	33	0,50	0,3
12	Chippewa	37	0,39	0,8
13	Columbia	64	0,25	0,3
14	Willamette	33	0,39	0,7
Средний по 109 рекам		—	0,52	1,28

На основе изучения максимальных однодневных расходов рек Средней Азии, а также изучения другими авторами рек Европейской части СССР и Северной Америки, можно сделать следующие выводы:

¹ А. Hazen. „Flood Flows“, 1930 г.

1. Наиболее лучшим методом для определения расчетных расходов реки является пользование кривыми распределения (обеспеченности) Фостера.

2. Модульные коэффициенты, определенные по кривой распределения, отличаются от фактически наблюдаемых не более чем на $\pm 5-10\%$, при чем десятилетних наблюдений достаточно для получения правильных данных.

3. При числе лет гидрометрических наблюдений от 8 до 20 надо при вычислении расчетных расходов вводить поправочный коэффициент β_1 , учитывающий число лет наблюдений.

4. При всех расчетах коэффициент асимметрии надо принимать равным удвоенному коэффициенту вариации, т. е. $C_s = 2 C_v$, так как правильный коэффициент C_s получается лишь при числе лет наблюдений более 50-70. Вообще же коэффициент асимметрии мало влияет на результаты расчета.

§ 3. Методика определения максимального расчетного расхода

Имея кривую распределения и знаясь процентом обеспеченности максимального расхода, можно по кривой определить этот расход. Но кривую строить не обязательно, можно сделать вычисление, лишь пользуясь таблицей модульных коэффициентов Фостера (таблица 6). Ниже методика такого расчета приводится, а также автором выводится простая формула, дающая определение максимального расхода без всяких таблиц.

Порядок определения максимального расчетного расхода реки, основанный на общей методике пользования кривыми распределения и выводами автора из изучения расходов рек Средней Азии, следующий:

1. Вычисляется коэффициент вариации C_v .

2. Определяется по таблице максимальный модульный коэффициент K , соответствующий вычисленному C_v .

3. Определяется максимальный расчетный расход. Коэффициент вариации C_v , характеризующий среднее квадратичное отклонение расходов от единицы, определяется по формуле

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}}$$

где K — модульный коэффициент: $K = \frac{\text{максим. расход данного года}}{\text{средн. максим. расход из всех лет}}$
 n — число лет гидрометрических наблюдений.

Коэффициент асимметрии C_s , характеризующий несимметричность кривой распределения, определяется по формуле:

$$C_s = \frac{\sum (K-1)^3}{(n-1) C_v^3}$$

Коэффициент асимметрии получается верным лишь при наличии гидрометрических наблюдений за 50-70 лет; поэтому, если наблюдения имеются за меньшее число лет, то можно, как советует Фостер, принимать $C_s = 2 C_v$. Даже значительное изменение C_s мало влияет на результат, что показано работами вышеуказанных авторов.

Максимальный модульный коэффициент K определяется по таблице модульных коэффициентов (таблица 6) или же по составленному по этой таблице графику (рис. 2); для определения модульного ко-

эфицнента по таблице или графнку необходимо задаться процентом обеспеченности, т. е. повторяемостью максимального расхода в

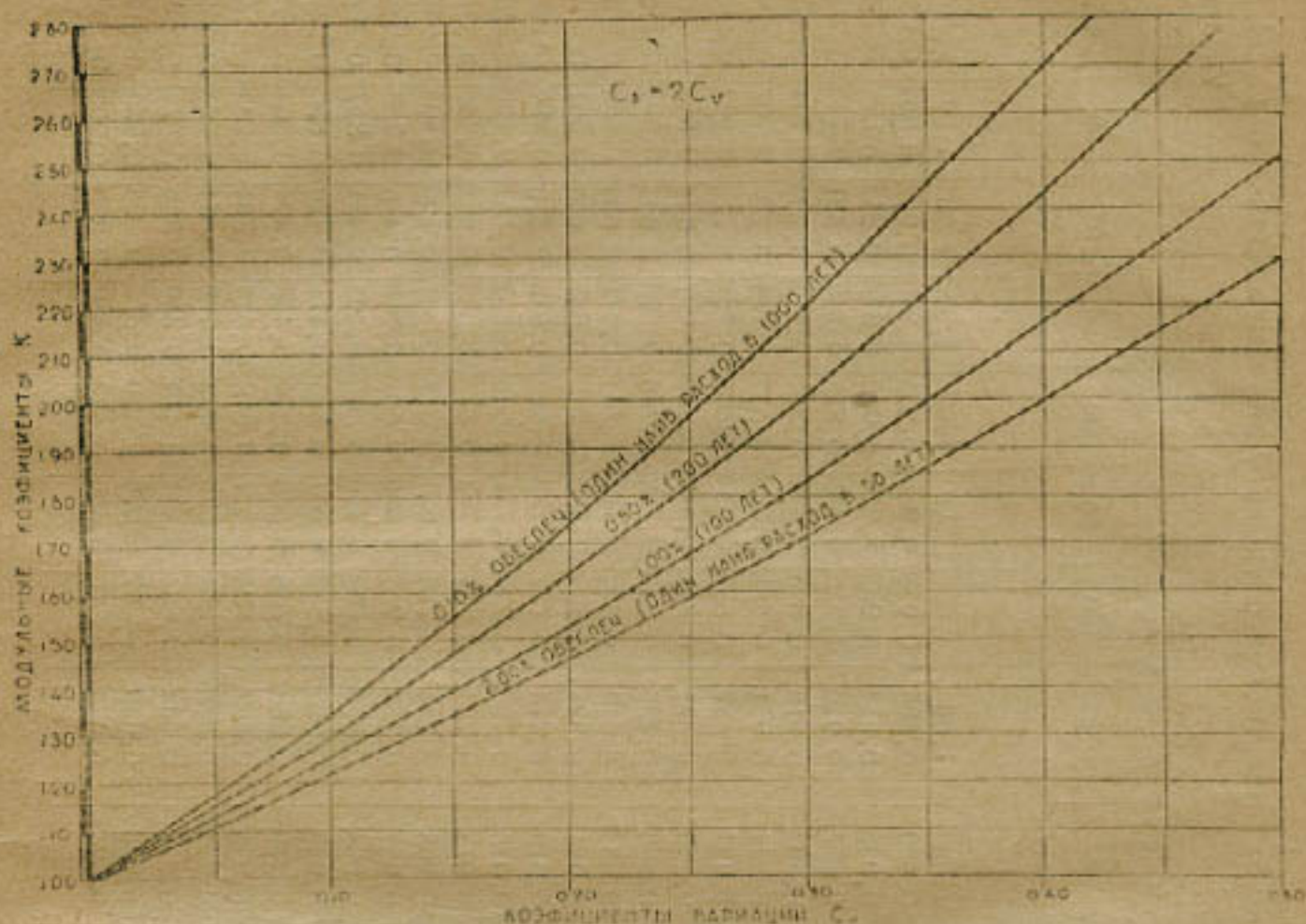


Рис. 2. График зависимости между модульными коэффициентами и коэффициентами вариации для малых процентов обеспеченности

определенное число лет. Процент обеспеченности определяется по формуле

$$p = \frac{100}{m}$$

где m — число лет, в которое повторяется максимальный расход.

Вычисляя по этой формуле, имеем:

0,10% обеспеченности соответствует самому макс. расходу в 1000 лет.

0,50%	"	"	"	"	200	"
1,00%	"	"	"	"	100	"
2,00%	"	"	"	"	50	"

Как таблица, так и график составлены при условии $C_s = 2 C_v$. Максимальный расчетный расход определяется по формуле

$$Q_{\max} = S \beta_1 K Q_{\text{сред}}$$

где S — коэффициент запаса, берется в зависимости от степени ответственности сооружения и его размеров. По нормам каждое сооружение должно иметь определенный запас в расчетных величинах. Величину коэффициента запаса мы полагаем брать следующим образом:

Определение модульных коэффициентов K при данных процентах обеспеченности и коэффициенте вариации C_v ; $C_s = 2 C_v$

Таблица 6

C_v	C_s	% о б е с п е ч е н н о с т и															C_v
		0,1	1	3	5	10	25	50	75	80	85	90	95	97	99	99,9	
0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
0,05	0,10	1,161	1,120	1,094	1,083	1,065	1,034	0,999	0,965	0,958	0,949	0,938	0,920	0,907	0,887	0,852	0,05
0,08	0,16	1,267	1,197	1,153	1,134	1,104	1,054	0,998	0,944	0,932	0,916	0,900	0,873	0,853	0,824	0,772	0,08
0,10	0,20	1,338	1,248	1,193	1,169	1,130	1,067	0,997	0,930	0,915	0,895	0,875	0,842	0,821	0,782	0,719	0,10
0,12	0,24	1,417	1,303	1,234	1,205	1,157	1,079	0,996	0,915	0,898	0,874	0,851	0,813	0,789	0,744	0,673	0,12
0,14	0,28	1,497	1,358	1,276	1,241	1,183	1,092	0,944	0,901	0,881	0,854	0,827	0,784	0,757	0,707	0,628	0,14
0,16	0,32	1,576	1,414	1,317	1,276	1,210	1,104	0,992	0,887	0,864	0,834	0,803	0,755	0,726	0,669	0,583	0,16
0,18	0,36	1,655	1,469	1,357	1,312	1,137	1,117	0,990	0,872	0,847	0,813	0,780	0,727	0,694	0,631	0,537	0,18
0,20	0,40	1,735	1,524	1,400	1,348	1,264	1,130	0,988	0,858	0,830	0,793	0,756	0,698	0,662	0,594	0,492	0,20
0,22	0,44	1,826	1,586	1,444	1,386	1,291	1,141	0,984	0,843	0,812	0,775	0,734	0,671	0,634	0,562	0,457	0,22
0,24	0,48	1,916	1,648	1,487	1,423	1,318	1,152	0,981	0,828	0,795	0,757	0,712	0,645	0,606	0,531	0,422	0,24
0,26	0,52	2,007	1,709	1,531	1,461	1,345	1,163	0,979	0,814	0,777	0,739	0,689	0,618	0,579	0,499	0,386	0,26
0,28	0,56	2,097	1,770	1,574	1,499	1,372	1,175	0,976	0,799	0,759	0,721	0,665	0,592	0,551	0,468	0,351	0,28
0,30	0,60	2,188	1,831	1,618	1,537	1,399	1,186	0,973	0,784	0,742	0,703	0,643	0,565	0,523	0,436	0,316	0,30
0,32	0,64	2,290	1,897	1,664	1,576	1,426	1,197	0,968	0,768	0,724	0,681	0,622	0,541	0,499	0,409	0,290	0,32
0,34	0,68	2,393	1,963	1,710	1,615	1,454	1,207	0,963	0,754	0,707	0,660	0,601	0,518	0,475	0,383	0,264	0,34
0,36	0,72	2,495	2,028	1,757	1,654	1,481	1,218	0,958	0,738	0,690	0,639	0,580	0,495	0,451	0,357	0,238	0,36
0,38	0,76	2,598	2,094	1,803	1,693	1,509	1,229	0,953	0,723	0,673	0,617	0,560	0,471	0,428	0,380	0,213	0,38
0,40	0,80	2,700	2,160	1,849	1,732	1,536	1,240	0,948	0,708	0,656	0,596	0,539	0,448	0,404	0,304	0,187	0,40
0,42	0,84	2,814	2,231	1,898	1,773	1,563	1,249	0,942	0,692	0,638	0,577	0,519	0,428	0,384	0,284	0,169	0,42
0,44	0,88	2,928	2,302	1,947	1,813	1,590	1,258	0,937	0,678	0,621	0,559	0,499	0,409	0,364	0,264	0,152	0,44
0,46	0,92	3,032	2,373	1,996	1,854	1,617	1,267	0,931	0,664	0,604	0,541	0,479	0,389	0,346	0,244	0,135	0,46
0,48	0,96	3,146	2,444	2,045	1,894	1,644	1,276	0,925	0,649	0,587	0,523	0,460	0,370	0,325	0,225	0,117	0,48
0,50	1,00	3,270	2,515	2,095	1,935	1,670	1,285	0,920	0,635	0,570	0,505	0,440	0,350	0,305	0,205	0,100	0,50

$S = 1,10$ для сооружений небольших и мало ответственных;
 $S = 1,30$ для сооружений больших и расположенных в населенных местностях;
 $S = 1,50$ для сооружений исключительно ответственных и грандиозных;
 β_1 — поправочный коэффициент, зависящий от числа лет гидрометрических наблюдений. По данным исследования максимальных расходов рек Средней Азии, представленным в таблицах 3 и 4, коэффициенту β_1 можно дать следующие значения:

Для 5 лет наблюдений	$\beta_1 = 1,10$
" 10 " "	$\beta_1 = 1,05$
" 15 " "	$\beta_1 = 1,03$
" 20 и более "	$\beta_1 = 1,00$

K — модульный коэффициент, определяемый по таблице 6 или графику;

$Q_{\text{средн}}$ — средний расход из наблюдаемых максимальных расходов за все годы (за каждый год берется один самый максимальный расход).

Построенный график (рис. 2) при его рассмотрении позволяет определение максимального расхода облечь в простейшую формулу. Изменение модульных коэффициентов в зависимости от коэффициентов вариации следует закону прямой линии (имеется лишь весьма небольшой изгиб); поэтому эту зависимость можно выразить в виде уравнения прямой линии

$$y = \alpha x + b$$

где α — t_g угла наклона линий;

b — расстояние от начала координат; в нашем случае оно равно 1,00.

Вычислим тангенсы для различных процентов обеспеченности, для чего составим следующую таблицу.

Таблица 7

Коэффициенты вариации	t_g наклона прямых (коэф-ты α)			
	0,10%	0,50%	1,00%	2,00%
$C_v = 0,30$	3,90	3,33	2,77	2,30
$C_v = 0,20$	3,80	3,15	2,60	2,30

Подставляя наши обозначения в уравнение прямой линии, получим следующую формулу для определения максимального расчетного расхода:

$$Q_{\text{max}} = S \beta_1 (\alpha C_v + 1,00) Q_{\text{средн}} = S \beta_1 \left[\alpha \sqrt{\frac{\sum (K - 1)^2}{n - 1}} + 1,00 \right] Q_{\text{средн}}$$

где α — коэффициент, зависящий от процента обеспеченности (от числа лет повторяемости максимального расхода).

Из таблицы 7 имеем следующие средние значения α :

При расчете на 50 лет	$\alpha = 2,30$
" " " 100 "	$\alpha = 2,70$
" " " 200 "	$\alpha = 3,30$
" " " 1000 "	$\alpha = 3,90$

При расчете числа лет, в которое повторяется максимальный расход, надо принимать не менее 100, так как, если взять меньшее

число лет, то может в эти годы наступить наводок, который бывает раз в 100 лет. При принятии же для расчета 100 лет (1,00% обеспеченности) самый возможный максимальный расход будет отличаться от принятого примерно на 10—20%.

Инж. Крицкий и Менкель¹ дают следующую примерную классификацию сооружений с точки зрения расчетной обеспеченности максимального расхода:

Класс I. Особо ответственные сооружения, для которых появление расхода, превышающего расчетный, связано с последствиями катастрофического характера. Сюда, например, относятся водосбросы при земляных водохранилищных плотинах, обслуживающих крупные народохозяйственные предприятия, или таких, расположение которых грозит в случае прорыва плотины последствиями катастрофического порядка для расположенных ниже по реке населенных пунктов и предприятий.

Класс II. Сооружения, для которых превышение расчетного расхода связано с более или менее серьезными авариями, не носящими однако характера катастрофы. К таким сооружениям могут быть отнесены в частности водоподъемные плотины, не допускающие затопления устоев.

Класс III. Сооружения, для которых превышение расхода над расчетным не влечет за собой особо серьезных повреждений. К этой категории можно отнести, например, водоподъемные плотины с затопленными высокими устоями и с пропуском части высоких вод по пойме.

Класс IV. Неответственные сооружения, как, например, временные перемычки при возведении небольших плотин и т. п.

Для расчета рекомендуется следующая таблица расчетной обеспеченности максимальных расходов.

Таблица 8

Класс сооружений	Обеспеченность для нормального расчета в %%	Обеспеченность для поверочного расчета в %%
I	1—2	0,01—0,1
II	1—2	—
III	2—5	—
IV	5—10	—

Для определения максимального расчетного расхода за любое время необходимо иметь гидрометрические наблюдения за 8—12 лет, по которым можно уже определить достоверный коэффициент вариации C_v , а далее по графику или по формуле определить $Q_{\max}$.

Для доказательства применимости вышеприведенной формулы и правильности даваемых ею результатов нами сделаны следующие проверки ее.

Были взяты 2 американские реки, имеющие многолетние наблюдения².

Берем любые десятилетние наблюдения по этим рекам и определяем максимальные расходы за все время наблюдений.

Вычислим коэффициенты вариации по этим рекам; они имеют следующие значения:

¹ С. Н. Крицкий и М. Ф. Менкель. „Расчеты речного стока“, 1934 г.

² Данные по рекам взяты из книги А. Hazen „Flood Flows“, 1930 г.

Таблица 9

Река	Коэффициенты вариации C_v			
	За все время	За десятилетия		
		1-е	2-е	3-е
Merrimack	0,35	0,32	0,29	0,27
Connecticut	0,31	0,26	0,22	0,25

Примечание. Обе реки имеют наблюдений за 86 лет, для примера взяты только три десятилетия.

По коэффициентам вариации, определенным только по десятилетним наблюдениям, вычислим максимальные расчетные расходы.

Таблица 10

Река	Максимальные расчетные расходы						Фактич. максим. расход в кв.фут. в сек.
	1-е десятилетие		2-е десятилетие		3-е десятилетие		
	По гра- фику	По фор- мулам	По гра- фику	По фор- мулам	По гра- фику	По фор- мулам	
Merrimack	97000	97000	93000	92000	83000	83000	91800
Connecticut	185000	185000	215000	240000	205000	205000	205000

Максимальные однодневные расходы и модульные коэффициенты р. Кара-дарьи у поста Кампыр-рават

Таблица 11

№№	Г о д	Макс. одн. расход	K	Г о д	K-1	(K-1) ²
1	1914	464	1,00	1931	0,29	0,084
2	1915	512	1,10	1928	0,27	0,073
3	1916	198	0,43	1924	0,25	0,062
4	1917	220	0,47	1925	0,25	0,063
5	1918	414	0,89	1929	0,24	0,057
6	1919	—	—	1921	0,22	0,048
7	1920	511	1,10	1930	0,14	0,020
8	1921	558	1,22	1915	0,10	0,010
9	1922	412	0,89	1920	0,10	0,010
10	1923	440	0,96	1914	0,00	0,00
11	1924	581	1,25	1932	-0,01	0,001
12	1925	580	1,25	1923	-0,04	0,002
13	1926	375	0,81	1922	-0,11	0,012
14	1927	328	0,70	1918	-0,11	0,012
15	1928	591	1,27	1926	-0,19	0,036
16	1929	577	1,24	1927	-0,30	0,090
17	1930	531	1,14	1917	-0,3	0,281
18	1931	600	1,29	1916	-0,57	0,325
19	1932	456	0,99			
Средн.		465			Σ 0,00	Σ 1,19

$$K = \frac{\text{набл. расх.}}{\text{средн. расх.}}$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1,19}{17}} = 0,27$$

Примечание. Максимальные расходы вычислялись при $\alpha = 1,10$, $\beta = 1,05$.

Рассматривая таблицу 10, видим, что вычисленные расходы совпадают с наблюдаемыми, давая лишь в отдельных случаях расхождения до $\pm 20\%$.

Пример. Определить максимальный расчетный расход для реки Кара-дарья. Наблюдений имеем за 18 лет. Для расчета составляем таблицу 11, по которой вычисляем коэффициент вариации $C_v = 0,27$. Расход вычисляем для 100 лет (1,00% обеспеченности).

По графику (рис. 2) или по таблице 6 по вычисленному C_v находим модульный коэффициент $K = 1,74$.

Средний расход из всех наблюдаемых максимальных расходов $Q_{\text{ср}} = 465 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Максимальный расчетный расход будет:

$$Q_{\text{max}} = S \beta_1 K Q_{\text{ср}} = 1,30 \times 1,00 \times 1,74 \times 465 = 1050 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Максимальный наблюдаемый расход за 18 лет равен $600 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Определим максимальный расчетный расход также по формуле

$$Q_{\text{max}} = S \beta_1 (\alpha C_v + 1) Q_{\text{ср}} = 1,30 \times 1,00 (2,70 \times 0,27 + 1) 465 = 1050 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Коэффициент запаса взят равным 1,30, как для ответственных и больших сооружений.

Коэффициент β_1 , зависящий от числа лет наблюдений, взят, по вышеприведенным указаниям, равным 1,00.

Коэффициент α , зависящий от процента обеспеченности (числа лет, в которые повторяется максимальный расход), взят равным 2,70 (для 100 лет) по таблице 5.

Вычислим также самый максимальный расход повторяемостью один раз в 1000 лет (0,10% обеспеченности):

$$Q_{\text{max}} = 1,30 \times 1,00 (3,90 \times 0,27 + 1) 465 = 1240 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Самый максимальный расход повторяемостью раз в 1000 лет отличается от расчетного с повторяемостью в 100 лет примерно на 20%, поэтому обеспеченность 1%—0,50% вполне приемлема для расчета.

Определим также максимальные расчетные расходы для других рек Средней Азии и результаты расчета сведем в таблицу.

Максимальные расчетные расходы рек Средней Азии (при коэффициенте запаса $S = 1,30$ и обеспеченности 1%)

Таблица 12

Река	Коэфф. вариации C_v	Средний максим. расход $Q_{\text{ср}}$	Расчетный максим. расход Q_{max} $\text{м}^3/\text{сек.}$
1. Сыр-дарья у п. Запорожского	0,29	1897	4450
2. Кара-дарья у Кампыр-ратата	0,27	465	1050
3. Нарын у п. Уч-куртана	0,26	1753	3900
4. Чирчик у п. Чимбай-лыка	0,25	836	1830
5. Чу у п. Константиновки	0,25	84	180
6. Зеравшан у п. Душули-ского	0,11	634	1050

§ 4. Заключение

1. Рассмотрение данных исследования максимальных однодневных расходов рек Средней Азии и данные других авторов показывают, что наилучшим методом определения максимального расчетного расхода реки является метод, основанный на теории вероятности — учения о кривых распределения (обеспеченности), так как он дает возможность получить обоснованный максимальный расчетный расход реки.

2. Для определения максимального расчетного расхода достаточно иметь 8—12-летние гидрометрические наблюдения по максимальным однодневным расходам реки. При большем числе лет наблюдений необходимо также прибегать к этому методу.

3. Для определения максимального расчетного расхода необходимо вычислить коэффициент вариации C_v , по которому по таблице Фостера (табл. 6) определяется модульный коэффициент K и далее расчетный расход по формуле:

$$Q_{\max} = s \beta_1 K Q_{\text{ср.}}$$

4. Коэффициент асимметрии при расчете принимается равным удвоенному коэффициенту вариации.

5. При вычислении расхода необходимо вводить два коэффициента: s и β_1 . Коэффициент запаса s берется от 1,10 до 1,50 в зависимости от ответственности и размеров сооружения; коэффициент β_1 берется от 1,10 до 1,00 в зависимости от числа лет гидрометрических наблюдений, так как при малом числе лет вероятная ошибка в вычислении расхода возрастает и, чтобы ее компенсировать, надо вводить коэффициент β_1 , дающий некоторый запас.

6. При вычислении максимального расчетного расхода процент обеспеченности берется от 1% до 0,5%, т. е. вычисляется столетний или двухсотлетний расход.

7. Из рассмотрения зависимости между модульными коэффициентами и коэффициентами вариации автором выведена простая формула для определения максимального расчетного расхода, дающая такие же точные результаты, как и при пользовании таблицей Фостера; формула эта имеет следующий вид:

$$Q_{\max} = s \beta_1 (2 C_v + 1) Q_{\text{ср.}}$$

Водозаборные сооружения в Средней Азии и их дефекты

Вступление

Переустройство ряда ирригационных систем, намечаемое в настоящее время, сопровождается объединением каналов в большие магистрали, головные сооружения которых должны забирать значительную долю воды из источника орошения, а в некоторые моменты — почти всю воду его. Подобный водозабор возможен к осуществлению перегораживанием потока устройством плотин. Разрабатываемые в настоящее время проекты переустройства Сохской, Кумкурганской, Ходжабакирганской систем, систем Бухарского оазиса и др. предусматривают возведение плотин. Переходя к широкому строительству новых плотин, необходимо бросить взгляд назад, ознакомиться с работой ранее выстроенных плотин, рассмотреть их недостатки, установить причины, вызвавшие плохую работу, а иногда катастрофы этих сооружений. Ознакомление с дефективными сооружениями показывает, что в большинстве случаев недостатки в работе сооружений, или их катастрофы, были вызваны не недостатками строительства, а в основном явились в результате проектировки. Проекты водозаборных устройств, сопровождаясь подробными гидравлическими, гидротехническими и статистическими расчетами, касаясь вопросов гидрогеологии и гидрометрии, не учитывали в проработке проекта многих других сторон гидрологического режима реки в ее естественном, до постановки сооружения, виде, а равно и не производили анализа тех изменений в режиме ее, которые должны будут произойти вследствие постановки сооружения.

Неучет указанных факторов гидрологического режима в месте постановки водозаборных сооружений приводит во многих случаях к катастрофам (Аравинсайский вододельитель, катастрофа на Янгидаргомском канале), или к таким эксплуатационным затруднениям, которые заставляют, отказавшись от использования построенного сооружения, возвращаться к прежнему, местному водозабору (плотина на р. Кугарт-сай), или вызывают значительные расходы по эксплуатации водозаборных сооружений и каналов, ими обслуживаемых (Зеленский регулятор, КадырьяГЭС и др.).

Катастрофы и эксплуатационные затруднения вызывали и вызывают до настоящего времени повышенный интерес к этим сооружениям и желание установить те промахи, которые были допущены в проекте, с тем, чтобы избежать их в будущем.

Обследования сооружений, производившиеся чаще всего после катастроф в спешном порядке, в обстановке происшедшей катастрофы,

ие способствовали во многих случаях выяснению истинных причин ее, обусловленных дефектами сооружений.

Эти дефекты сооружений зависели во многих случаях не от злого умысла или неправильного применения существовавших на данном этапе техники проектирования сооружений приемов расчета, а от того, что необходимость постановки некоторых вопросов о будущей работе сооружения в данных условиях не была осознана технической мыслью того времени и, вместо тщательного изучения условий работы сооружения, придавалось особо большое значение формальным расчетам в отношении отдельных факторов, например, гидрологического режима реки.

Объективный анализ причин, приведших к катастрофе, с выяснением условий, при которых она происходила, выявляя ошибки, сделанные при проектировании и выполнении сооружений, выявляя недостатки эксплуатации сооружений, а часто и отсутствие простого надзора за ними, может дать богатый и поучительный материал для дальнейших работ.

Проводя параллель между медициной и инженерным искусством, можно сказать, что подобно тому, как врачи, изучая причины рокового исхода болезни на вскрываемых трупах, совершенствуют свои знания, рассмотрение крушения и повреждений гидротехнических сооружений, составляя как бы патологию сооружений, позволит инженеру выяснить истинные причины, влекущие крушения сооружений.

Для того, чтобы эти причины могли быть учтены в будущем, необходимо выяснение их производить на фоне тех условий, главным образом гидрологических, в которых работает сооружение.

Поэтому, приступая в ряде очерков к выяснению причин разрушения и дефектов в работе тех сравнительно немногих сооружений, которые нам удалось обследовать и материалы о работе которых мы смогли достать, мы считаем, что изложению причин крушений или плохой работы водозаборных сооружений должно предшествовать описание условий, в которых сооружение работало.

В заключение необходимо указать, что значительное развитие данная работа может получить при участии инженерных работников, ведущих эксплуатацию сооружений, их повседневное наблюдение за работой сооружений может дать большой и ценный материал, интересный для широкого круга читателей.

Араван-сайский вододелитель

(Очерк первый¹)

Краткие гидрологические сведения о р. Араван-сай

Р. Араван-сай, левый приток р. Сыр-дарьи, берет начало в значительных ледниках северных склонов Алайского хребта. Образовавшись на 0,5 км выше Иски-наукатского гидрометрического поста, слиянием рек Ишки-джая и Косчан-сай, река далее подходит к линии высоких гор Тюя-муюн и прорезает их узким, почти с вертикальными стенками и каменистым ложем, Наукатским ущельем длиной около 1,0 км. Несколько ниже гидропоста, на левом берегу, расположена значительная селухана с водосборным бассейном до

¹ Настоящий очерк составлен на основе проработки автором материалов, собранного в складах технических документов Санири, Сазгипровода и Кирводхоза, а также знакомства автора с сооружением в натуре. Большинство фотографий взяты из материалов С а н и р и.

6,0 кв. км, состоящая из двух отдельных рукавов. Ширина русла ее после слияния рукавов до 20 м. В русле имеется масса наносов, состоящих из крупной гальки размером до 30 см. Средний уклон сельханы на протяжении 300 м от устья 0,043 (рис. 1). Один из ее рукавов, проходя в скалистых грунтах, имеет наносы из крупного булыжного камня.

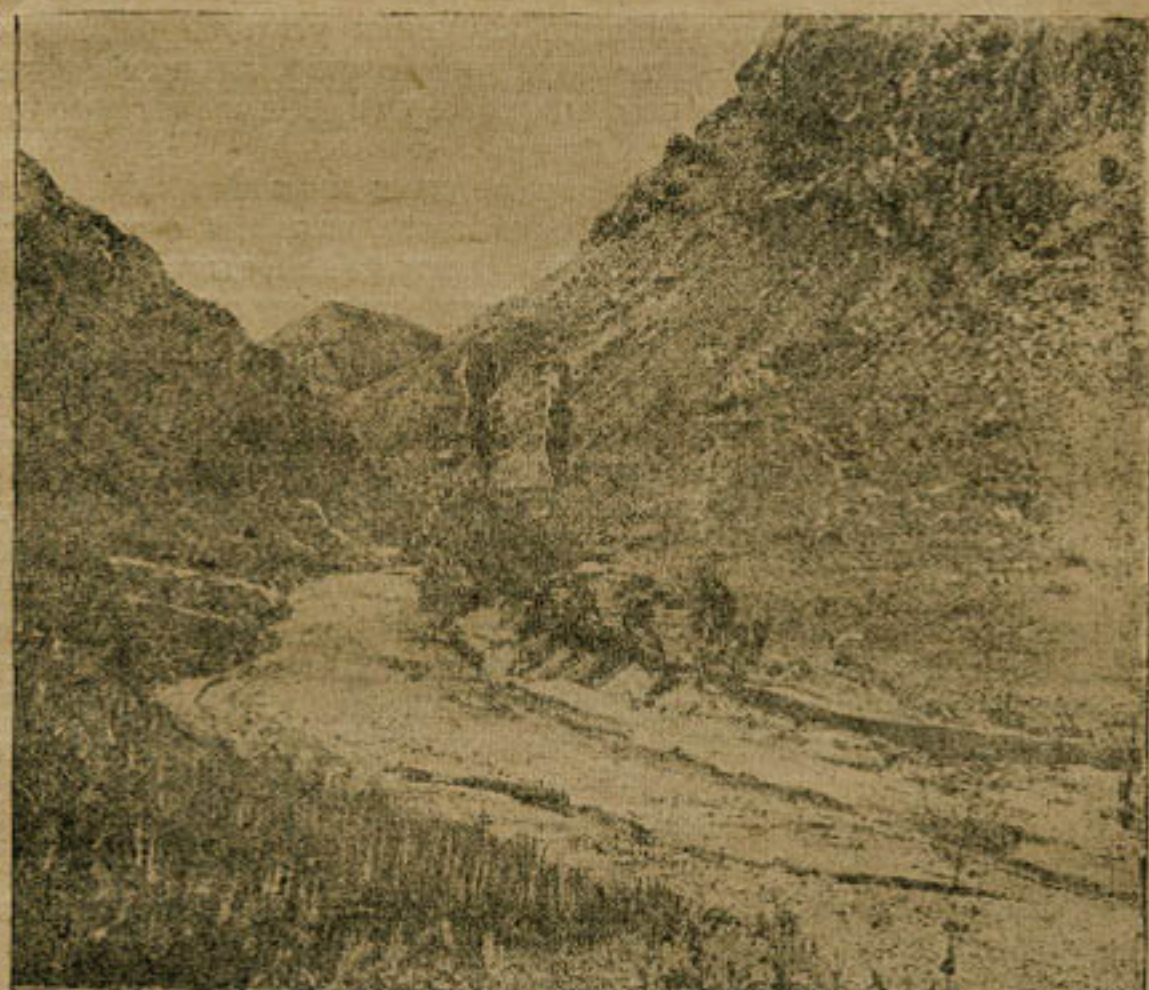


Рис. 1. Сельхана выше Наухатского ущелья в средней ее части

При выходе из ущелья через узкую, до 4 м ширины щель (рис. 2), расположена голова первого арыка Ярке-кашка.

Река далес до 7 км (считая от Иски-наукацкого гидропоста) проходит сначала в узкой, потом расширяющейся долине среди гор, в узком каменистом ложе, имеющем местами нагромождение каменных массивов, подпруживающих воду с образованием перепадов (рис. 3).

На этом протяжении река, помимо осыпей берегов (рис. 4) и мелких сельхан, имеет несколько значительных сельхан. Первая из них, расположенная по правому берегу при выходе реки из ущелья, представляет собою узкую ложину, круто ($i=0,09$) спускающуюся с гор; она имеет незначительное протяжение и водосбор. Наносы состоят из гальки. Вторая сельхана расположена выше кишлака Ярке-кашка, с левой стороны, имеет небольшое извилистое протяжение и пологие откосы, покрытые растительностью. Дно ее состоит из мелкого гравия и песка, средний уклон на протяжении 400 м от устья—0,05. Водосборная площадь около 1,5 кв. км. Ниже кишлака Эске-кашка на левом берегу расположена самая большая сельхана с водосборной площадью до 10 кв. км. Сельхана к р. Араван сай спускается большой выемкой, глубиной в 8 м с широким (до 12 м) ложем и отвесными берегами гравелистого строения. Средний ук-

лон у устья 0,04. Дно состоит из смеси гальки и булыжника диаметром до 40 см. Вверх глубина сельханы уменьшается, при чем дно состоит из более мелкого гравия, что указывает на то, что более крупные булыжники имеют местное происхождение, являясь результатом смыва верхних слоев грунта. Сельхана имеет значительное протяжение, большей частью своей длины проходит по сравни-

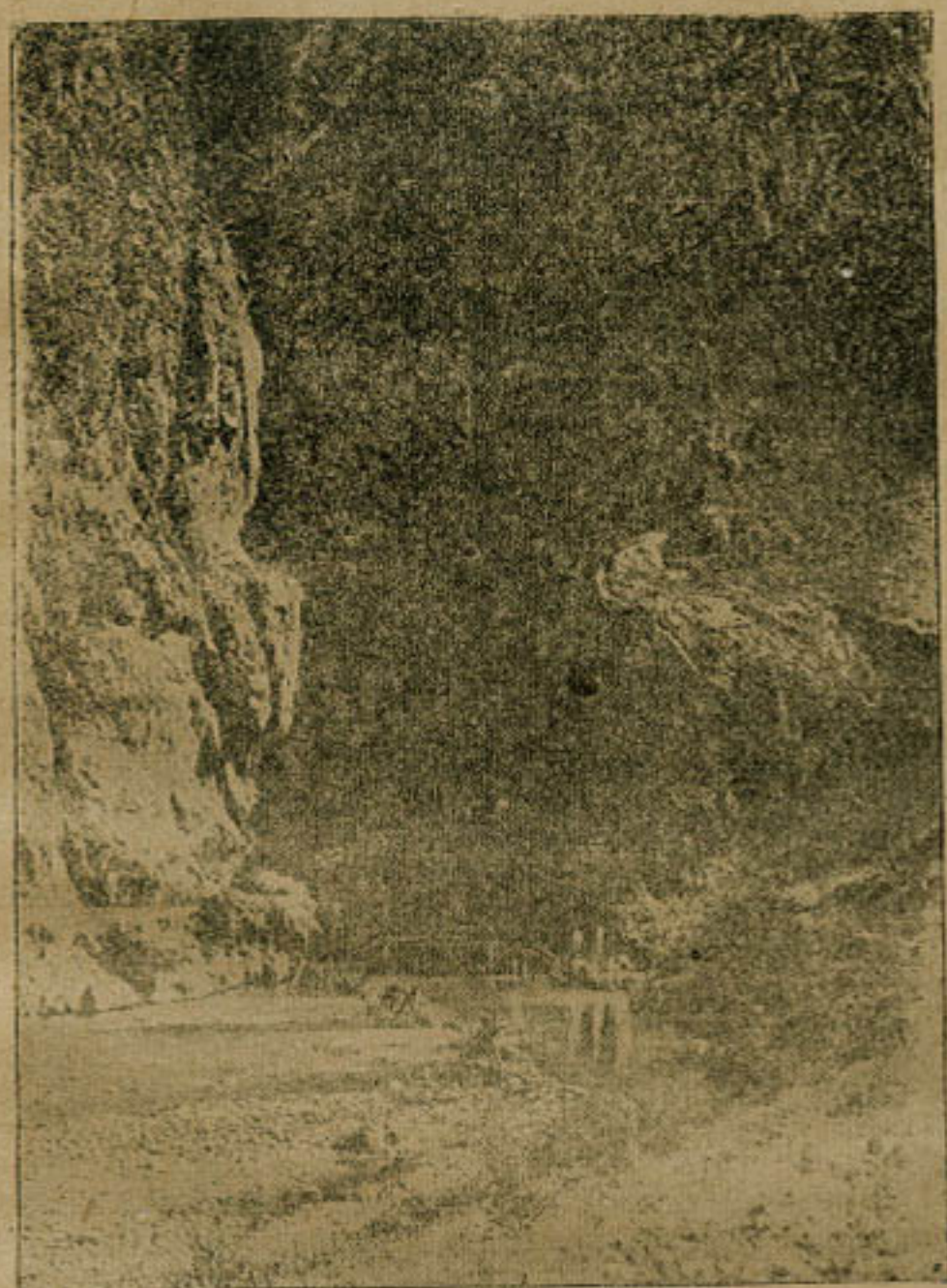


Рис. 2. Выход реки Араван-сай из Наукатского ущелья

тельно спокойному рельефу местности, а в верховьях теряется в узких ущельях горных массивов (рис. 5). Ниже этой сельханы пойма Араван-сай уширяется до 60 км и река то разделяется на рукава, то протекает одним руслом. На 9,5 км главное русло реки прижимается к левому берегу, имея справа пойму и высокий с вертикальными откосами лессовый берег. На 10,2 км река суживается и имеет в этом месте мост (третий от Иски-наукатского поста). Ниже моста справа впадает сельхана, дно ее состоит из гравия (диаметром 3-5 см), откосы высокие—до 5 м, крутые, состоящие из гравелисто-глинистых отложений, перекрытых мощными отложениями лесса. Средняя ширина по дну сельханы около 7,0 м, средний уклон на протяжении 400 м от устья 0,02. Площадь водосбора ее около 4 кв. км.

Пройдя мост, река идет в ровном каменистом русле, шириною до 15 м (рис. 6) и так доходит до Араванского вододелителя, причем перед ним долина резко сужается выступающим отрогом горы. Ниже вододелителя река проходит опять в расширенной долине, в широкой галечниковой пойме, отдельными рукавами, периодически сливающимися в одно русло. После последнего зрыка, на 29 км, ре-

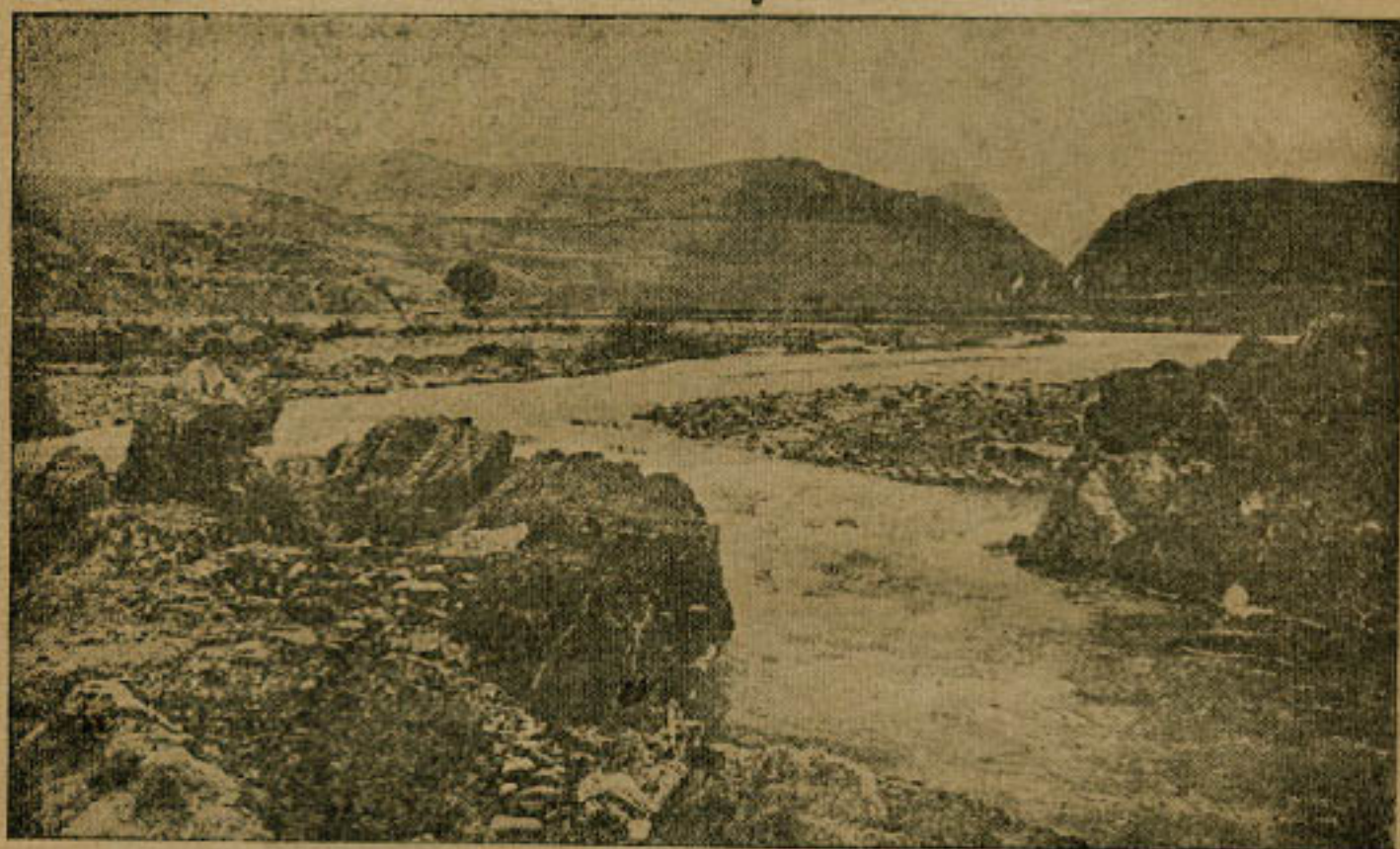


Рис. 3. Вид реки Араван-сай (по выходе) ниже Наукатского ущелья

ка идет сухим руслом в направлении к каналу Шарихан-сай, до которого доходят случайные силевые воды. Необходимо указать, что и выше гидростата также имеются сельханы.

Длина реки 90 км, площадь бассейна 3,500 км². Река смешанного питания с преобладанием ледникового. Низкие горизонты октябрь—март, с минимальным расходом в конце марта—начале апреля. Резкое повышение расхода наблюдается в мае и затем идет постепенное повышение до июля, когда проходят наибольшие расходы. В августе и сентябре идет снижение расхода. Средние месячные расходы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Месяцы	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Средние расходы		
													вегет.	невегет.	годов.
Расходы															
Максим.	8,10	9,6	10,6	10,6	7,8	6,2	6,1	18,4	37,2	32,8	35,5	14,7	—	—	—
Миним.	3,6	3,1	5,1	5,66	5,29	4,6	4,5	6,0	6,5	14,7	13,6	6,92	—	—	—
Ср. многолетн.	6,32	6,71	6,8	6,57	6,13	5,43	5,35	10,21	17,61	21,43	19,63	9,64	14,7	6,34	10,27

Паводковые пики на р. Араван-сай наблюдаются ежегодно в конце апреля и начале мая, они небольшие и снегового происхождения, а в июне-июле большие, ледникового происхождения.

Максимальный наблюденный расход $121,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Минимальный $2,73$

Средний годовой сток $324,27 \times 10^6 \text{ м}^3.$

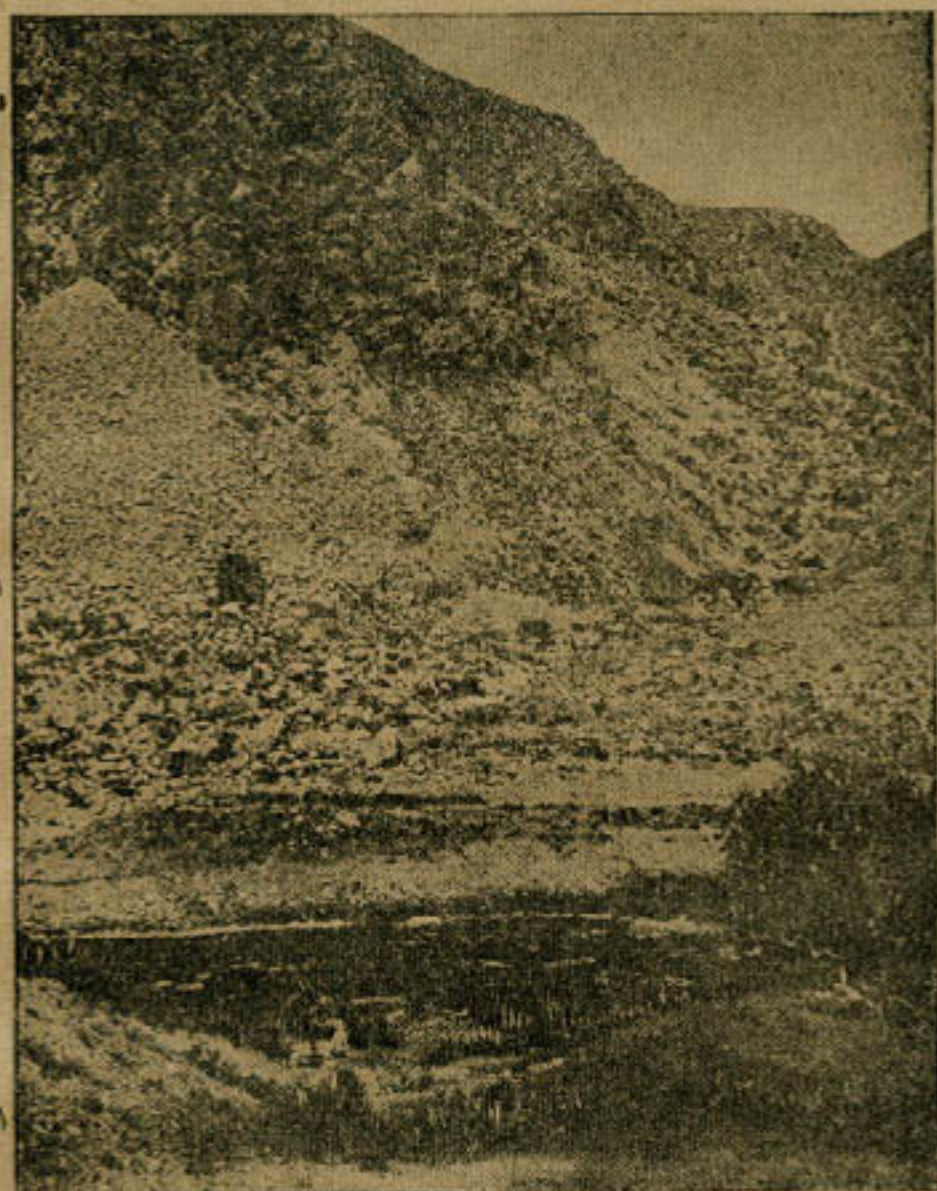


Рис. 4. Река Араван-сай. Осыпи берега и небольшая сельхана

Помимо таких паводков, наблюдаются силевые паводки, вызванные выпадением осадков в бассейне сельхан р. Араван-сай. Один из таких паводков, прошедший 20 мая 1928 г., был причиной разрушения сооружения. Так как основное питание силевые паводки могут получать из бассейнов сельхан, то силевые расходы полностью не учитываются гидрометрическим постом и достоверных сведений о их величине нет. Эти расходы определялись косвенным путем, что дает разноречивые результаты о их величине. Так, расход силевого паводка 20 мая 1928 г. разными лицами и различными способами был исчислен от 200 до $500 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Расход твердого стока наносов не определялся, но река несет значительное количество крупных донных наносов, доходящих диам. до 40 см.

Наличие на склонах реки большого количества активно действующих сельхан, выносящих наносы в реку, служит источником питания донных наносов и указанием на то, что донные наносы должны



Рис. 5. Верховья сельханы ниже кишлака Эске-кашка

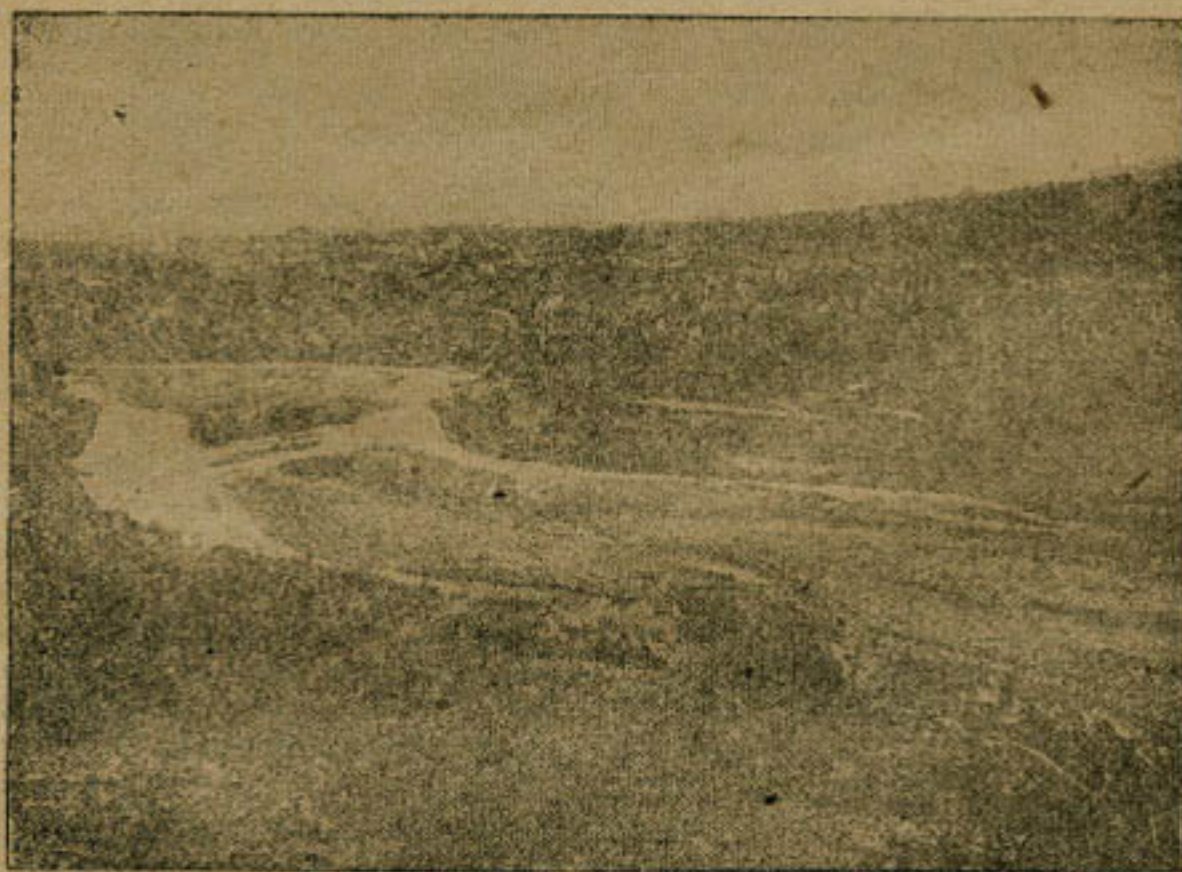


Рис. 6. Река Араван-сай в 4 км выше сооружения

поступать в значительном количестве, в особенности по время прохождения сильных паводков. Передвижение донных наносов по реке в значительном количестве требовало учета этого в конструкции и

расположении сооружения, что, как видно будет из дальнейшего, не было сделано в проекте.

Описание узла сооружений

Для улучшения питания двух основных арыков Аравансайской системы — Мархамат-сай и Кара-Курган, в 1925 г. было приступлено к возведению плотины. Узел сооружений на р. Араван-сай в голове этих арыков состоит (см. схему):



Рис. 7.

1. Из бетонной плотины, имеющей 3 отверстия, шириною в свету 5,0 м каждое, перекрытых сегментными щитами и разделенных бетонными бычками толщиной 1,20 м каждый. По бычкам проложен служебный железобетонный мостик, шириной 1,0 м, на котором помещены подъемные механизмы американского типа. Горизонтальный флютбет плотины состоит из понурной части, длиной 15 м, выполненной из бетона, и кладки из рваного камня, бетонной части флютбета между бычками, длиной 13 м, и укрепленной кладкой из рваного камня сливной части, длиной 14 м.

Отметка порога флютбета 794,30. Плотиной создается подпор с нормальным горизонтом 796,80 м при отметке верха бычков 798,00. При нормальном подпертом горизонте отверстия плотины могут пропускать, согласно проекту, расход 110 м³/сек., а при максимально возможном горизонте (797,70), считая таковой до низа балок служебного мостика, согласно определения инж. Мацмана, плотина пропускает 158,0 м³/сек.

2. Из двух бетонных левобережных регуляторов:

а) регулятора для арыка Мархамат, с отверстием 6,0 м в свету, перекрытым секторным щитом. Отметка порога регулятора 495,30, т. е. регулятор имеет порог высотой $h=1,0$ м. Ось регулятора составляет угол 90° с осью плотины. Расход регулятора $Q=12,0$ м³/сек.;

б) регулятора с отверстием 4,5 м для ар. Кара-курбан с той же высотой порога. Отверстие регулятора перекрыто секторным щитом. Ось регулятора составляет с осью плотины угол 45°. Расход регу-

лятора $Q=8,0$ м³/сек. Оба регулятора имеют верх боковых стенок на отметке 798,0 и снабжены железобетонными служебными мостиками.

Русло реки вблизи сооружения, имеющее ширину до 25 м, с помощью двух направляющих дамб воронкообразно сужается до ширины 17,4 м. Дамбы, сложенные из гальки, имеют полуторный внутренний откос, укрепленный крупнобулыжной мостовой, и двойные наружные откосы, без одежды.

В плане (рис. 7) сооружение расположено не на основном русле, а слева от него, вследствие чего отверстия регуляторов Мархамат-ская и Кара-курган являются расположенными по внутренней кривой. Дно подводящего русла запроектировано на длине 110 м с уклоном 0,027, более значительным, чем средний уклон реки $i=0,016$, только вблизи сооружения устроена небольшая горизонтальная площадка (рис. 8).

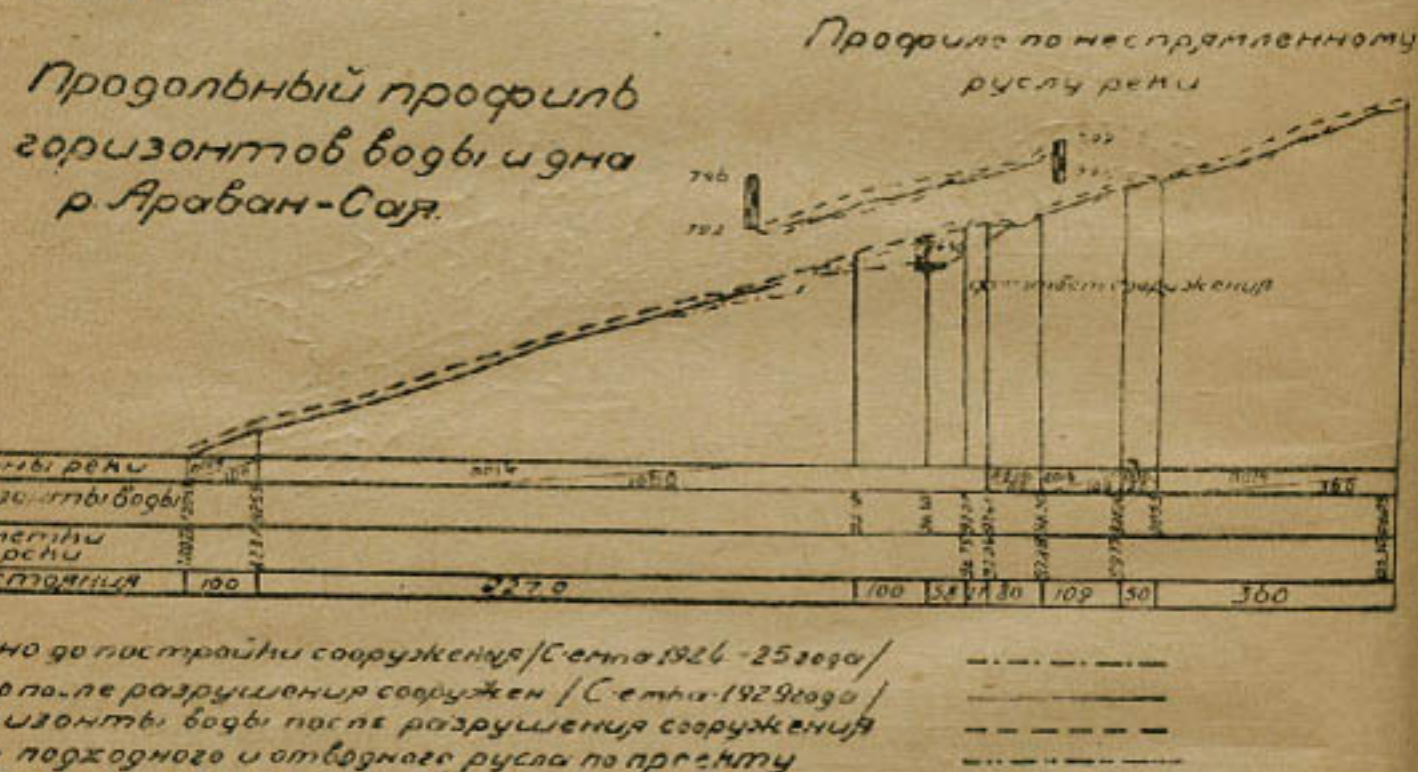


Рис. 8.

Отводное русло сначала идет по оси плотины и далее поворачивает вправо, впадая в основное русло реки, ширина его 17,4 м, откосы одиночные. Уклон отводящего русла из расчета, чтобы средняя скорость в отводном русле не была бы более 3,2 м (1,5 саж. для мостовой из рваного камня по нормам УВХ), определен подбором $i=0,0051$, т. е. значительно менее среднего уклона реки. Отводное русло ар. Мархаман-сай имеет уклон 0,0015 с наполнением $h=1,35$ м и шириной $b=6,0$ м. Отводное русло ар. Кара-курган имеет уклон $i=0,001$ при ширине $b=4,5$ и наполнении $h=1,38$ м. Оба регулятора работают как затопленные.

В проекте за расчетный расход был принят $Q=130 \text{ м}^3/\text{сек.}$, в то время как по Иски-наукатскому посту наибольший расход был определен $120 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Вопрос о возможности силовых паводков с питанием их ниже Наукатского поста не ставился проектом.

Вопрос о прохождении донных наносов через сооружение проектом не прорабатывался, хотя наличие их было известно, т. к. согласно проекта „отметка порога сбросного сооружения принята 794,30, пороги Мархамат-сая и Кара-кургона 795,30, т. е. на один метр выше, чем порог сброса, чем обеспечивается непопадание крупных наносов в Мархамат-сай и Кара-курган“.

Постройка и работа сооружения до катастрофы

К постройке сооружения было приступлено осенью 1925 г. Сооружение, выполненное в основных своих частях (бетонные части закончены, щиты поставлены, но без подъемников), 30 июня 1926 г. подверглось паводку, который, начавшись в 8 часов вечера, прорвав перемычку, устроенную выше сооружения, в течение нескольких минут надвинулся на сооружение, несмотря на то, что в правобережной дамбе было оставлено отверстие шириной 8,0 м.

При прохождении паводка было отмечено забрасывание крупной галькой поперечной части перед регулятором до высоты порога регулятора и образование острова посредине русла.

Повторившимся 30 июля 1926 г. вторичным, опять внезапным, паводком оба откоса русла были размывы, искусственный прорыв правой дамбы увеличился на 10 м, несмотря на то, что расход проходил через сбросные отверстия и отверстие Кара-кургана. В середине подводящего русла образовался остров из наносов, закрывших все подводящее русло, и по спаде паводка вода текла двумя руслами, сходящимися у отверстия плотины. Два отверстия плотины были занесены слоем наносов, толщиной до 1,5 м, с кубатурой до 100 м³, и вода сбрасывалась через один, ближайший к регуляторам пролет. В отводящем русле была разрушена мостовая из рваного камня, на откосах дамб и на дне его были значительные отложения наносов, преимущественно у правого берега. Размер паводка был определен 100—120 м³/сек. Горизонт воды поднимался на 2,20 м над полом флютбета.

Акт, составленный по поводу этой катастрофы, отмечает, „что наличие наносов после паводка, сохранившихся в самом сооружении, дает основание предполагать, что и в дальнейшем случае следует ожидать отложений тяжелых наносов, если не на самом сооружении, то во всяком случае в подводящем русле“.

После этих разрушений работы были прекращены. Проект был переработан в отношении подводящего русла и 14 октября 1926 г. рассмотрен Техническим советом УВХ, который оставил направление подводящего русла прежним, рекомендовав устроить на левом и правом берегах выше направляющих дамб шпоры как на левой, так и правой сторонах реки дамбы; предлагалось укрепить со стороны русла кладкой, дно же подводящего русла укрепить тремя заглубленными в него перемычками из булыжной кладки на цементном растворе, поставив их в расстоянии 10 м одна от другой. Таким образом, постановление Технического совета не внесло существенных изменений в конструкцию плотины.

Работы по постройке сооружения возобновились 1 августа 1927 г. и плотина 24 февраля 1928 г. была сдана в эксплуатацию Ошскому Кантводхозу. При этом актом приемки было отмечено медленное открытие щитов, не гарантирующее своевременного открытия их при наступлении сил, а также то, что закругление подводящего русла создает благоприятные для отложения наносов условия вблизи отверстий регуляторов. К этому же времени выяснилось, что возвышенный порог регуляторов не гарантирует регуляторы от попадания в них в значительном количестве крупных донных наносов, а также выяснились вредные последствия попадания крупных донных наносов на находящиеся ниже гидротехнические сооружения. Так, за оросительный сезон 1927 г. у водodelителя Мархамат-сай—Таджик, перед которым подводящее русло было забетонировано на протяжении 300 м, бетонные плиты оказались пробитыми до грунта. В

лотке же пододелители бетон был протерт до арматуры, а в одном месте в дне образовалось отверстие.

Обследование работы подъемных механизмов, произведенное инспекцией УВХ Средней Азии после сдачи сооружения в эксплуатацию, установило, что полное открытие одного шита плотины требует 72 минут. Сооружение после сдачи в эксплуатацию проработало только до 20 мая того же года, когда при прошедшем силе сооружение было обойдено и с тех пор не восстанавливалось. Общий вид сооружения до катастрофы представлен на рис. 9

Катастрофа с сооружением

Факты, предшествовавшие катастрофе, следующие. 9 мая наблюдался небольшой силь с расходом $38,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$, силь повторился 12 мая с расходом $47,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Эти силы вызвали незначительный

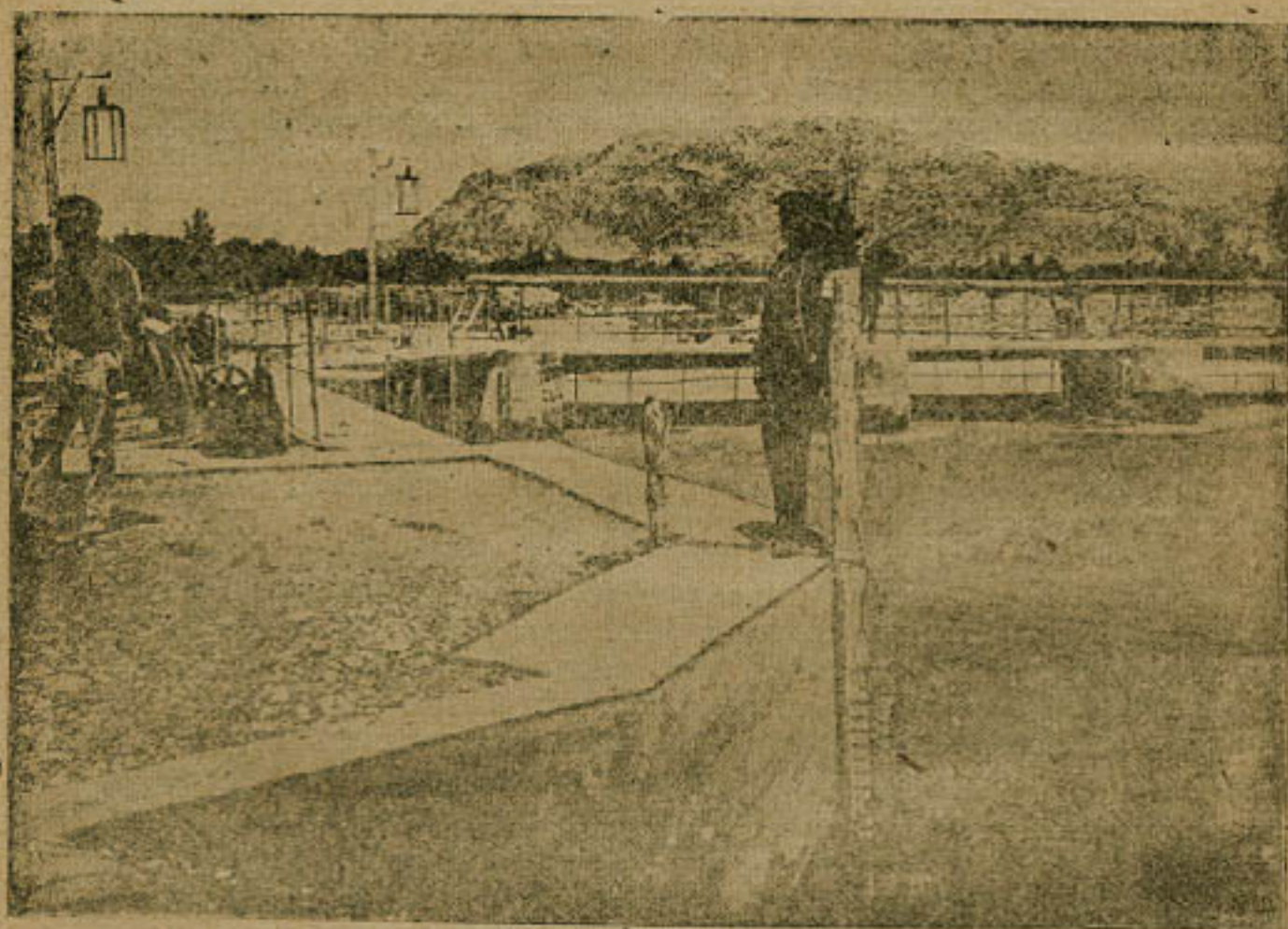


Рис. 9. Вид сооружения верхнего бьефа до катастрофы

размыв правого вогнутого берега подводящего русла с заносом регулятора крупными наносами в уровень с порогом. Поступление расходов в регуляторы совершалось при почти полном закрытии сбросных шитов плотины. Все проносимые наносы попадали главным образом в Мархамат-сай и частично в Кяра курган, откладывались в них, понижая их пропускную способность. Попытки произвести промывку отложившихся перед сооружением наносов при закрытых шитах регуляторов и открытых плотины реальных результатов не дали.

Таким образом, верхний бьеф перед силем, прошедшим 20 мая, промыт не был, вследствие отложений наносов ниже сооружения.

Прохождение сия, повлекшего катастрофу, происходило следующим образом.

Около двух часов дня в верховьях Араван-сая начался ливень, захвативший верхнюю часть долины с сельханами. Бассейн Косчан-сая почти не был затронут ливнем, но слабый дождь был. Ливень окончился около 5 часов. Интенсивность дождя была весьма велика. Водосбора склона горы было достаточно, чтобы собранный на нем поток во многих местах мог смыть киргизские кибитки. Силь, несмотря на то, что ливень прошел днем, сопровождался человеческими жертвами. В акте от 20 мая, составленном инспектором УВХ инж. Селивановским и другими бывшими в момент прохождения сия на Аравансайской плотине, отмечается, что подъем воды начался в 6 ч. 15 м. В 6 ч. 30 м. подошел вал и максимальный подъем воды был в 6 ч. 45 м. Силевой поток подошел валом высотой 1,5—2,0 м, неся на поверхности массу хвороста, сухой травы, корней деревьев, остатки сипаев, части арб и т. п. Щиты не смогли поднять до верху в начале сия, а они были подняты только частично во время прохождения сия; весь расход не смог пройти в щитовые отверстия, вода начала переливаться через щиты, левую и правую дамбы, последняя была разрушена, у одного из пролетов плотины был смыт служебный мостик и плотина была обойдена с правой стороны. Перед сооружением и за ним отложились наносы, повысившие дно подводящего и отводящего русла местами до 2,0 м. Вид сооружения с нижнего бьефа на 2-й день после катастрофы изображен на рис. 10.

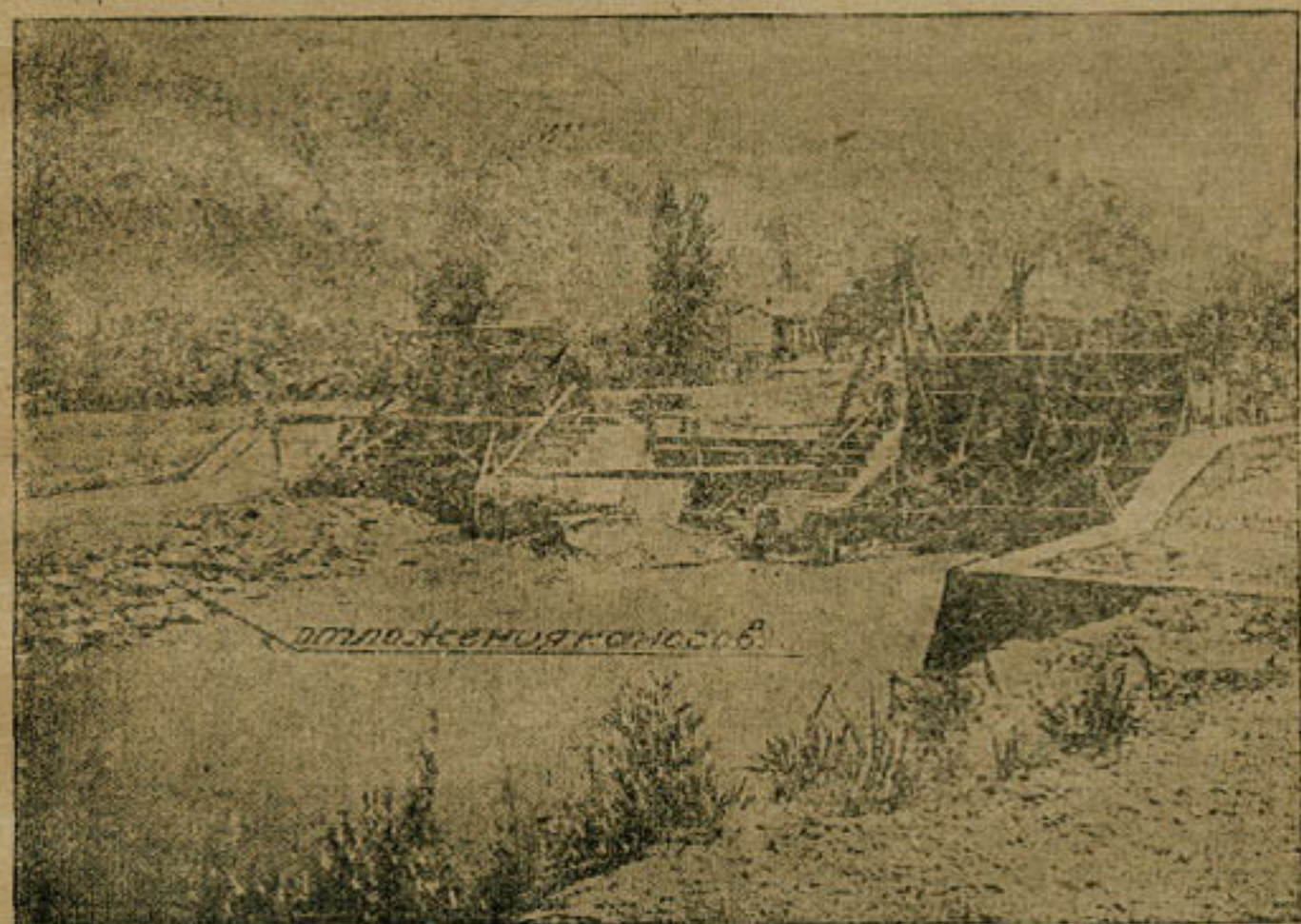


Рис. 10. Вид сооружения с нижнего бьефа на 2-й день после катастрофы

Согласно этого акта, расход сия был определен 150 м³/сек. Последующими исследованиями (инж. Мацман) расход сия был установлен различными способами от 300 до 500 м³/сек.

Таким образом, несмотря на присутствие высококвалифицированной комиссии на сооружении, оно не могло быть в момент прохождения сила приспособлено к его пропуску.

Произведенными после прохождения сила в 1929 г. исследованиями Аравансайской плотины была установлена доминирующая роль сельхан в создании силевых расходов и в поступлении наносов во время сила, в результате прохождения которого у Аравансайской плотины создались отложения наносов, достигнувшие 6000 м³.

Исследованиями было установлено, что имевшиеся подъемники, помимо того, что они давали малую скорость открытия, были недостаточны по мощности, т. к. вес щитов был увеличен по сравнению с проектом. Кроме того, бывали случаи заклинивания щитов галькой, застревавшей в промежутке между ногами секторного щита и стенками бычка, что служило причиной поломок зубчаток подъемников.

Так, во время катастрофы зубчатки механизма среднего пролета плотины были поломаны, что совместно с заклиниванием препятствовало подъему щитов.

Заключения этих исследований считают основной причиной катастрофы сооружения несвоевременное открытие щитов плотины во время катастрофы.

Поэтому, придя к таким выводам, предлагалось восстановление этого сооружения в прежнем виде с соответствующим устройством подъемных механизмов.

Но, несмотря на то, что, как уже указывалось, сооружение в основных своих частях не было повреждено катастрофой, до сих пор это сооружение не восстановлено.

Поэтому естественно возникает вопрос, что есть какие-то другие дефекты в сооружении, которые до сих пор оставались в тени, не найдя общего признания, но которые служили тормозом в деле восстановления этого сооружения. К выявлению дефектов сооружения, явившихся причиной катастрофы и мешающих восстановлению его без капитального переустройства, далее и перейдем.

Дефекты сооружения

При происшедшей катастрофе плотина и регуляторы не были разрушены и стоят еще до сих пор. Поэтому не в дефектах строительства заключается причина катастрофы. Она вызвана недоучетом в проекте сооружения особенностей гидрологического режима предгорной реки.

Наиболее важным дефектом в этом отношении, который и явился основной причиной не только катастрофы 20 мая 1928 года, но и катастроф, предшествовавших ей, а также причиной того, что сооружение не восстановлено до сих пор, является постановка плотины на низкой отметке. Это особо ясно видно на рис. 8, где представлен общий продольный профиль реки с нанесением на него профилей подводящего и отводящего русел. Профиль показывает, что отметка порога плотины взята на 1,4 м ниже среднего дна русла реки в этом месте. Этот дефект при проектировании получился в результате ортодоксального следования проектным нормам без учета гидрологических особенностей горных рек, несущих значительное количество допных наносов. По нормам допускалась средняя скорость для укрепленного мостовой русла нижнего бьефа $v=3,2$ м/сек. и, следуя строго этой норме „чистой воды“ из рассмотрения движения воды без наносов, в проекте был установлен с большой точностью уклон для отводящего русла ниже плотины $i=0,0051$.

Такой „смягченный“ уклон мог быть достигнут только заглушением отметок порога плотины с последующим сопряжением порога с естественным дном русла более крутым уклоном в безопасном в отношении размыва подпертом бьефе плотины, что и было сделано в проекте.

При движении чистой воды такое расположение сооружения можно было бы считать правильным, но река при свойственном ей гидрологическом режиме в отношении расходов воды и количества наносов имеет определенный уклон, его река и стремилась восстановить после постройки сооружения (рис. 8), чем и следует объяснить отмеченные до катастрофы завалы наносами нижнего бьефа, не допускавшие возможности промывки отложений перед сооружением, так как отложившиеся наносы в нижнем бьефе, лежа по уклону, свойственному реке, не смывались. Отложения в нижнем бьефе, поднимая горизонт воды в нем, сокращали рабочее отверстие плотины и перепад горизонтов воды, вследствие чего даже паводок 100 м³/сек. не мог пройти через отверстие плотины. Занесение наносами верхнего бьефа способствовало этому же.

Второй основной дефект проекта заключался в расположении регуляторов сооружения на внутренней кривой изгиба основного русла потока, кривой, усиленной изгибом левой направляющей дамбы. Этим подходом потока объясняется то, что, несмотря на устройство постоянных порогов значительной высоты у регуляторов, крупные дошлые наносы попадали в регуляторы, при чем в ар. Мархамат, так как он был расположен более невыгодным образом, под прямым углом к оси потока, попадало наибольшее количество наносов, что требовало его частой очистки и было причиной разрушения сооружений, расположенных на нем.

Третьим дефектом следует считать непригодность плотины для пропуска быстро нарастающих паводков, несущих значительное количество плавающих тел, так как в плотине отсутствовали водосливные части, позволявшие автоматически сбрасывать излишние расходы с пропуском плавающих тел.

Открытие же имевшихся щитов совершалось очень медленно, так как в них не было предусмотрено противовесов, что не позволяло регулировать быстро нарастающие паводки.

Далее, отверстие плотины не было рассчитано на пропуск силового паводка, так как возможность таких не предусматривалась проектом, вследствие неизученности гидрологического режима реки.

Помимо этих основных дефектов, необходимо отметить следующее: подъемники были меньшей мощности, чем то требовалось, вследствие того, что щиты были выполнены более тяжелыми, чем то намечалось проектом, что вызывало поломку шестерен подъемника. Канаты были поставлены тоньше. Конструкция щитов не гарантировала от заклинивания их попавшей между ногами щита и стенками бычков галькой, последнее затрудняло их подъем.

Кроме того, необходимо отметить недостаточный инструктаж эксплуатационного штата, выразившийся в том, что, несмотря на предшествовавшие последней катастрофе прорывы дамб при паводках, эксплуатационный штат не был подготовлен к пропуску через сооружение паводков и щиты последнего не были вовремя открыты.

Выводы

Из ознакомления с дефектами работы сооружения и рассмотрения причин катастрофы его можно сделать следующие выводы, ко-

торые необходимо учитывать при проработке проектов в подобных условиях:

1. На реках, несущих крупные донные наносы, необходимо избегать заглублиния порога потока. В особенности это касается случаев значительного водозабора, без забора наносов в регулятор, со сбрасыванием их в нижний бьеф.

2. Расположение водозаборных регуляторов на внутренней кривой потока создает благоприятные условия поступления донных наносов в регуляторы, а потому должно быть избегаемо.

3. Устройство даже высоких порогов у регуляторов при указанном расположении регуляторов не защищает последние от поступления в них наносов.

4. При проработке проекта необходимо производить тщательное изучение режима реки как в отношении возможности возникновения силей, так и количественной и качественной характеристики наносов. Конструкция сооружения должна учитывать особенности гидрологического режима реки.

Некоторые вопросы производственно-питьевого водоснабжения поливных хлопководческих хозяйств Средней Азии

(В порядке предварительного обсуждения)

Реконструируемое сельское хозяйство Средней Азии ставит насущный вопрос сегодняшнего дня об организации производственно-питьевого водоснабжения, удовлетворяющего как культурно бытовым запросам населения, так и запросам планового механизированного производства, что в связи с целеустремленностью социалистического строительства — уничтожения различия между городом и деревней в ближайшие же годы — должно вызвать бурное развитие строительства водоснабжающих сооружений в сельскохозяйственном секторе народного хозяйства и особенно в высокоинтенсивных районах хлопководства.

Если в былые времена вопрос производственно-питьевого водоснабжения в поливных районах не поднимался вовсе, в расчете использования для питья непосредственно арычной воды, то в данной обстановке социалистического быта и производства такое положение совершенно терпимо быть не может ни с санитарно-профилактической точки зрения, ни с точки зрения культурно-бытовых запросов, ни с точки зрения механизированного производства или же благоустройства и упорядочения ирригационных систем. И с тем большей очевидностью встает актуальность запоздалой в своем решении задачи технического перевооружения на ходу, в движении отсталого участка народного хозяйства, вскрывающего при диалектическом анализе следующие противоречия:

1. Рост производственно-бытовых запросов к качеству промышленной и питьевой воды, наряду с фактическим потреблением загрязненной арычной воды.

2. Оставшееся в наследие от прошлого примитивное, деградирующее водоснабжение, наряду с мощно развивающимся сельским хозяйством, базирующимся на строго научных основах применения машинной техники и социалистических форм труда.

3. Наличие широких возможностей использования для целей водоснабжения оросительных вод, наряду с неприемлемым к непосредственному употреблению качеством воды и непостоянством действия оросительных систем.

4. Заманчивость проблемы централизованной реорганизации водоснабжения в связи с перспективным уничтожением различия между городом и деревней, наряду с запросами улучшения техники водоснабжения на сегодняшний день.

Современное водоснабжение кочевнического населения поливных районов в основном базируется на использовании воды ирригационных систем и лишь в качестве подсобных ресурсов в неполивные периоды наблюдается ограниченное использование грунтовых вод, в основном же население либо стремится залпсать оросительную воду в „хаузах“, либо пропускать и в неполивной период воду по каналам, специально для целей водоснабжения. Столь широкому распространению водоснабжения непосредственно из арыков способствует в основном чрезвычайная простота водозабора, всегда осуществимого имеющимися средствами кочевнического населения. С другой стороны, минерализация — жесткость и соленость — арычной воды относительно ничтожна, что весьма существенно для кочевнического населения, не имеющего технических средств деминерализации в большинстве случаев сильно засоленных и весьма жестких грунтовых вод.

Наряду с весьма относительными достоинствами современного арычного водоснабжения основными недостатками его (проблеме устранения которых и должны быть посвящены наши исследования) являются:

Во-первых — совершенно неудовлетворительное с современной точки зрения санитарное состояние производственно-питьевого водопотребления.

Во вторых — значительная замутированность воды большинства оросительных систем.

В-третьих — непостоянство водообеспеченности в связи с остановкой оросительных систем при очистках и в неполивные периоды.

В-четвертых — значительное влияние на рост заболеваемости пропуска воды по каналам специально для водоснабжения в неполивные периоды, поскольку даже минимальные пропускные способности оросительных каналов значительно превышают потребности водоснабжения.

В пятых — отсутствие даже простейших водозаборных, водоподъемных и водоразводящих устройств, хоть в какой-нибудь мере удовлетворяющих запросы современного сельскохозяйственного производства.

На основе поставленных в 1934 г. Сектором утилизации подземных вод опытных выборочных обследований конкретных условий сельскохозяйственного водоснабжения в поливных районах выявлено, что разрешение данной проблемы, особенно на первом этапе, должно ставиться в тесной взаимосвязи с характерными естественно-историческими условиями, привычками населения, особенностями поливного хозяйства и необходимо в основном базироваться на использовании оросительных, поверхностных вод. Последнее обстоятельство диктуется главным образом тем, что грунтовые воды в большинстве случаев засолены, а технические средства деминерализации пока слишком несовершенны, да и экономически недоступны для кочевника. Поэтому, прорабатывая первые наброски технических мероприятий по улучшению водоснабжения, нами предложены на обсуждение следующие требования, предъявляемые к вновь разрабатываемым мероприятиям и рекомендуемым устройствам:

1. При технологических процессах очистки и обеззараживания воды последняя не должна прогреваться и вкусовые качества ее отнюдь не должны быть ухудшены по сравнению с сырой арычной водой. В противном же случае население предпочтет, даже в ущерб собственному здоровью, особенно в период жары, пользоваться имеющейся под руками освежающей, относительно — приятной на вкус арычной водой, и мероприятие, даже технически совершенное, но не

удовлетворяющее данному требованию, может оказаться по существу бесполезным.

2. Водозабор должен быть прост, увязан с соответствующими бытовыми условиями и производственными процессами, малейшее затруднение в водозаборе или несоответствие его производственным процессам и бытовым удобствам повлечет за собой существенные производственные неполадки и бытовые неудобства, что будет стимулировать возврат к примитивному антисанитарному водозабору непосредственно из арочной сети.

3. Водоподъем должен быть прост, по возможности автоматизирован, не обременителен в эксплуатации, питаться в основном местными энергетическими ресурсами и в случае каких-либо неполадок мог бы быть переключен на простейший, например, ручной привод. Совершенно очевидно, что в колхозной действительности отдаленных районов будет весьма затруднительно иметь квалифицированный

Схема перед насосной водоснабжающей установки (при дренажном водозаборе)

I. Схема расположения установки непосредственно на канале в комплексе с перегородающим сооружением и перепадом

II. Схема расположения установки на отводе (используя перепад водовыпуска)

III. Схема расположения установки на обводном русле перегородающего сооружения на значительном канале

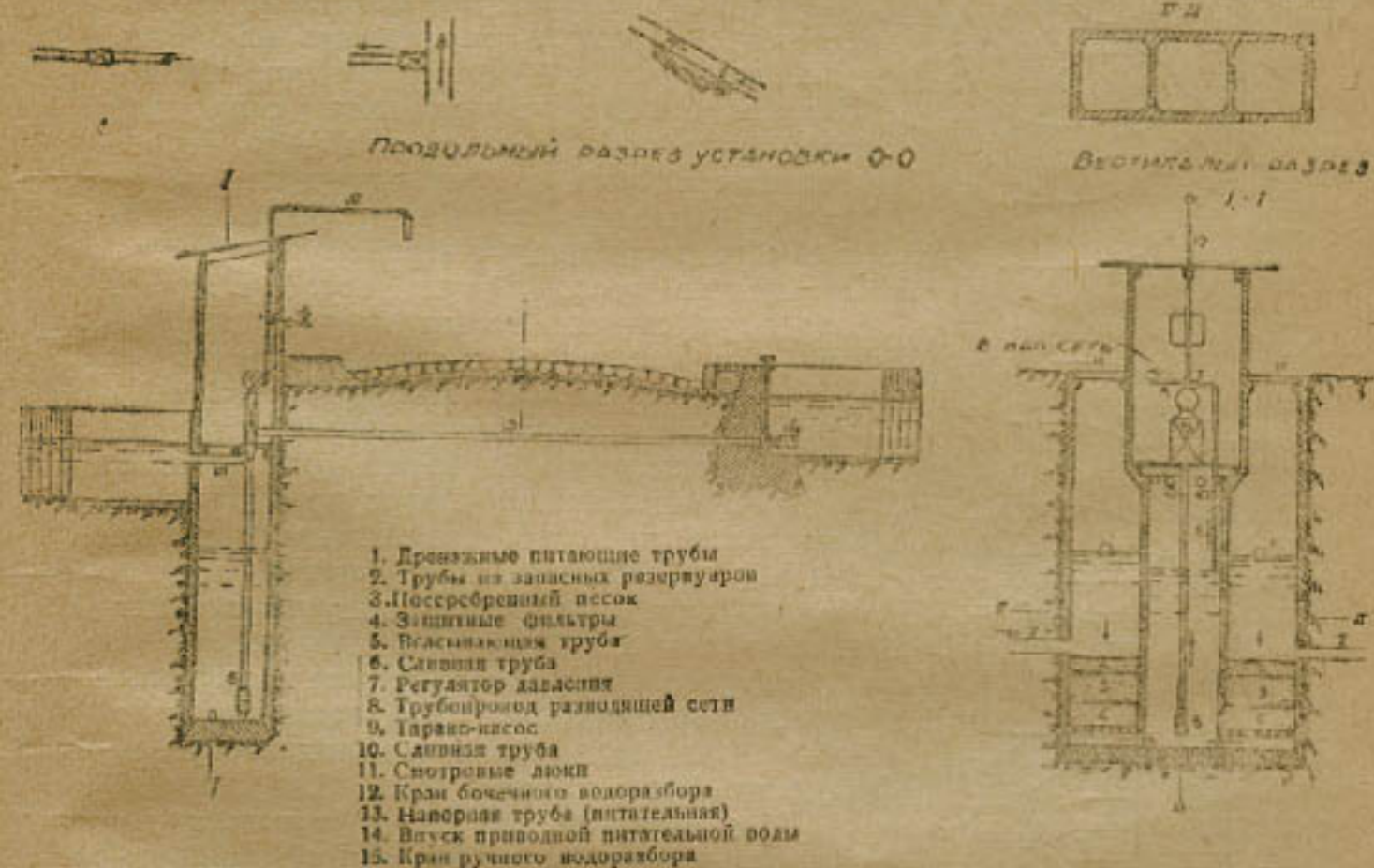


Рис. I

надзор за сложным водоподъемником или организовать его ремонт. Если к тому же водоподъемник будет работать на дефицитном, привозном топливе, то такое устройство может оказаться не под силу колхозному хозяйству.

4. По тем же причинам затруднительности организации постоянного надзора и снабжения реактивами, технологические процессы очистки, и главным образом обеззараживания воды, должны быть элементарно просты, совершенно безвредны, автоматичны в работе, не требовать постоянного надзора и контроля за качеством воды.

Удовлетворение в полной мере всех выдвигаемых требований является, конечно, тем оптимальным пределом данного этапа, на достижение которого должны быть ориентирована техническая мысль при разработке мероприятий по усовершенствованию и реорганизации совхозно-колхозного водоснабжения.

Идя по пути решения поставленной многогранной задачи создания стандартной водоснабжающей установки для нужд кишлачного водоснабжения, нами предлагаются для дальнейшего изучения и экспериментирования гидроавтоматические установки с дренажным водозабором (рис. 1), где отдельные процессы запроектированы следующим образом:

1. *Забор и очистка воды.* Затрудняясь рекомендовать широкое применение в кишлачной практике общепринятых в городском и промышленном водоснабжении способов очистки воды и стремясь, с одной стороны, удовлетворить выше поставленные основные требования, а с другой, наиболее целесообразно использовать своеобразные технические возможности водозабора из оросительных каналов, мы полагаем наиболее целесообразным предложить на обсуждение, как основной, метод очистки при водозаборе с помощью дренажа смоченной поверхности дна и откосов канала, вернее каптажа пресных вод, фильтрующихся из каналов. Не останавливаясь подробно на технике самого фильтрования через толщу грунта, слагающего русло канала, которое может быть осуществлено самым различным образом, как, например, закладкой дренажных труб в дне и откосах канала (рис. 2 и 3), устройством каптажных галлерей, при помощи вертикального дренажа (рис. 4 и 5) и т. п., попытаемся кратко проанализировать самый принцип предлагаемого для исследования водозабора и очистки воды с точки зрения поставленных выше хозяйственно-технических условий и задач:

а) температурные условия и вкусовые качества проточной арычной воды при рекомендуемом фильтровании и водозаборе отнюдь не будут ухудшаться;

б) „дренажем“ будет достигаться полное осветление воды, дренажный фильтр будет превышать качественные показатели английских медленно действующих фильтров, поскольку фильтрующая толща суглинистого или илистого дна канала весьма мелкозерниста;

в) строительные операции по устройству дренажа инфильтрационной воды оро-



Рис. 2

сительных каналов элементарно просты и могут быть всегда осуществлены местными средствами и из местных материалов;

г) капитальные затраты на строительство будут, по нашим подсчетам, сравнительно с другими способами очистки воды, весьма ничтожны;

д) при осветлении воды предлагаемым способом не требуется специальных фильтрующих материалов, затрат коагулянта и сложного оборудования;

е) эксплуатация „дренажа“, как очистного устройства, элементарно проста, дешева, не требует постоянного квалифицированного надзора и самый процесс фильтрования протекает по существу автоматически, не требуя периодической регенерации фильтрующего слоя;

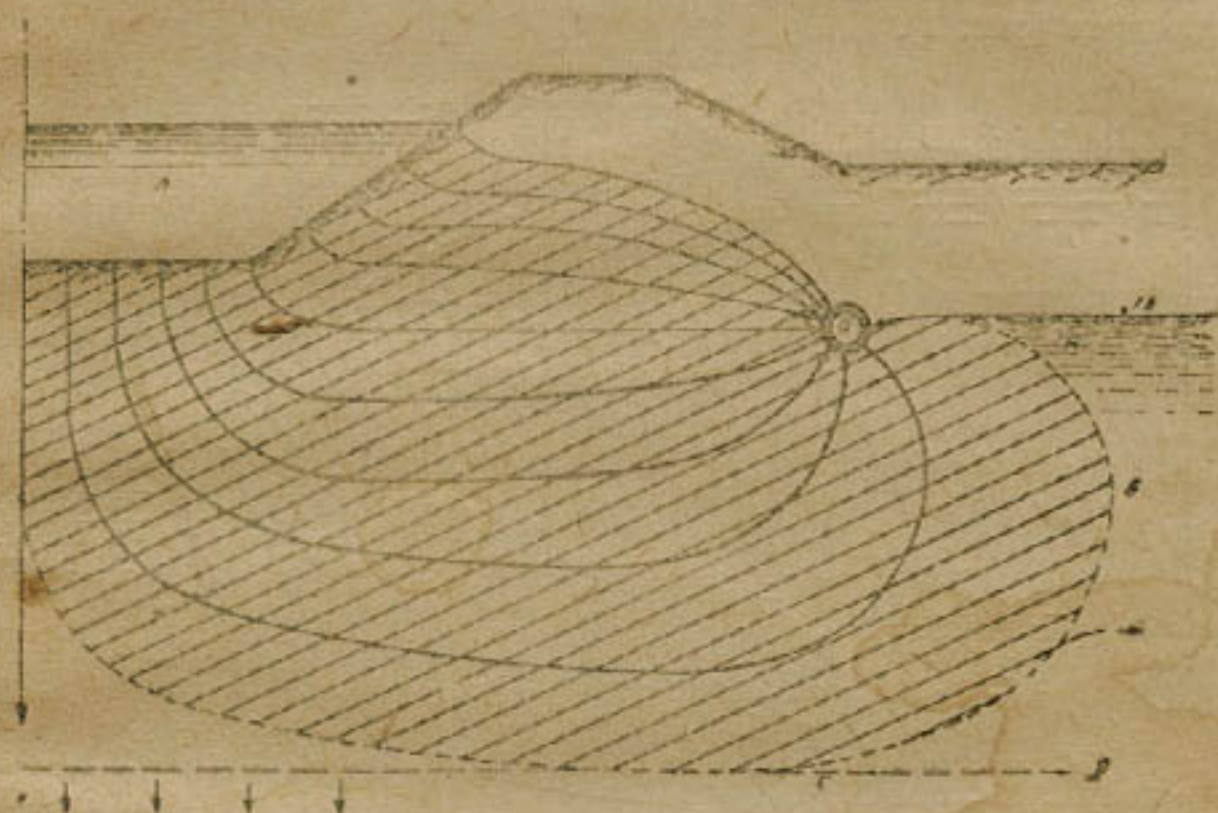


Рис. 3

ж) при „дренаже“ отпадает надобность накачивать воду к фильтрационному устройству и создавать специальный напор — процесс фильтрации здесь протекает автоматически, используя русло канала как своеобразный резервуар над фильтром;

з) дренирование инфильтрационных вод, примененное в широком масштабе, может оказать благоприятное мелниорирующее влияние, уменьшая питание грунтовых вод за счет фильтрации из канала;

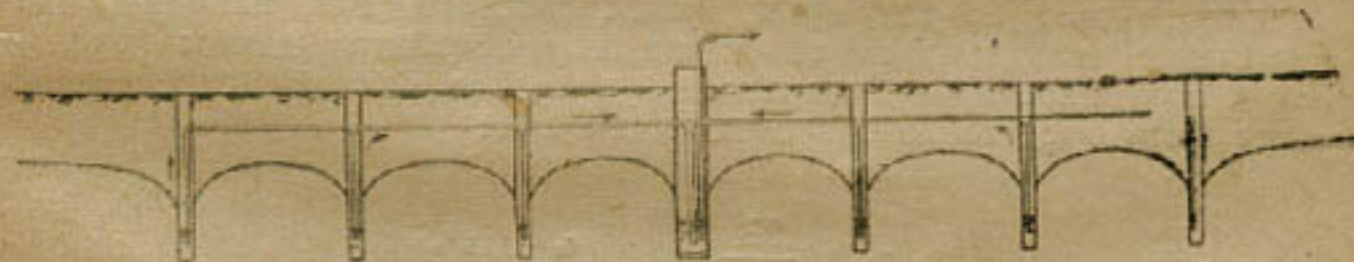


Рис. 4

и) дренируемая толща грунта, насыщенного водой, представляет своеобразный резерв, питающий некоторое время дренаж и в период остановки ирригационной системы, поскольку вдоль оросительных каналов образуется широкая зона опресненных инфильтрацией грунтовых вод;

к) предлагаемый каптаж может быть осуществлен на любом, наиболее удобном с хозяйственной точки зрения, участке ирригационной сети, с выводом коллекторных дрен к центрам тяжести водопотребления;

л) водозабор в данном случае может быть осуществлен любыми имеющимися в наличии средствами, начиная от примитивного ручного разбора из коллекторных колодцев, куда выводятся дрены, и кончая механической откачкой в водоразводящую сеть из тех же колодцев (рис. 1).

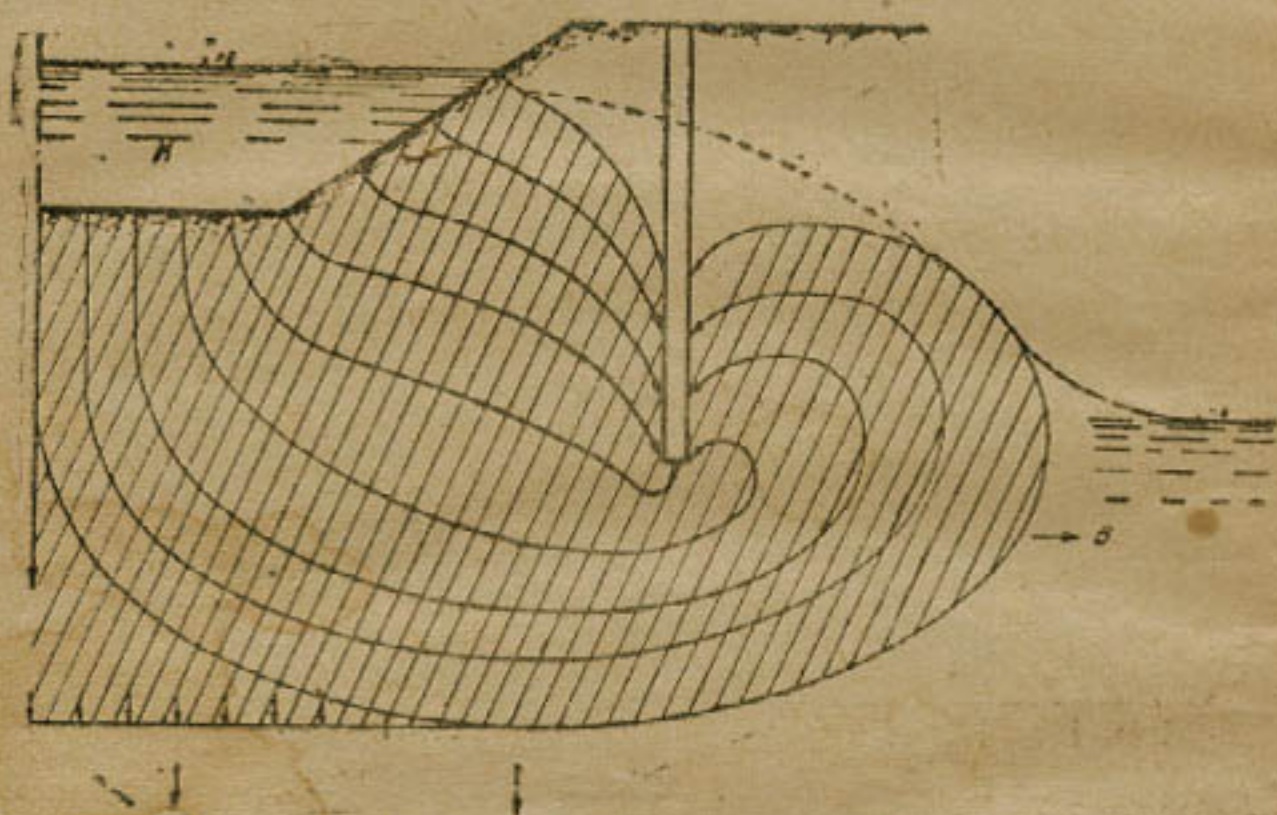


Рис. 5

Вопрос о протяженности каптажных дрен для получения соответствующего дебита может быть решен лишь на основе специальных исследований для тех или иных условий залегания и качества грунта, относительного расположения дрен, характера дренируемого канала и т. п. Не располагая всеми этими данными и не владея пока методикой решения выдвигаемых задач гидромеханики фильтрационного потока, можно, для сугубо ориентировочных соображений, привести подсчет по методу проф. Жуковского. Так, например, для наименее выгодного случая каптажа у основания дамбы (рис. 3), т. е. при одностороннем притоке, уравнение кривой депрессии может быть представлено в следующем виде

$$q \lg \frac{2B}{d} = kh \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right)$$

где q — искомый дебит на единицу длины дрены;

B — расстояние от дрены до основания смоченного откоса;

d — действующий диаметр дрены;

k — коэффициент водопроницаемости грунта;

h — гидростатический напор (над центром дрены).

Принимая для иллюстрации относительных размерностей $B = 8$ м, $h = 2$ м, $d = 0,2$ м, $k = 0,001$ см/сек. (для суглинистого грунта) и решая приведенное уравнение относительно q , получим:

$$q = \frac{kh \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{n} \right)}{0,1 \lg \frac{2B}{d}} = \frac{0,001 \cdot 2 (1,57 + \frac{1}{2})}{0,1 \lg 80} = 0,008 \text{ л/сек.}$$

Таким образом, для получения дебита в один секундолитр (84 м³/сутки) понадобится, в данном случае, около 125 пог. м дрена. По отношению к общим потерям на фильтрацию (от 0,5 до 5% на километр) можно предполагать, что дренажный каптаж будет перехватывать, в зависимости от величины канала, около 1—10%.

На ряду с горизонтальным каптажем, следует считать не менее перспективным изучение работы и вертикального каптажа, особенно примененного в виде батарей мелких буровых колодцев—фильтров из гончарных труб, расположенных вдоль канала и объединенных сифоном в общий водоразборный колодец (рис. 4 и 5).

При предварительном обсуждении предлагаемого метода забора и очистки воды возникали следующие возражения: 1) что дренаж, уложенный по схеме (рис. 3), будет якобы ослаблять сечение дамбы; 2) в неполивной период образовавшаяся линза пресной воды не сможет долго питать каптаж; 3) что не ясна организация очистки дрена. Первое из возражений, с нашей точки зрения, едва ли правильно, поскольку в практике плотиностроения дрена специально укладываются для улучшения работы тела земляной дамбы. По второму пункту, конечно, трудно привести какие-либо аргументы без постановки специальных исследований распространения в поперечнике опресненной линзы, но, судя по абсолютному количеству воды, фильтрующейся из каналов, и медленности ее оттока, можно предполагать, что вдоль каналов образуется достаточно большой запас пресной воды, гарантирующий каптаж от быстрого осолонения. И, наконец, по третьему пункту мы можем лишь сослаться на существующую практику очистки дренажных и канализационных трубопроводов.

II. Обеззараживание воды. При сравнительно незначительной загрязненности артезианской воды можно рассчитывать, что в подавляющем большинстве случаев для обеззараживания будет достаточным лишь тщательное фильтрование, предлагаемое нами выше.

В тех же случаях, когда питающая сеть проходит через значительные населенные пункты, или можно ожидать наличия других факторов интенсивного заражения воды, нами, помимо общеизвестных способов дезинфекции воды (главным образом хлором), портящих ее вкусовые качества, рекомендуется сравнительно новый в Советском союзе способ обеззараживания воды, основанный на использовании бактерицидных свойств серебра.

Сущность способа основана на свойстве тяжелых металлов, не растворимых в воде, уничтожать бактерии при длительном контакте их с водой, в которой эти бактерии находятся. При изучении вопроса о том, в каком именно виде переходят химически неуловимые следы металла в воду, выяснилось, что при контакте воды с тяжелыми металлами, например, с металлическим серебром, в воду переходят ионы этого металла, т. е. атомы, заряженные положительным электричеством. Вместе с этим экспериментальными исследованиями было доказано, что взвеси бактерий в воде заряжены отрицательным электри-

чеством и, попадая в „посеребренную воду“, притягивают электроположительные ионы металлического серебра, которые проникают внутрь бактериальных клеток, где они вступают в обычные химические соединения с составными частями тела бактерий, отчего последние, разумеется, и погибают.

Для практического использования бактерицидных свойств серебра необходима весьма значительная поверхность контакта обеззараживаемой воды с серебром, что достигается медленной фильтрацией через так называемый посеребренный песок (речной песок, на который наносится тончайший слой серебра), при чем бактерицидные свойства этого песка со временем отнюдь не убывают.

Не имея возможности подробно остановиться на сущности и истории применения в санитарной технике бактерицидных свойств серебра, в частности посеребренного песка (о чем подробно смотрите в нашей отчетной работе за 1934 год по сектору УПВ и совхозно-колхозного водоснабжения), мы лишь можем привести результирующие выводы об исключительной перспективности выдвигаемой проблемы.

Действительно, сопоставляя результаты, получаемые при применении посеребренного песка для обеззараживания питьевой воды, с теми требованиями, которые предъявляют к процессу дезинфекции наши кишлачные условия, мы приходим к совершенно определенному выводу, что применение посеребренного песка в форме прослойки обычного фильтра является, с точки зрения вышеизложенных принципиальных установок организации водоснабжения, безусловно наилучшим, вернее идеальным способом обеззараживания воды. В самом деле, здесь мы получаем: 1) полную безвредность и безопасность процесса; 2) автоматичность процесса, не требующего специального надзора и контроля за качеством фильтрата; 3) отсутствие специальных устройств, поскольку фильтрование совмещается с обеззараживанием; 4) почти полное отсутствие эксплуатационных расходов, поскольку бактерицидная способность песка не убывает; 5) невозможность последующего заражения и порчи воды, так как после контакта с песком в воде остаются свободные ионы серебра; 6) вкус воды не портится и качества ее не ухудшаются; 7) вода сама становится дезинфектором, что в глухой кишлачной обстановке приобретает неопределимое значение; 8) капитальные затраты не велики, так, например, при часовой производительности колхозной установки $2 \text{ м}^3/\text{час.}$ ($48 \text{ м}^3/\text{сутки}$) и необходимости получасового контакта равных частей песка и воды потребуется всего около тонны песка (дано с значительным преувеличением); при стоимости килограмма уложенного на место песка около 2 руб. общие затраты выразятся суммой 2000 руб.; даже считая 20% амортизационных в год, получим стоимость воды менее 3 коп. за кубометр. Если ко всему этому мы прибавим еще разительные целебные свойства активизированной серебром воды, то значение ее в колхозном быту будет совершенно исключительным.

Мало того, что колхозники будут пить здоровую, вкусную, обезвреженную воду; но этой же водой можно будет обмывать раны, стерилизовать белье, предотвращать глазные и кожные заболевания, предохранять продукты от порчи и т. п. Нет сомнения, что внедрение столь ценного и элементарно простого достижения науки в колхозный быт произведет буквально культурно-санитарную революцию. И нашей задачей ближайшего будущего является разработка технико-экономических форм наилучшего использования бактерицидных свойств серебра в практике сельскохозяйственного водоснабжения.

III. *Водоподъем.* Тщательно сопоставляя различные источники местных энергетических ресурсов, и целесообразное использование которых упирается проблема водоподъема, мы неизбежно приходим к заключению, что наибольший интерес будет представлять вопрос использования гидравлической энергии самих оросительных каналов, тем более, что мелкие источники гидравлической энергии в $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ HP можно повсеместно получить, в любой точке ирригационной сети, до группового оросителя включительно. Так, например, при перепаде в 0,7 м и расходе 0,1 м³/сек. мы уже имеем одну лошадиную силу. Совершенно очевидно, что для незначительного потребителя энергии, как колхозная водоснабжающая установка, было бы совершенно нецелесообразным устройство специальной

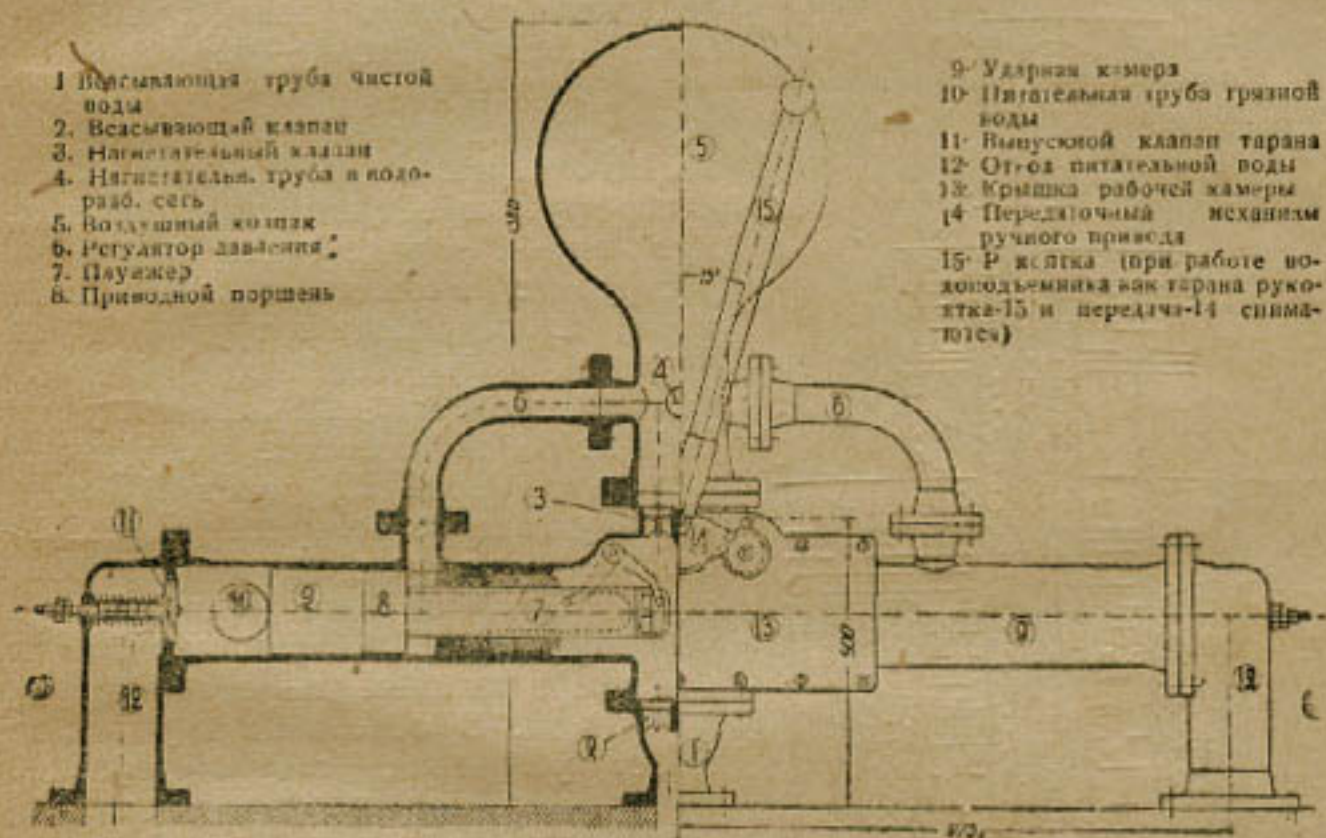


Рис. 6

Схема горизонтального тарано-насоса конструкции инженера Г. Гриневича

гидростанции или даже упрощенного гидравлического двигателя, с последующим использованием вырабатываемой энергии на водо-подъем при помощи насосной установки. С нашей точки зрения, целесообразное использование гидравлической энергии в условиях киш-лачного водоснабжения возможно лишь непосредственным использо-ванием падения воды для водоподъема при помощи таранов и гидроав-томатов различных конструкций. Идя по этому пути, нами схематиче-ски разработана в порядке предложений, для постановки дальней-шей научно-исследовательской работы, конструкция тарано-насоса с изоляцией подаваемой в сеть чистой воды от приводящей в дви-жение машину мутной арычной воды. Помимо того, особенностью предлагаемого водоподъемника является возможность использовать его, как обыкновенный поршневой насос (рис. 6).

Общая схема действия предлагаемого тарано насоса такова: в исхо-дном положении питательная вода(грязная) через трубу „10“ проходит под открытым клапаном „11“—в виду гидродинамического давления, последний захлопывается и происходящим ударом отталкивается пор-шень „8“, который через посредство плунжера „7“ нагнетает чистую

воду через клапан „3“; по прекращении удара гидравлический регулятор „6“ возвращает дифференциальный поршень в исходное положение, засасывая в это время чистую воду через клапан „2“; затем цикл действий повторяется по аналогии с обычным тараном.

Кроме таранных водоподъемников, повидимому, совершенно исключительные перспективы будет иметь применение так называемого гидроавтомата постоянного действия (рис. 7).

Оригинальность этой системы в том, что прибор не имеет никаких движущихся частей и никаких клапанов, а вследствие этого степень изнашиваемости ничтожна и установка не требует ремонта и надзора.

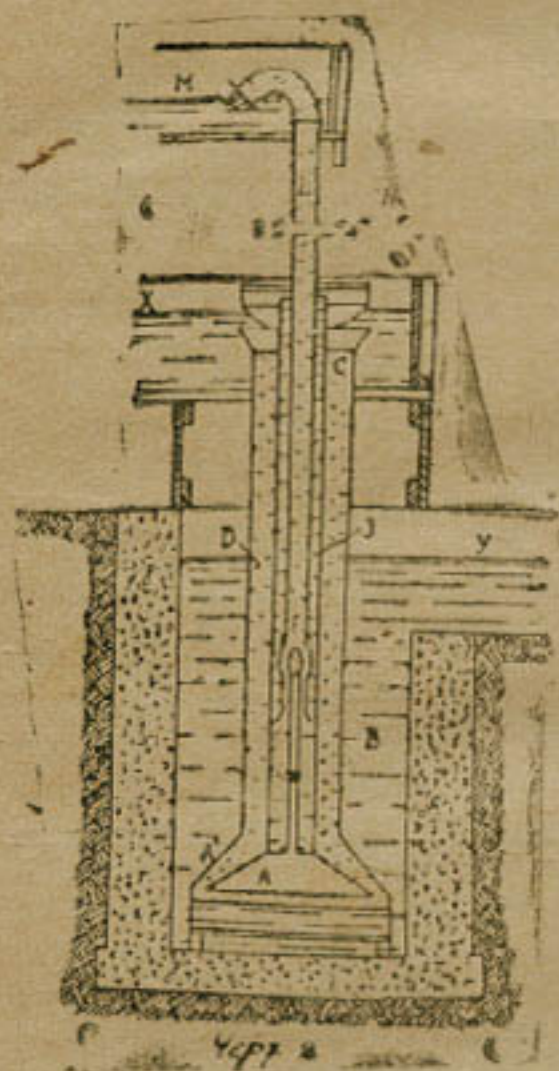


Рис. 7

Схема конструкции и принцип действия прибора таковы: наружный остов прибора — труба большого диаметра „Д“ погружена в углубление нижнего бьефа используемого перепада. В своей верхней части труба имеет неподвижный, прикрепленный в виде чаши закрытый раструб с множеством отверстий. Вода, протекающая в трубу „Д“ из верхнего бьефа, скользит вдоль внешней поверхности дна чаши и увлекает за собой большое количество пузырьков воздуха, засасываемого через указанное отверстие в раструбе. Смесь из воздуха и воды быстро опускается вниз по трубе, причем пузырьки воздуха сжимаются под возрастающим гидростатическим давлением. В основании труба „Д“ имеет уширение, соответствующее конусу „А“, под которым вода освобождается от содержащегося в ней сжатого воздуха. Таким образом, энергия падения воды расходуется непосредственно на образование сжатого воздуха, выделившегося под конусом „А“. Освободившийся воздух через отверстие в верхней части конуса проходит в трубку, за-

канчивающуюся распылителем, по типу эрлифта. При выходе из распылителя воздух увлекает за собой воду, с которой образует смесь, достаточно легкую для подъема на высоту отводящего лотка. Здесь, по существу, мы имеем сочетание 2 гидравлических машин — гидрокомпрессора и эрлифта.

IV. Разводка и разбор воды. В соответствии с запроектированным основным способом забора и очистки воды, нами намечены три основных варианта разводки и разбора воды при внутриколхозной централизации водоснабжения.

Первый вариант предусматривает самотечную разводку воды, обычным гончарным трубопроводом, к производственно-бытовым центрам водопотребления, где устраиваются специальные разборные колодцы — резервуары.

Второй вариант предусматривает устройство капитальных водо-разборных будок непосредственно у централизованных каптажных устройств (рис. 1), которые должны приурочиваться к центрам тяжести водопотребления колхоза.

Третий вариант объединяет в себе преимущества первых двух; здесь также предполагается централизация водоподъема у каптажных устройств с помощью тарано-насоса (рис. 1), но сверх того предусмотрена и разводка воды к первичным центрам водопотребления по напорному трубопроводу. Иначе говоря, третьим вариантом уже намечается организация небольшого сельского водопровода в пределах одного колхоза или кишлака.

Низконапорный трубопровод предполагается возможным осуществить из гончарных труб, в этом направлении ведется большая исследовательская работа Северо-кавказским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации и, если она даст положительные результаты применения керамики и для напорных трубопроводов, то в наших условиях это могло бы найти себе самое широкое применение.

Глауконитовая умягчительная установка для сельскохозяйственного водоснабжения¹

Изучение минерализации грунтовых вод, получаемых из колодцев Средней Азии, показывает, что значительная часть их обладает высоким плотным осадком, свыше 500 мг на литр, хлора свыше 40 мг, серной кислоты (SO_4) свыше 100 мг и общая жесткость свыше 20 немецких градусов.

Соли щелочных и щелочно-земельных металлов очень часто находятся в таком избытке и в таких соединениях, что вода имеет соленый и даже горько-соленый вкус.

Значительная минерализация воды делает ее неудовлетворительной для сельскохозяйственного и бытового использования.

Для питьевых целей населения требуется вполне доброкачественная вода—здоровая, свежая, прозрачная. Наряду с этим внедрение в сельское хозяйство тракторного парка требует также не меньшего внимания к качеству воды, которой питается машина.

Степень минерализации воды для использования человеком может быть допущена в более широких пределах, чем для машин. Выделение накипи на трубках охлаждения и в охлаждающей рубашке цилиндра трактора быстро выводит машину из строя. Накипь получается, главным образом, за счет углекислых и серно-кислых солей кальция и магния, осаждающихся на нагреваемых поверхностях, при этом теплопередача уменьшается, а металл начинает разъедаться со стороны накипи веществами, входящими в ее состав.

Чем вода мягче, тем она лучше для питания машины. Обычно для питьевых целей предельная жесткость 20° немецких, для питания же машин рекомендуется снижать жесткость от 10° до 2°, а котлов с высоким давлением—до 1°-0,5°.

Воду необходимо иметь одновременно и умягченную и опресненную, особенно для Средней Азии, однако, дешевого метода получения подобной воды до сих пор не известно.

Современные установки, которые давали бы одновременно воду опресненную и умягченную, разбиваются на три группы: опреснение тепловым способом, путем нагревания воды и получения дистиллированной воды.

Подобные установки могут иметь применение в Средней Азии только в тех местах, где имеется дешевая нефть, уголь и отсутствует пресная вода, сколько-нибудь пригодная для питья.

¹ В порядке обсуждения.

В сельскохозяйственном водоснабжении эти установки недоступны по своей стоимости; они, главным образом, осуществимы при крупных коммунальных и промышленных предприятиях. В качестве примера подобной установки можно указать на г. Красноводск, где питьевая вода дистиллируется из морской воды тепловым способом.

Второй путь одновременного опреснения и умягчения — гелиоопреснители, использующие солнечную энергию для испарения воды, с последующей ее конденсацией.

В Средней Азии, с большой солнечной инсоляцией, этот путь является наиболее желательным, но в данный момент солнечные опреснители настолько еще дороги и несовершенны, что их нет возможности рекомендовать для потребностей сельского хозяйства.

Как классический пример солнечных испарителей, в литературе отмечается американская установка, построенная в штате Лос-Салинас, в Чили, в прошлом столетии.

Установка обошлась в 500.000 долларов и оказалась мало пригодной, так как огромная застекленная поверхность постоянно страдала от градобития, мелкие же установки не дают количественно ощутимого эффекта.

Третий путь, обещающий дать наибольший эффект, — электроопреснительные установки, при помощи электроосмоса или электролиза. Сущность этого метода сводится к тому, что в сосуде устанавливаются поперечные две пористые перегородки, разделенные поперек на несколько участков, между которыми медленно протекает соленая вода, пропускаемая сифонами из одной камеры в другую.

При пропуске электрического тока через электроды в воду в боковых продольных отделениях происходит обессоливание воды в средних камерах, которое можно довести до желаемой степени.

Опреснение при помощи этого способа связано с наличием дешевой электрической энергии. Размеры установки определяют количество пресной воды, которое может быть получено, но расход энергии настолько велик, что рекомендовать его, для сельскохозяйственных установок также нет возможности.

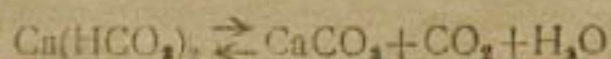
Таким образом одновременное разрешение двух задач — опреснение и умягчение — не может получить широкого применения; искать комплексное дешевое решение вопроса необходимо, но практически есть возможность использовать только один путь умягчения воды.

В общих чертах методы умягчения разбиваются на два — химический и физико-химический. Химический способ умягчения воды предусматривает введение в жесткую воду извести и соды; физико-химический предусматривает фильтрацию воды через слой искусственного или естественного материала, песка, носящего название цеолита, пермутита, неопермутита или глауконитового песка.

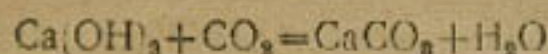
Познакомимся с этими методами.

Известково-содовый метод — наиболее разработанный и широко используемый в промышленности и на транспорте. Известь и сода предварительно растворяются в воде, в отдельных резервуарах, и последовательно добавляются к умягчаемой воде по расчетной пропорции, вычисляемой исходя из хода химических реакций.

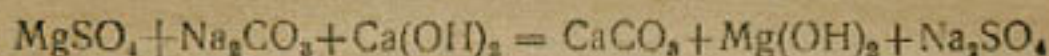
Известь вводится в воду в виде $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Устраняемая жесткость находится в воде в виде $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; это соединение сравнительно легко распадается на $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ и получается равнове-



Для того, чтобы этой обратимости не происходило, вводится известковое молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в количестве, достаточном для насыщения свободной углекислоты в воде; реакция протекает в таком виде:



Таким образом, выделившийся осадок CaCO_3 в отсутствии свободной CO_2 не дает возможности образоваться вновь устранимой жесткости $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Для выделения сернокислых солей, дающих источник постоянной жесткости в воде, прибавляется сода, Na_2CO_3 , при этом реакции протекают в таком виде:



В результате при содово-известковом методе умягчения воды происходит удаление солей Ca и Mg в виде CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Получаемое новое соединение Na_2SO_4 с точки зрения умягчения воды, является безвредным.

Результатом умягчения содово-известковым методом является понижение общей жесткости до $8-10^\circ$.

Достоинство известково-содового способа заключается в том, что возможно варьировать количество добавляемых реактивов в зависимости от качества умягчаемой воды; одновременно удаляется свободная углекислота, которая также вредна для питания машины.

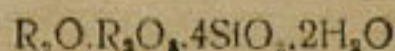
Выпадающие осадки увлекают с собой содержащиеся в воде взвешенные вещества, глинистые, органические, и предварительной фильтрации воды не требуется.

Считаем, что в условиях водоснабжения Средней Азии для колхозов и совхозов известково-содовый способ умягчения заслуживает внимания и в дальнейшем следует проработать подобную установку, соответствующую местным условиям.

Ниже мы останавливаемся на другом методе умягчения воды — при помощи пермутирования естественным глауконитовым песком.

Глауконитовый песок представляет массу голубовато-зеленого или темно-зеленого цвета в зависимости от химического состава. Зерна глауконита встречаются в природе различной величины и формы; как правило, преобладают округленные зерна, в виде желваков.

Состав глауконитов непостоянен. По Клерку, Ферсману и Каспару, глаукониты могут быть выражены формулой:



где R_2O могут быть K_2O ; Na_2O ; CaO ; MgO ; FeO .



Глаукониты известны в Советском союзе во многих местах: по побережью Финского залива, в Молдавской ССР, Сибири (Ангара), на западном склоне Урала, на Кавказе, Казакстане, Киргизской АССР.

Наиболее известны по высоким своим качествам к обменной способности вятские месторождения глауконитов.

Глауконитовые породы весьма разнообразны: глины, пески, песчаники, известняки с содержанием в них глауконита в широких пределах от долей процента до 70–80%.

Практическое значение могут иметь глауконитовые породы рыхлые и слабо сцементированные: песчаники, сильно обогащенные глауконитным минералом. Глауконитовые породы во многих случаях

имеют выходы на дневную поверхность и сравнительно легко могут быть добытны путем открытых работ.

Так, известно много глауконитовых обнажений в верхнем и среднем течении Днестра, Днепра, Дона, Волги, Урала, Эмбы.

В Средней Азии имеются данные о наличии глауконитовых месторождений в Туркменской республике, но насколько эти месторождения представляют практическую ценность, остается неизвестным и необходимо данный вопрос, не откладывая в дальний срок, осветить детальными изысканиями и исследованиями, поскольку вопрос качества воды для Средней Азии стоит весьма остро.

Значительные запасы и широкая распространенность на территории Советского союза глауконитовых месторождений являются основанием к широкому внедрению этого материала в практику водоснабжения¹.

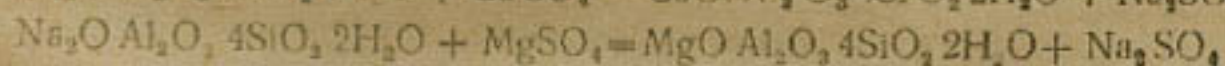
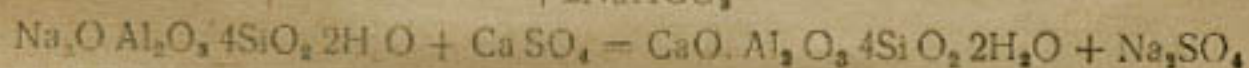
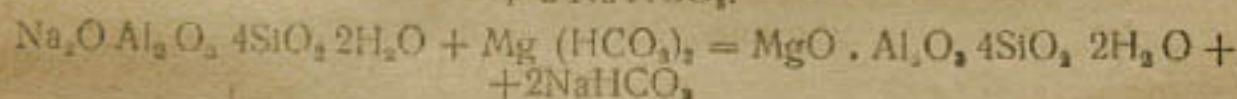
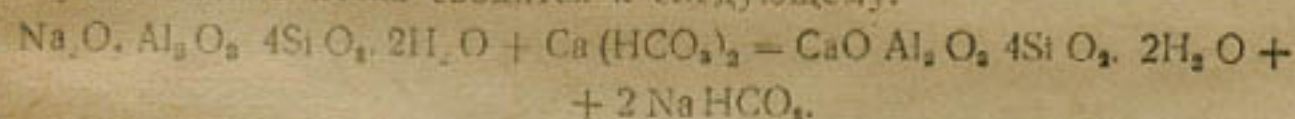
Обычно промышленное значение имеет глауконитовый песок в пределах зерен 0,25—0,5 мм, т. к. более мелкие частицы сильно уплотняют фильтровальную массу песка и препятствуют нормальному просачиванию воды. В естественном виде песок содержит значительное количество посторонних бесполезных примесей, которые должны быть удалены, тогда обменная способность глауконитового песка повышается, и эффективность умягчительной установки становится также выше.

Процесс обогащения глауконитового песка заключается в обогащении путем отмыва водой породы в специальных классификаторах Дора, затем в удалении влаги, сушке и закреплении породы при температуре 150—500°C, просеивании или вибрации через сито и наконец магнитной сепарации.

В результате готовая продукция, т. е. обогащенная часть глауконитового песка, составляет, по отношению к исходному количеству материала, 10—15%.

Операция, называемая закреплением песка, заключается в том, что высушенный песок прокаливается при температуре 500°C, так как без этого глауконитовый песок имеет склонность к пептизации, распаденню и образованию новых минералов, теряется способность песка вступать в обменное разложение и значительная его часть выносится за пределы фильтра.

Сущность химического явления умягчения воды при помощи глауконитового песка сводится к следующему:



До последнего времени глауконит использовался в качестве материала для получения калийных солей и как материал для производства масляной и водной зеленой краски. Повидимому, использование глауконита как красящего вещества имеет за собой широкое будущее; предпринятые материалы по данному вопросу показы-

Основная литература по глауконитам: Малышев — Глауконит и глауконитовые породы Европейской части СССР. Населенко П. П. и Рыковская А. Е. — Глауконит как естественный жесткий вод. Хитаров — Глауконит и связанные с ним задачи.

вают, что глауконитовая краска достаточно стойка к кислотам, щелочам и атмосферным влияниям.

С другой стороны, намечается также использование глауконитового песка как адсорбента, обладающего способностью отбеливать, обесцвечивать и поглощать посторонние вещества, имеющиеся в продуктах промышленности нефтяной, жировой, сахарной, лакокрасочной и других.

За последнее время встал вопрос о возможности использования глауконита в стеклоделии.

Таким образом, область применения глауконита намечается весьма обширная, но среди перечисленных объектов применения использование его как умягчителя жестких вод должно быть поставлено на одно из первых мест по своей простоте, скорости и хозяйственной важности данного мероприятия.

Обогащенный глауконитовый песок носит название неопермута, за границей он занял первое место по отношению других глауконитовых водоумягчающих материалов.

Практическое использование неопермутитовых установок в СССР имеется на Луганской Тэц и в банно-прачечном тресте в Москве.

Обменная способность заграничного неопермутита близка к обменной способности глауконита вятского происхождения.

Таким образом, если говорить о наличии глауконитов в СССР, таковые имеются и использовать их для практических целей есть возможность. Целесообразность умягчения воды глауконитовыми песками подтверждена несколькими научно-исследовательскими институтами нашего Союза¹.

Основа умягчения воды глауконитами заключается в катионном обмене между натрием глауконита и замене металла на щелочно-земельные металлы, находящиеся в воде, тем самым, не уменьшая общего количества плотного остатка, удаляются соли, вызывающие жесткость воды.

В дальнейшем, при израсходовании активного вещества в глауконитовом песке, обратным током концентрированного раствора поваренной соли (10% раствор NaCl) восстанавливается свойство глауконита и реакция может повторяться с прежним эффектом.

Практически дело обстоит несколько иначе в том отношении, что при повторных многократных использованиях глауконитового песка некоторое его количество разрушается и необходимо периодически возобновлять глауконитовую массу песка новыми добавочными порциями такового.

Умягчение воды может быть доведено до низких пределов, включительно до полного исчезновения жесткости; практически для питьевых целей это не требуется, а для тракторов можно ограничить жесткость, не опуская ниже известного предела, примерно, 5°Н.

В заграничной практике использование метода умягчения воды при помощи пермутита находит широкое применение в обыденной жизни населения, промышленности, на железных дорогах.

Стоимость умягчения воды, по немецким данным, на 1°Н жесткости 0,14 пфенинга на 1 м³ воды.

Имеются и некоторые недостатки при использовании глауконитового умягчителя, а именно: в воде накаплиются соединения — двуугле-

¹ М. И. Лакшин и Г. А. Березина. Смягчение воды пеолитами на железных дорогах СССР. Инж. Ю. М. Кострикин и инж. Прозоров. Известия Теплотехнического института № 8(86) 1933 г.

кислая и серно-кислая натровые соли (см. реакцию). При этом выделяющийся при пермутировании бикарбонат натрия обуславливает накопление щелочности и является источником выделения углекислоты, вредно действующей на металл. Отмеченный недостаток имеет остроту для вод с высокой временной жесткостью и, если таковая имеет место, то необходимо вводить промежуточную операцию предварительного известкования воды или последующего, после пермутирования, подкисления воды.

Нами предлагается один вариант глауконитовой установки, который, по нашему мнению, может найти применение в совхозной или колхозной практике Средней Азии, даже если бы пришлось глауконитовый песок доставлять из центральных мест нашего Союза.

При проработке конструкции данной установки мы столкнулись с несколькими требованиями: найти средний объем установки, на который следует рассчитать сооружение, провести предварительную фильтрацию воды, так как этого требует глауконитовый умягчитель, умягчить воду и сохранить ее свежесть, приятную для питьевого потребления. Последнее обстоятельство для среднеазиатских условий является необходимым качеством воды, население им дорожит и старается иметь.

В Средней Азии население применяет способ охлаждения воды, держа воду в глиняных пористых кувшинах. Проникающая через поры кувшина вода постоянно увлажняет его поверхность, происходит сильное испарение влаги, а вместе с тем извлечение из воды в кувшине скрытой теплоты и понижение температуры воды.

Разность показания термометра окружающего воздуха и смоченной его поверхности в 1933 г., по метеорологической станции в гор. Термезе, наблюдалась в месяцы апрель—август от 8 до 19°C.

Это обстоятельство навело нас на мысль использовать опыт населения для охлаждения воды в умягчительной установке. Для указанной цели нами фильтрационный резервуар готовится из бетона, при этом такой плотности, чтобы наружные стенки были постоянно влажными, дабы испарение с поверхности воды поглощало бы внутреннюю теплоту воды, или хотя бы не давало возможности нагреваться воде, и температура воды колодца сохранилась.

Приготовить бетон любой степени пористости затруднений не представляет, тем более, что мы предлагаем использовать бетонные кольца, которые могут быть изготовлены централизованным порядком и, во многих случаях практики, легко доставлены к месту потребления.

Температура воды в фильтровальном резервуаре не имеет данных к повышению, а к понижению или, в худшем случае, к сохранению температуры колодца предпосылки имеются. В виду того, что при постоянной фильтрации воды через поры бетона может произойти разрушение тела бетона за счет выщелачивания извести, необходимо готовить бетон с гидравлическими добавками, которые свяжут свободную известь. Пористость бетона может быть заранее подобрана, для этого надо только приготовить несколько опытных образцов и испытать их на водопроницаемость даже в условиях примитивного производства.

Схема предлагаемой установки представлена в следующем виде:

Водоподъем из колодца осуществляется при помощи ветряка, напорный бетонный резервуар командует над всей установкой и помещается в здании над колодцем; фильтровальные бетонные резервуары для очистки механических и органических примесей в воде устанавливаются на земле, вблизи здания, умягчительная глаукони-

товая установка помещается в земле и хранение воды в специальных резервуарах также в земле. Ветровая установка не является для Средней Азии повсеместно пригодной к использованию, т. к. ветряк требует силы ветра минимум 3—4 м/сек. и постоянства ветра

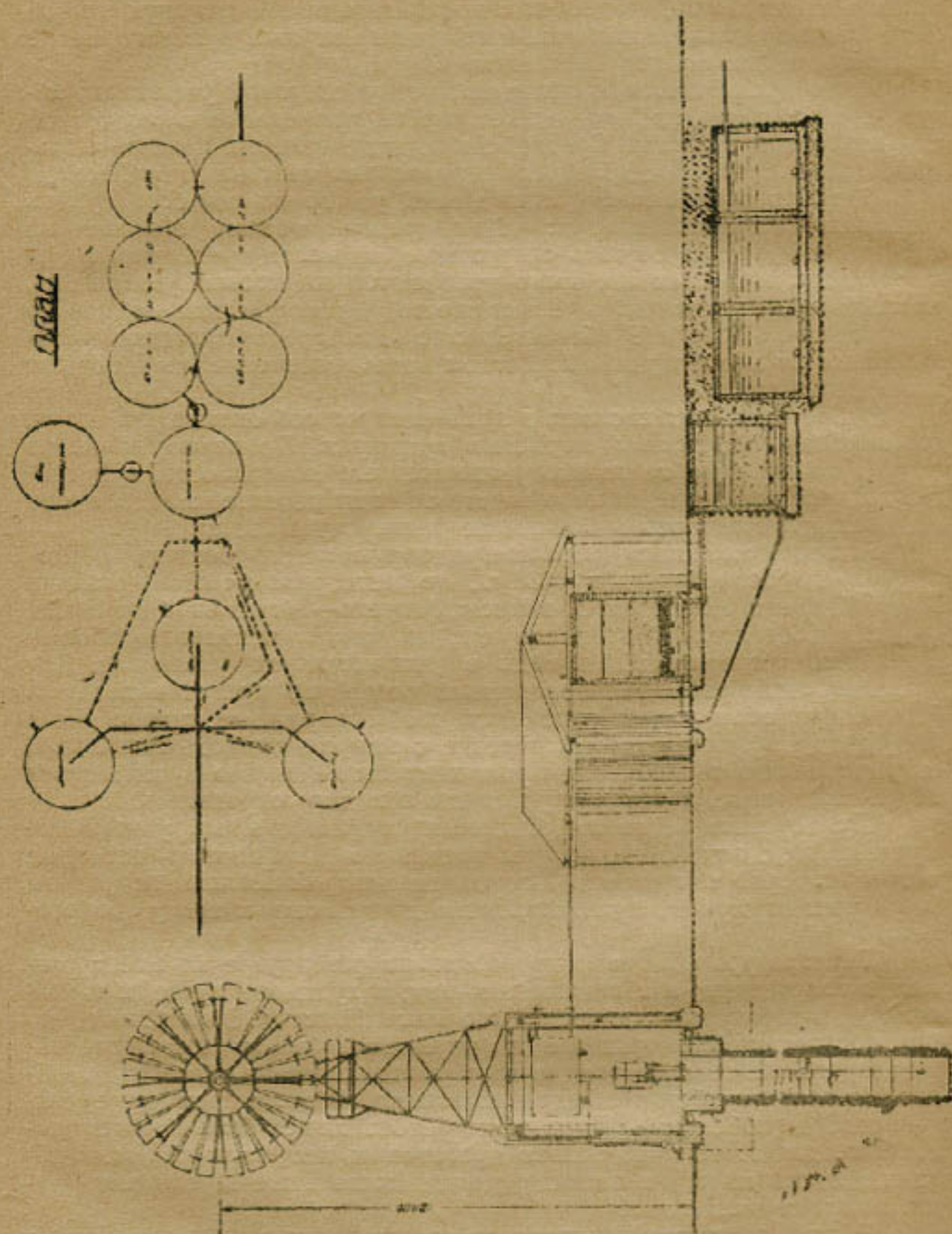


Рис. 1. Схема колесной установки с использованием грунтовой воды с суточным расходом 30 куб. м.

в количестве 70-80% времени. В том случае, когда это условие не может иметь места, установка может быть запроектирована на другом двигателе — стационарный нефтяной двигатель малой мощности и в крайнем случае конный привод.

Во всех случаях используются бетонные кольца. Вода из напорного резервуара самотеком проходит все операции очистки (фильтрации) и умягчения.

Водоподъемное приспособление — насосная лебедка и поршневый насос обычного типа. Насосное оборудование определяется типом колодца, его размерами и мощностью водонасосного слоя. Схема приведена на прилагаемом рисунке 1.

Для уменьшения стоимости установки нами намечено построить над колодцем железобетонные столбы, а стены здания могут быть заложены щитами из местного материала — камышит, соломит, фибролит и т. д. Железобетонные ноги используются одновременно и для установки насосного напорного резервуара.

Объем установки взят на суточный расход в 30 м³ воды.

Эта цифра получена как средняя из подсчета потребности в воде при обследовании нескольких колхозов в Сурхан-Ширабадской долине Средней Азии.

Меньший объем установки для глауконитового умягчения не может быть экономически выгодным, так как сильно повышает стоимость умягченной воды, увеличение же объема установки, наоборот, снижает стоимость воды, но в таком случае необходимо проектировать индивидуальную установку, так как массового применения она иметь не будет. Расход в 30 м³ хорошей питьевой воды — это потребность, примерно, 60 хозяйств, считая питьевую воду для людей, скота и тракторного парка участка МТС на 10 машин.

Одним из обстоятельств, значительно удешевляющим всю установку, является использование железобетонных готовых колец максимального диаметра в 2 м, взамен устройства специальной опалубки для бетонирования резервуаров, подготовки котлована, заготовки арматуры и прочих работ. Само производство работ необходимо вести способом опускаемых колодцев. Работа ведется быстро, просто и стоимость ее значительно ниже по сравнению с другими способами работы. По укрупненным измерителям стоимость установки складывается из следующих сумм:

№ п/п	Наименование работ	Количество	Стоимость		Сумма	
			Руб.	Коп.	Руб.	Коп.
	1. Железо-бетон					
1	Угловые столбы	5,00 м ³				
2	Фундамент. столбы	3,80 „				
3	Верхние связи	1,60 „				
4	Потолочное перекрыт.	1,30 „				
5	Кольца в шахте	4,70 „				
6	Фильтры 3 шт.	13,0 „				
7	Умягчитель	3,90 „				
8	Резервуары для хран. воды .	21,9 „				
	Итого	55,20 м ³	150	—	8280	—

№ п/п	Наименование работ	Количество	Стоимость		Сумма	
			Руб.	Коп.	Руб.	Коп.
II. Бетонные работы						
1	Основание фильтров	5,00 м³				
2	Основание для умягч. . . .	1,70				
3	Основание резервуара . . .	10,1				
	Итого . . .	16,8	100	—	1680	—
III. Разные						
1	Пиленный лес	6,00 м³	100	—	600	—
2	Труб. железа. 40 мм	50,0	10	—	500	—
3	Площадь покрыт. навеса . .	60 см²	20	—	1200	—
4	Ветряной двигатель	1	3000	—	3000	—
5	Лебедка	1	300	—	300	—
6	Насос	1	500	—	500	—
7	Глауконитовый песок	1 м³	2000	—	2000	—
	Итого . . .	—	—	—	8100	—
IV. Разводка воды						
1	Водопровод 300 м	300	10	—	3000	—
2	Разбор колонки	3	250	—	750	—
	Итого . . .	—	—	—	3750	—
V. Начисления						
1	6% на капитал за время постройки (6 месяцев) от суммы 21.810	—	—	—	1308	—
	Итого . . .	—	—	—	1308	—
	Всего . . .	—	—	—	23118	—
VI. Эксплоатац. расх.						
1	6% на капитал от суммы 23118	—	—	—	1386	—
2	Содержание механика 12 мес. . .	12	400	—	4800	—
3	4% амортизация	—	—	—	924	—
4	Непредвид. расходы	—	—	—	1000	—
	Всего . . .	—	—	—	8110	—

Приведенные цифры стоимости взяты с значительным преувеличением против твердых расценок на материалы и рабочие руки, примерно на 75—100%, т. к. в условиях отдаленности колхозов и совхозов от промышленных и городских центров нет оснований вводить в расчет установленные для этих центров расценки, тем более, что транспорт ляжет значительным перерасходом на стоимость материалов.

В отношении кубатуры бетона, железобетона и других материалов, таковые подсчитаны точно по проектным данным, приведенным на рисунке.

Стоимость 1 м³ воды обойдется $\frac{8110}{30 \cdot 30 \cdot 12} = 0,75$ руб. Стои-

мость сельскохозяйственной воды без умягчения колеблется в пределах 15—20 коп. за 1 куб/м³, таким образом стоимость умягченной воды в 3,7 раза превышает стоимость обычной воды. Снижение стоимости материалов, удешевление эксплуатации, увеличение объема установки снизят стоимость воды.

В том случае, когда в воде имеется избыток устранимой двууглекислой соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, рекомендуется предварительно ввести в воду, в дополнительном резервуаре, известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, тогда выделится из воды CaCO_3 , после этого провести фильтрацию и умягчение глауконитом. Лишняя операция оправдывается уменьшением получающейся щелочности воды, что еще в большей степени будет благоприятствовать использованию ее для машин.

Основные данные, положенные в расчет установки:

1. Суточный расход воды 30 м³. Двигатель работает 16 час. в сутки. Часовой подъем воды насосом $30:16=1,82=2,0$ м³. Запасный резервуар, в то же время и напорный, имеет внутренний диаметр 2 м, высоту 1,5 м, что дает его емкость 4,5 м³, т. е. запас, примерно, двухчасовой работы насоса.

Непредвиденный ремонт насосной установки может быть за этот промежуток времени выполнен.

2. Размеры фильтровального резервуара определяются скоростью фильтрации, которая не должна превышать 10—20 см в час; если резервуар будет иметь диаметр 2 м при скорости фильтрации 10 см/час, это даст возможность профильтровать всю массу воды в 30 м³ в срок $30:0,314=96$ часов, а так как вся вода будет подана в 16 час., то потребуется количество фильтров $96:16=6$ шт., или, если принять скорость фильтрации в 20 см в час, необходимо поставить 3 фильтра.

3. Умягчительная установка из глауконитового материала осуществляется путем заложения его в бетонный цилиндр и фильтрацией через него воды. В отношении скорости фильтрации предварительные опыты Научно-исследовательского института материалов НКПС не показали заметного влияния на умягчение воды—скорость фильтрации доходила до 20 м в час. Это обстоятельство позволяет нам предположить, что намеченная в схеме водопровода 1 цилиндрическая бетонная установка, емкостью в 3 м³, вполне достаточна.

Количество закладываемого глауконита при уточненном расчете определяется составом подлежащей умягчению воды.

Из прилагаемой схемы-чертежа видно расположение отдельных частей установки. Обратная регенерация глауконитового песка раствором поваренной соли легко осуществима обратным током воды из фильтрационного или напорного резервуара; спуск воды, при горизонтальной поверхности земли, должен быть осуществлен в сбросную яму или естественный овраг.

Предлагаемая нами умягчительная установка для улучшения питьевого водоснабжения в сельскохозяйственном водоснабжении Средней Азии ни в коей мере не может претендовать на полноту разрешения задачи.

¹ См. Труды Бюро всесоюзных водопроводных и санитарно-технич. съездов. Секция сельского водоснабжения. Выпуск 1.

В данном случае нами предложена стационарная глауконитовая установка, имеющая целью удовлетворить потребности питьевого водоснабжения населения и снабжение водой тракторного парка, но можно поставить цель выработать тип умягчительной передвижной установки. Последний тип особенно будет хорош для тракторного парка, удовлетворяя его потребности в мягкой воде на месте работы, по мере движения всего отряда. Необходимо также учесть, что мы выдвигаем данный вопрос, не претендуя на детальность проработки технологического процесса, что должно быть сделано при составлении проекта.

Широкое внедрение предлагаемой установки в практику сельскохозяйственного водоснабжения Средней Азии встретит значительные препятствия, и одно из них — необходимость доставки обогащенного глауконитового песка из центральных мест нашего Союза.

При наличии такового необходимо иметь квалифицированного человека, умеющего обращаться с глауконитовым песком и правильно его эксплуатировать, иначе эффект установки сведется к нулю. Однако, нам кажется, что затруднения, которые могут встретиться на пути внедрения глауконитовой умягчительной установки в практику сельскохозяйственного водоснабжения, не являются непреодолимыми и едва ли можно оправдать большие убытки от использования жесткой воды тракторным парком теми затруднениями, которые могут встретиться на пути улучшения качества воды.

Подъем культурной жизни в кишлаке требует также и улучшения качества питьевой воды, так что и с этой стороны данная установка является не излишней роскошью. Нам неизвестно, чтобы улучшение сельскохозяйственного водоснабжения в Средней Азии нашло отражение в каких-либо конкретных проектных предложениях на страницах нашей печати и, может быть, данный вариант глауконитовой установки весьма несовершенен, но с учетом опыта населения найдет отклик среди работников сельскохозяйственного водоснабжения и будут предложены технически более совершенные, а экономически более выгодные установки для Средней Азии. Не исключается также необходимость подработки данного вопроса и с научно-исследовательской стороны для выявления качества той воды, которая в условиях Средней Азии лучше может быть подвергнута пермутированию.

К вопросу о механизации очистки ирригационной сети в Средней Азии

Несмотря на то, что вопрос о механизации очистных работ на ирригационных системах Средней Азии ставится не впервые, он не потерял еще до сего времени своей актуальности.

Выполнение большого объема работ по очистке ирригационной сети как оросительной, так и водосборной, составляющего по Средней Азии ежегодно более тридцати миллионов кубических метров, своевременно и достаточно эффективно имеет огромное народнохозяйственное значение, и поэтому вопрос о наиболее рациональных методах выполнения этих работ требует самой тщательной проработки.

Очевидно, что выполнить в сравнительно небольшие сроки очистки такой большой объем работ, и притом с минимальными затратами трудовых и материальных ресурсов, можно только на базе самой широкой механизации их.

Еще до последних лет производство очистных работ на ирригационной сети, особенно на распределительной и мелкой, шло главным образом вручную, неэкономно расходуя время и труд, столь необходимые непосредственно на полях орошения.

Даже применение столь примитивного оборудования, как тачка и носилки, не получило достаточного распространения.

За последние два-три года намечается перелом в этом отношении и механизированные способы очистки ирригационной сети получают все большее и большее распространение.

Наличие большого, разнообразного по типам и размерам парка землеройных машин, могущих с тем или иным эффектом быть использованными на очистных работах, и отсутствие хоть сколько-нибудь значительного опыта по производству очистных работ на ирригационной сети ими требуют, наряду с немедленным приступом к механизации очистки имеющимися в наличии машинами и снарядами, широкого развертывания научно-исследовательских работ в этой области. В результате этих работ должны быть определены контингент снарядов, пригодных для очистки ирригационной сети, пределы их применения, производительность их на этих работах и методы организации и производства работ ими. Разнообразие парка землеройных машин вынуждает отнестись чрезвычайно серьезно к выяснению всех условий производства очистных работ на различных видах каналов и грунтов и правильному подбору соответствующего данным условиям оборудования, для наиболее эффективного его использования.

К сожалению, по этому вопросу пока что сделано очень мало, хотя, как уже отмечалось, вопросом этим занимаются уже достаточно длительное время.

Проведение научно-исследовательских работ по изучению механизированных способов производства очистки ирригационной сети в Средней Азии в основном возложено было на Сектор механизации Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации, который не имеет материальной базы для постановки экспериментальных работ, а поэтому вынужден программу своих работ строить таким образом, чтобы это изучение проводить непосредственно в производственных условиях.

На производстве же внедрение механизированных способов работы тормозится отсутствием опыта и указаний о применимости той или иной машины, производительности ее и о методах производства и организации работ ею.

Несомненно, что выход из создавшегося положения должен возможно скорее быть найден и научно-исследовательскую работу в этом направлении надо широко развить с тем, чтобы возможно быстрее решить эту чрезвычайно важную народно-хозяйственную проблему и тем самым освободить огромные трудовые и материальные ресурсы и переключить их на фронт борьбы за хлопок, фронт освобождения от иностранной зависимости в снабжении страны хлопком.

С другой стороны, необходимо также широко осветить и проработать уже имеющийся у нас опыт работы с механизмами на очистке ирригационной сети, и в этом деле производственники могут сделать очень многое.

Наконец, для разрешения вопроса о механизации очистки ирригационной сети полезно будет ознакомиться с иностранным опытом в этом деле.

Чрезвычайно интересен в этом отношении опыт механизации очистных работ в Америке, где имеющееся в наличии большое количество ирригационных и дренажных систем также требует периодической очистки.

Правда, очистные работы там производятся значительно реже, вопрос об очистке не имеет там такой остроты, как у нас, в силу значительно меньшего объема работ, но все же необходимость механизации этих работ, главным образом в связи с дороговизной ручного производства их, там также назрела и положение оказалось совершенно такое же, как и у нас, — огромный парк землеройных машин, но предназначенных специально для новых работ, и полное отсутствие опыта для суждения о пригодности их при производстве очистных работ.

Для внесения ясности в этот вопрос в конце 1931 года в штате Деланер, где дренажная сеть была уже сильно занята, поставлен был ряд опытов по механизированной очистке ее.

Целью этих опытов было выявить пригодность примененных машин для производства очистных работ, установить те конструктивные изменения, которые должны быть сделаны в них для более эффективного использования их на этих работах, и сравнить их эффективность по стоимости и производительности со стоимостью и производительностью ручных работ, для чего опыты были организованы в таких условиях, чтобы результаты могли быть сравнимы.

Проведенные там опыты могут быть в значительной степени обобщены и дать некоторые указания по рассматриваемому вопросу, поэтому приводим некоторые сведения из краткого отчета по этим опытам, опубликованного инженером Эллисон в журнале „Agricultural Engineering“ № 8 за 1932 г.

Опыты охватывали изучение производства очистных работ ручным способом, конными волокушами, тракторно-скреперной установкой, взрывным способом и грейферным экскаватором.

Работа указанными способами проводилась на каналах, характеризующихся следующими размерами:

Ширина канала по верху	7,60 м
Ширина канала по дну	3,05 .
Глубина канала	1,50 .

Результаты опытов сведены нами в нижеследующую таблицу.

Способ производства работ	Производ. кв. м работ. день	Стоимость удаления 1 м ³ грунта в центах	В % от стоим. ручн. разработки
Ручной способ	3,10	110	100
Конные волокуши	35	81	74
Тракт.-скреп. установка	73	34	31
Взрывной способ	—	13	12
Грейфер экскаватор	—	13	12

Приведенная таблица лишний раз иллюстрирует дороговизну ручного производства работ по сравнению с другими способами и низкую его производительность, не обеспечивающую тех темпов, которые должны иметь место, чтобы без ущерба для полевых работ проводить ежегодную очистку сети.

Емкость примененных скреперов была около 0,12 кв. м. Работали они звеньями по 3-5 скрепера в каждом, при чем каждому звену отводился участок — забой, длиной около 90 м, в начале и конце которого делались пологие въезды.

Применение конных скреперов, по сравнению с ручной работой, дало снижение стоимости на 26% и увеличило производительность более чем в десять раз.

Очистка ирригационной сети конными скреперами может иметь место и у нас в том случае, когда глубина канала не слишком велика и имеется в наличии конная тяга.

Очень хорошие результаты получены были при использовании тракторно-скреперной установки, состоящей из трактора и установленной на нем двухбарабанной лебедки. На лебедку наматывался трос, на обоих концах которого прицеплялось по черпаку.

Трос этот помощью системы анкеров и блоков давал возможность одновременно производить опускание одного черпака в канал для загрузки и подъем из канала второго уже груженого черпака.

Успешность этого метода работы целиком зависит от выбора надлежащих черпаков.

Как показал опыт, черпаки должны удовлетворять следующим условиям:

а) черпаки должны быть достаточно широкими, чтобы хорошо выполнять работу срезки;

б) они должны иметь длинные рукоятки, что обеспечивает более легкую нагрузку и разгрузку их;

в) при производстве выемки твердой глины и гравия черпаки должны иметь большие зубья.

Штат, обслуживающий эту установку, состоит из 5 человек — тракториста, являющегося одновременно и бригадиром, двух загрузчиков и двух разгрузчиков.

С одной стоянки трактора может быть очищен участок канала длиной около 10 м.

Указанные в таблице результаты получены в самых неблагоприятных условиях, при неправильной форме и сильно заросшем травянистой и древесной растительностью канале и удельной кубатуре всего 0,40 куб м на погонный метр.

В более благоприятных условиях производительность будет несомненно более высокая, а стоимость еще ниже.

Такая установка с успехом может быть применена для производства очистных работ на каналах, вдоль которых имеется древесная растительность, где применение других механизированных способов очистки оказывается чрезвычайно затруднительным и часто даже совсем невозможным.

Такие условия у нас часто имеются налицо, и поэтому необходимо испытать подобную установку, либо смонтировав ее примитивным образом, либо используя выпускаемую СССР в опытном порядке канатно-скреперную тракторную установку с двигателем в 30 л. с.

Стоимость такой установки очень небольшая. Наконец, такая установка, помимо производства земляных работ по очистке каналов, достаточно мощна и для производства корчевальных работ.

Взрывной метод производства земляных работ на каналах применяется уже с 1897 года. За это время и взрывные материалы, и самые методы взрывания значительно улучшились и в настоящее время взрывные работы занимают уже значительное место как в строительстве каналов, так и в ремонтно-очистных работах.

Помощью изготовляемого в настоящее время динамита для земляных работ могут быть выполнены каналы с правильными поперечными сечениями и уклонами.

Проведенные в 1930 г. в Северном Огайо опыты показали, что взрывные работы часто обходятся много дешевле, чем ручная разработка.

Большинство отложений в каналах Огайо представляет собой мелкую глину.

Опыты эти показали, что чем толще слой предназначенного к удалению грунта, тем выгоднее производство взрывных работ.

Стоимость удаления 1 куб. м грунта из канала составляла при толщине слоя наносов 0,45 м 33-40 центов, при толщине слоя наносов 0,92 м — 13 центов.

Опыты эти также показали, что динамит более эффективен в глине, чем в песке.

Несмотря на то, что в Делавере преобладающими были песчаные почвы, рентабельность производства взрывных работ в которых считалась сомнительной, опыты были поставлены и показали применимость взрывного способа производства работ и при песчаных грунтах.

Очистка каналов производилась одним рядом зарядов, заложенных вдоль оси его на расстоянии около 1,8 м друг от друга на глубине 0,85 м. Каждый заряд содержал около одного килограмма динамита, заключенного в металлическую гильзу.

Опыты имели целью определение наивыгоднейших условий производства взрывных работ в песчаных грунтах.

В этих грунтах были получены хорошие результаты при расходе примерно 600-900 гр динамита на 1 куб. м выброшенного грунта.

Однако, при неумелом употреблении динамита результаты могут получиться отрицательные.

Площадь получающейся после взрыва воронки и ее глубина зависят как от величины заряда и глубины его погружения, так и от рода взрываемого грунта и степени его влажности, а потому чрезвычайно важно правильно подобрать соответствующие данным условиям величину заряда и глубину его погружения.

Одно из главных преимуществ применения взрывчатых веществ — это легкость, с которой большие количества потенциальной энергии могут быть перевозимы, вследствие чего при необходимости удаления большого количества грунта использование его чрезвычайно упрощает проблему транспорта энергии.

Другое преимущество взрывчатых веществ заключается в том, что при применении взрывного способа очистки ирригационной сети не остается заметных насыпей из выброшенного грунта, таким образом, чрезвычайно важная проблема в наших условиях — проблема растаскивания образовавшихся в результате многолетней очистки отвалов (рашей) — теряет свою остроту или даже совсем отпадает.

Проведенные опыты являются недостаточными для полного освещения вопроса об очистке каналов взрывным способом; к сведениям рекламного характера, сообщаемым фирмами, изготовляющими взрывчатые вещества, следует относиться весьма осторожно, а потому постановка подобных опытов у нас была бы крайне желательна для получения исчерпывающих сведений о пределах применимости взрывного метода, определяемых производительностью и экономичностью.

Некоторый опыт производства земляных работ взрывным способом на каналах и у нас уже имеется, но другими взрывчатыми веществами и в других грунтовых условиях.

Например, опыты на канале Волга — Москва, где взрывание производилось в плотной глине с помощью аммонита, показали, что дальность разлета грунта, при расходе около 1 кг аммонита на 1 куб. м выброшенного грунта, получилась такая, которая вполне обеспечивает надлежащую очистку даже крупнейших каналов ирригационной сети.

Вследствие небольшого объема работ и применения дорого стоящего аммонита стоимость их доходила до 3 р. 50 к. за 1 куб. метр.

При большом объеме работ и употреблении более дешевого взрывчатого вещества, как, например, мелинит, стоимость работ будет значительно ниже.

Там же были проведены чрезвычайно интересные опыты взрывания с направленным ударом и выносом грунта под заданным углом, давшие отличные результаты.

Другая серия опытов по применению взрывного способа производства земляных работ на каналах с помощью аммонала была проведена на Вахшстрое.

В результате опытов было установлено, что:

а) производство работ на сухих лессовых грунтах помощью взрывов аммонала невыгодно — расход аммонала составляет в среднем 5,5 кг на 1 куб. м выброшенного грунта;

б) на сыром плотном грунте взрывы дают лучшие результаты — расход аммонала около 1,3 кг на 1 куб. м выброшенного грунта;

в) в болотистых грунтах взрывы весьма малоэффективны вследствие последующего после взрыва оплывания грунта. Так как в начальный момент работы ни ручной разработки, ни экскаваторов применить не представляется возможным, то надо полагать, что отры-

тие небольшого канала для спуска грунтовой воды взрывным способом будет рационально.

Опытов взрывных работ в песчаных грунтах, составляющих основную массу подлежащих при очистке удалению наносов, у нас пока совершенно нет.

Опытная работа грейферным экскаватором с ковшом емкостью 1,37 куб. м в Делавере дала ту же стоимость единицы работы, что и взрывной способ, а именно 13 центов, т. е. всего только 12 проц. от стоимости производства этих работ вручную.

При удельной кубатуре выше 4,5—6,00 куб. м на погонный метр длины канала стоимость производства работ экскаватором получается более характерной для цен нового строительства, чем для цен ремонтно-очистных работ, которые обычно бывают более высокими.

Развитие землечерпательных машин определялось тенденцией к постройке крупных единиц, исходя из общего положения, что крупные машины более рентабельны.

Установка эта совершенно правильная, пока дело идет о работе этих машин на новых стройках или на очистке крупных каналов, где удельная кубатура работ большая, но совершенно неправильная по отношению к ремонтно-очистным работам на ирригационной сети с небольшой удельной кубатурой, где применение больших и тяжелых машин нерентабельно.

Отсутствие до последнего времени легкого дешевого экскаватора несомненно тоже тормозило развитие механизированных способов очистки ирригационной сети, и только в последние годы появились машины, более или менее подходящие для условий очистных работ.

Снаряды эти обычно имеют ковш емкостью 0,35 куб. м и стрелу около 9 м длиною.

Но, кроме небольших размеров, от машин, предназначенных для ремонтно-очистных работ на ирригационной сети, требуются еще и некоторые конструктивные особенности ковша.

Ковши, предназначенные для этих работ, могут быть значительно легче, чем ковши для обычных земляных работ, так как они работают в более легких условиях, выполняя больше работу черпания и отделки, чем копания.

Можно предполагать, что из имеющихся у нас машин подходящим для условий очистных работ будет экскаватор „Комсомолец“ на гусеничном ходу с ковшом емкостью 0,35 м³, работающий с керосиновым двигателем трактора ХТС мощностью 30 л. с., производительность которого составляет 20 куб. м в час.

Экскаватор этот мало еще изучен и на очистке ирригационной сети почти не работал.

Вообще говоря, из имеющихся в настоящее время крупных землечерпательных машин, составляющих три основных класса — одноковшовые экскаваторы, многоковшовые экскаваторы и землесосы, применение могут иметь в зависимости от тех или иных условий все три класса.

В отношении одноковшовых экскаваторов требования, к ним предъявляемые при применении их на очистных работах, уже указаны и сводятся к легкости и подвижности и специальным конструктивным изменениям ковша.

Эти экскаваторы обычно сухопутные и из них предпочтение следует отдать машинам на гусеничном ходу, как наиболее легко передвигаемым.

Из одноковшовых экскаваторов применены могут быть на очистных работах почти все типы их — башенный экскаватор, канатно-скрепковый, грейферный.

Многоковшовые экскаваторы имеют ковши, монтированные либо на бесконечной цепи, либо на вращающемся колесе. Из них тип экскаватора с бесконечной цепью применим на каналах самых разнообразных размеров.

Как машина для ремонтно-очистных работ, экскаватор этот превосходит по своим свойствам все другие типы землечерпательных машин.

Большой недостаток элеваторной машины с бесконечной цепью заключается в том, что на больших каналах она должна проходить по обеим сторонам.

Если мы на каналах, заросших древесной растительностью, для прохождения крупных машин рекомендуем развитие насаждений только с одной стороны, то при использовании многочерпакового экскаватора потребуется расчистка обоих берегов, что не всегда возможно.

На очистных работах многочерпаковые сухопутные экскаваторы у нас почти не применялись.

Работающая в среднем течении Аму-дарьи пловучая землечерпалка „Ирригатор № 3“ с ковшами емкостью 0,6 куб. м и контрактной производительностью 100 куб. м в час дает вполне удовлетворительные результаты.

Что касается землесосов, то они обычно изготавливаются пловучими и с успехом применяются на очистке ирригационной сети, когда имеется благоприятный для их работ грунт (главным образом песчаный) и достаточное количество воды при сравнительно большой удельной кубатуре.

Такие условия как-раз и имеются в головных частях магистральных каналов, питающихся из Аму-дарьи, где наносы в основном состоят из мелкого, с небольшой примесью илистых частиц, песка с изредка встречающимися линзообразными прослойками плотной глины (ак-лой).

Это положение подтверждается практикой работы там двух сравнительно крупных паровых землесосов — „Ирригатор № 1“ с контрактной производительностью 250 куб. м грунта в час и „Ирригатор № 2“ с производительностью 100 куб. м грунта в час.

Из указанных двух землесосов „Ирригатор № 1“ является значительно более рентабельным, так как „Ирригатор № 2“, имея производительность в 2,5 раза меньшую, оборудован главной машиной, мощность которой только в 1,65 раза меньше мощности главной машины землесоса „Ирригатор № 1“.

Большая удельная мощность землесоса „Ирригатор № 2“ (мощность, отнесенная к контрактной производительности), мало отличающиеся от землесоса „Ирригатор № 1“ габаритные размеры корпуса и почти такое же количество штатных единиц, делают этот землесос менее рентабельным.

Стоимость удаления одного кубического метра грунта для землесоса „Ирригатор № 1“ в 1935 г. составляет 1 р. 20 к., а для землесоса „Ирригатор № 2“ — 2 р. 38 к., т. е. почти в два раза больше.

Из сказанного отнюдь не следует делать вывода, что землесосы малой производительности вообще нерентабельны.

Имеющиеся в обращении сейчас кустарным образом смонтированные землесосы системы инж. Моргуновкова, состоящие из трактора СТЗ и десятидюймового центробежного насоса, работающего без

рыхлителя, дают производительность около 20 куб. м грунта в час при средней стоимости одного кубического метра 1 р. 78 к., т. е. значительно дешевле, чем землесос „Ирригатор № 2“.

Применяемый также полукустарного типа землесос системы Янговатова по нашему мнению является совершенно неудачным (выпуска 1934 г.).

Землесос этот состоит из трактора СТЗ мощностью 30 л. с., десятидюймовой землесосной помпы и механического рыхлителя фрезерного типа.

При контрактной производительности 45 куб. м грунта в час он дает фактически в среднем около 14 куб. м грунта в час, при весьма низком коэффициенте использования рабочего времени, являющемся следствием частых поломок конструктивно неудачных его деталей.

Стоимость единицы его работы, разумеется, очень высока (для землесоса Моргуnenкова — 92 к., Янговатова — 1 р. 82 к.).

Не касаясь в настоящей статье вопросов рационализации существующих землесосов, укажем только на необходимость проектирования специального землесоса для ирригационных работ, для чего уже накоплено достаточное количество данных.

Нет сомнения в том, что при очистке ирригационной сети Южного Хорезма, где годовой объем очистных работ составляет около 13 миллионов куб. м, землесосы будут основными механизмами.

В заключение следует указать, что одним из мероприятий, облегчающих и удешевляющих очистку ирригационной сети, является удаление рашей.

Как показал опыт последних лет, наиболее эффективный метод удаления их — это смыв с помощью гидромониторов.

Работы эти получили сейчас уже довольно широкое распространение.

Употребляются для этих работ кустарным образом смонтированные гидромониторы, состоящие из трактора СТЗ и шестидюймового центробежного насоса с прорезиненными всасывающими и нагнетательными шлангами.

При диаметре выходного отверстия насадка 35—40 мм и давлении у конца его около 2 атмосфер производительность такой установки составляет в среднем 30 куб. м в час, при стоимости смыва одного кубического метра раша около 30 коп.

Установка такого гидромонитора чрезвычайно проста и недорога и требует для своего обслуживания только двух человек — тракториста и монитора.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы:

а) стоимость механизированного производства очистных работ на ирригационной сети во всех случаях ниже стоимости ручного производства их,

б) стоимость этих работ будет тем ниже, чем более приспособленным для условий очистных работ будет применяемое оборудование;

в) в условиях заросших древесной растительностью каналов, когда использование крупных самоходных землеройных машин или прицепных снарядов затруднительно, основным снарядом для очистки, очевидно, будет канатно-скреперная тракторная установка со скребками, приспособленными к условиям очистных работ;

г) взрывной метод требует еще детального изучения для установления применимости его на очистных работах;

д) из экскаваторов наиболее применимы будут легкие и подвижные экскаваторы с облегченными и уширенными ковшами;

е) основная установка при постройке землесосов для очистки ирригационной сети должна быть взята на изготовление землесосов небольшой производительности—25—50 куб. м в час, что не потребует больших габаритов их, чрезвычайно вредно отражающихся на режиме осаждения наносов при нахождении их в каналах, придаст им большую подвижность и значительно расширит область их применения;

ж) растаскивание рашей наиболее эффективно производить гидравлическим способом — помощью гидромониторов.

Исследование асфальто-бетона в длительные сроки

Целью постоянных исследований являлась проверка устойчивости асфальто-бетона как в сухом, так и в насыщенном состоянии по отношению к механическим воздействиям и изучение водопоглощаемости в лабораторных условиях в длительные сроки.

В конце 1931 г. проводились испытания асфальто-бетона, уже бывшего в эксплуатации, в направлении определения процентного содержания битума и гранулометрического анализа минеральной массы.

Определение процентного содержания битума в асфальто-бетоне преследовало цель проверки количества битума в составе асфальто-бетона по сравнению с заданным количеством его при проектировке, т. к. недостаточное количество его в составе может дать суховатую массу, слабее сопротивляющуюся механическим воздействиям. Повторное исследование гранулометрического состава минеральной массы асфальто-бетона преследовало цель проверки крупности фракций при возможности их измельчения при трамбовании.

Оказалось, что асфальто-бетон, бывший в эксплуатации один год, не претерпел никаких изменений как в процентном содержании битума (не отличающимся по количеству от заданного при проектировке), так и по гранулометрическому составу минеральной массы.

Таблица гранулометрического анализа после экстракции битума из асфальто-бетона

Таблица 1

№№ опытов	1	2	3	4	5	6	7
Общий вес	340 гр	206 гр	253,62	222,80	89,00	137,50	120,30
Фр. 7 мм	136,32	45,99	102,82	38,62	23,70	51,30	30,20
7 мм. 5 мм	10 гр	21,1	24,20	26,20	8,30	12,70	16,70
5 . 3 .	5,11	28,63	25,90	30,10	11,80	5,20	14,20
3 . 2 .	3,30	12,69	12,90	15,50	9,50	3,80	21,40
2 . 1 .	14,2	9,23	8,02	11,50	4,90	5,20	9,00
900 отв.	87,30	43,70	43,70	54,00	20,00	33,60	20,20
4900 отв.	52,50	24,50	23,00	29,00	6,50	14,30	8,40
10000	5,96	3,00	3,37	4,80	1,15	2,36	1,44
10000	20,31	17,16	9,71	13,08	3,15	9,04	8,76
7 мм в %	40,08%	22,33%	40,54%	17,33%	26,63%	37,31%	16,79%
5 мм в %	2,94	10,24	9,54	11,76	9,33	9,24	13,88
3 мм в %	1,50	13,90	10,21	13,51	13,26	3,78	11,80
2 мм в %	2,44	6,16	5,09	6,96	10,67	2,76	17,79
1 мм в %	4,18	4,48	3,16	5,16	5,51	3,78	7,49
900 ст. в %	25,68	21,21	17,23	24,24	22,47	24,4	16,79
4900 ст. в %	15,44	11,89	9,07	13,02	7,30	10,40	6,98
10000 в %	1,75	1,46	1,33	2,15	1,29	1,72	1,20
10000 в %	5,98	8,33	3,83	5,87	3,54	6,57	7,28

Для исследования устойчивости асфальто-бетона механическим воздействиям в лабораторных условиях были взяты 4 рецепта, причем 2 различных скелета с максимальным диаметром зерен 15 мм с двумя заполнителями—фархадским известняком и немолотым лессом. Составы приводятся в нижеследующей таблице 2.

Таблица 2

Наименование материалов	% содержание материалов в составах			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Щебень диам. 15—10 мм	8,9	8,9	18	18
„ „ 10—5 мм	3,8	3,8	18	18
„ „ 5—2 мм	12,81	12,81	17	17
Песок 2—1 мм	25,5	25,5	8	8
„ 1—0,5 мм	5,68	5,6	6	6
„ 0,5—0,25 мм	6,31	6,31	6	6
„ 0,25 мм	27	27	10	10
Фархадский известняк	10	—	17	—
Немолотый лесс	—	10	—	17
Битум бакинский 17	8	8	7	7

Образцы изготовлены для испытания на сжатие в сухом состоянии в возрасте 1 суток, 7 дней, 28 дней, 2 мес., 3 мес., 6 мес., 1, 2, 3 и 5 лет и в насыщенном состоянии в те же сроки за исключением суточных.

В настоящее время проведены испытания образцов до шестимесячного возраста.

Результаты испытаний образцов в сухом состоянии сведены в таблицу 3.

Таблица 3

№ рецеп- тов	Временное сопротивление сжатию в кг/см ² в сухом состоянии							Примечание
	1 дн.	7 дн.	28 дн.	2 мес.	3 мес.	6 мес.	Коэф. колич.	
1	12	10,1	10,2	испорт.	24,4	21,6	78,30	Результаты испытаний во всех случаях брались среди из 3 определ.
2	14,8	13,3	12,6	24,5	26,6	24,6	116,4	
3	24,6	18,6	18,6	24,6	20,3	25,1	131,8	
4	24,0	20,4	21,0	28,6	27,2	30,0	151,2	

Анализируя таблицу 3, можно сказать, что временное сопротивление сжатию мелкозернистого асфальто-бетона в сухом состоянии в шестимесячном возрасте по сравнению с суточными возрастает, причем при известняковом заполнителе возрастание доходит до 80%, а при лессовом заполнителе — до 65%.

Для крупнозернистого асфальто-бетона при известняковом заполнителе сопротивление сжатию образцов в шестимесячном возрасте против суточных повысилось на 2%, тогда как при заполнителе из лесса сопротивление увеличивается до 25%.

Испытание на сжатие асфальто-бетона в насыщенном состоянии в разные сроки производилось после определения водопоглощаемости образцов (см. таблицу 4).

Таблица 4

Наименование	№№ рецептов				Примечание
	1	2	3	4	
Временное сопротивление сжатию в возрасте 1 суток	10,2	11,6	18,4	16,6	Результат испытаний во всех случаях брались средн. из 3 определений
То же 28 дней	9,2	9,6	24,5	14,4	
„ 2 мес.	6,2	13,4	21,2	14,4	
„ 3 мес.	6,7	7,2	18,5	11,6	
„ 6 мес.	5,7	7,3	17,2	20,3	
Коэффициент качества	38,0	49,1	99,8	77,3	
% водопоглощаемости:					
7 дней	2,33	2,34	1,06	1,71	
28 дней	4,24	4,19	2,01	4,80	
2 месяца	9,2	7,11	3,74	4,25	
3 месяца	10,14	8,36	3,27	4,41	
6 месяцев	8,7	7,71	4,07	3,24	

Результаты испытаний показали, что почти все образцы в насыщенном водой состоянии дали понижение в сопротивлении сжатию, при чем крупнозернистый асфальто-бетон дает, как и в сухом, большее сопротивление, нежели мелкозернистый.

В отношении водопоглощаемости асфальто-бетона данных рецептов оказалось, что крупнозернистый состав менее водопоглощаем, чем мелкозернистый.

Библиография

Сипаи в американской практике

Журнал *Engineering News Record* сообщает интересные сведения о применении при берегоукрепительных работах в США тетраэдров из железных или железобетонных стержней, сходных по назначению и конструкции с сипаями.

Первый раз такие тетраэдры, собранные из старых рельс и связанные друг с другом проволокой, были устроены в 1934 году для урегулирования течения реки Колорадо у Пало Верде. Они были прикреплены к свайным якорям, забитым в берег реки. Уже в 1927 году была отмечена целесообразность этой конструкции и она завоевала себе место в американской практике. В 1927 г. на реке Санта Клара было устроено ограждение из 30 сипаев, состоящих из железобетонных стержней квадратного сечения пл. 78 см^2 , армированных 8 стержнями $d=1\frac{1}{2}''$ и имевших высоту около 4,0 м. Сипаи были соединены между собою 6 кабелями $d=25 \text{ мм}$. Это сооружение успешно предохраняло 2 крупных моста от размыва значительным наводком указанной реки.

Ограждение из таких же тяжелых железобетонных тетраэдров высотой 2,5 м, весивших около 3,25 тн, послужило для отвода реки Бель Фурш в новое русло. По заключению местного технического надзора за рядом этих сипаев, расставленных в расстоянии 5,0 м друг от друга, образовались быстро значительные наносы, и они оказались гораздо полезнее, чем любой жесткий тип дамбы.

(*Engineering News Record*, № 14, 3. X 1935 г.)

Б. Кавалли

Начало постройки Флоридского морского канала

Правительством США отпущено 5 млн. долларов на приступ к постройке морского канала через полуостров Флориду от г. Санта Фе до Форт Ирглис. Полная длина этого канала, соединяющего Атлантический океан с Мексиканским заливом, равна 320 км, из которых 160 км приходится на собственно вновь сооружаемый канал шириной 76 м, а 160 км — на расширение, углубление и урегулирование уже существующих водных путей с доведением их ширины до 122 м и устройство морского канала в Мексиканском заливе, шириной от 76 до 300 м в устье. Наименьшая глубина канала будет равна 30 футам.

Таким образом, Флоридский канал будет и шире, и длиннее Панамского, но стоимость его сооружения, равная 150 млн. долларов,

будет значительно ниже стоимости последнего, который обошелся в 336 млн. долларов, не считая выплаты французским акционерам и Панамской республике. Это объясняется отсутствием необходимости в шлюзовании, т. к. канал по всей своей длине лежит в уровне моря, и более дешевыми земляными работами в сравнительно легких грунтах.

Устройство канала сокращает путь судов, следующих из североамериканских портов в Мексиканский залив, делает его безопасным от свирепствующих у берегов Флориды ураганов и морских рифов. Главным экономическим обоснованием постройки является облегчение доступа пенсильванской нефти в Среднюю Америку; но и по самым оптимистическим расчетам канал не будет рентабелен и постройка его требует дотации, поэтому она очень холодно встречена промышленностью. Главное значение его стратегическое, так как он создаст новый северный выход из Панамского канала. Это решило вопрос о постройке. Между прочим она встретила интересное возражение со стороны некоторых инженеров и местной общественности. Опасаются, что канал даст доступ морской воде к подземным грунтовым водам Флориды, питающим местную ирригацию и водоснабжение. Это поведет к засолению почвы и испортит питьевую воду. (Engineering News Record, № 11, 12.IX 1935 г.)

Б. Кавалли

Очистка оросителей землесосом

Оригинальная машина сконструирована для сахарных плантаций, принадлежащих обществу United States Sugar Co во Флориде, для очистки каналов оросительной системы. В этой местности с тяжелым глинистым грунтом, быстро заростающим сорняками, для быстрой очистки канав оказалось выгодным применить легкий сухопутный землесос. Этот землесос имеет спиральный резец в форме бесконечного винта. При открытии доступа воды в оросительную канаву землесос выбрасывает вместе с нею срезаемый им грунт, вырывая глубоко с корнями вредную растительность. Последний тип этой машины имеет самостоятельное движение на двух гусеницах, поддерживающих поперечный мостик, на котором укреплен землесос. Она приводится в движение и управляется одним человеком. Производительность ее равна 2,25 куб. м выбрасываемого грунта в минуту. В истекшем году одной такой машиной очищено около 75 км оросительных канав. (Engineering News Record, № 12, 7.IX 1935 г.)

Б. Кавалли

Постройка плотины Форт Пек на р. Миссури

Августовский номер журнала Engineering News Record посвящен замечательным работам по постройке плотины Форт Пек (Fort Peck) на р. Миссури, сооружаемой для образования водохранилища объемом в 23,5 миллиарда куб. метров.

Это сооружение будет самой большой в мире плотинной намывного типа, в пять раз превосходящей по величине до сих пор рекордную Гатунскую плотину в Панаме.

Понятно, что самыми серьезными при этой работе явились не вопросы проектирования, так как конструкции плотины несложны, а

вопросы организации работ, требующих перемещения громадных земляных масс и добычи большого количества инертных материалов.

Для сооружения плотины необходимо уложить около 76 млн. куб. м насыпи, произвести 16,5 куб. м выемки для образования водослива и переместить 1,5 млн. куб. м гравия, необходимого для бетонных работ и устройства берм.

Хотя образованный плотиною резервуар составляет только $\frac{1}{4}$ резервуара, созданного Бульдеровской дамбой, однако площадь его будет равна 100 000 га и береговая линия составит 300 км.

Главными частями сооружения являются намывной барраж, длиной 11.300 м, из которых 2.700 составляют его главную часть, а 8.600 м имеют значение берегоукрепительного сооружения; водослив со щитами Стонея, расположенный в 4,8 км от основной плотины, и отводной тоннель, состоящий из четырех труб с отверстием в свету, равным 26 футам (7,93 м).

Проект тела плотины изменялся несколько раз. В настоящее время остановились на типе намывной плотины с шириною по низу в наибольшем сечении 865,0 м и по верху 30,0 м при максимальной высоте 64,0 м. Откос, обращенный к верхнему бьефу, будет иметь уклон от 1:5 до 1:4 и разделяется четырьмя бермами шириной 9,0 м. Откос, обращенный в сторону нижнего бьефа, значительно положе. Уклон его равен 1:8,5 с двумя бермами шириной 9,0 и 15,0 м.

Глиняное ядро плотины имеет откосы 1: $\frac{3}{4}$ и 1:1. Для устранения возможности фильтрации, оно прорезано диафрагмою из шпунтового рода железных свай, длиной 57,0 м, доходящих до плотного неразложившегося слоя глинистого сланца, служащего основанием.

При пересечении откоса плотины с основанием с обеих сторон укладываются гравийные призмы, служащие ему опорой.

Водослив предназначен для пропускки расхода в 7150 секунд-метров при высоте подпора в 1,0 м. Он имеет отверстие длиной 247,0 м с 16 щитами Стонея площадью 12,20 x 7,60 м каждый.

В настоящее время сделано около $\frac{1}{8}$ необходимых земляных работ. Плотина намывается четырьмя электрическими землесосами диам. 28" (71 см), дающими ежемесячно около 2.250.000 куб. м. До приступа к устройству насыпи было необходимо освободить естественное основание от слабых грунтов глины, органических остатков и разложившегося сланца. Это потребовало около 2,5 млн. куб. м выемки. Месторасположение плотины было выбрано после тщательного обследования, понятие о котором дает то, что на месте сделано 28.000 м буровых скважин для определения качеств грунта. Плотина основана на слое аллювия, опирающемся на пласт глинистого сланца толщиной 300 м. Этот пласт лежит на глубине 48 м от поверхности земли, т. е. слишком глубоко для основания на нем плотины тяжелого типа, почему было избрано устройство земляной дамбы. Как указано выше, фильтрация сквозь аллювий предупреждается железным шпунтом длиной от 23 до 60 м. *не выносим*

Для погружения его устроены шпаги, к которым привариваются зубья и три 3" трубки, в которые нагнетается вода под давлением 12,5 атм. Эти шпаги загоняются перед последней погруженной свайей и размыивают путь для следующей пары. Ввиду большой длины свай они делаются из двух свариваемых частей.

При производстве насыпи ведется строгий контроль осадки грунта и определение просачивающейся воды, для чего по ширине насы-

ли устанавливается 6 рядов трубок с наваренными на них пластинками, дающими возможность получить необходимые данные.

Одной из наиболее трудных работ явилось устройство деривационных туннелей. Устройство его встретило серьезные препятствия в слабости сланца, рассыпавшегося немедленно после обнажения и осушки воздухом.

Туннели, имеющие общую длину 8,0 км, облицовываются железобетонной конструкцией с арматурой из стальных колец.

Разрабатываемые на диаметр в 32 ф. туннели будут иметь чистое отверстие в 28 ф. Работы по их сооружению полностью механизированы. Однако, вследствие трудности их они задержались и не смогут быть готовыми в срок.

Карьер инертных материалов находится в 100 км от места работ. Он оборудован шагающими экскаваторами с ковшами емкостью 6 куб. м и современными электрическими установками для промывки и грохочения. Ежедневная производительность карьера в среднем 3.700 м³ в день. Так как все механизмы питаются электрическим током, то для канализации его к месту постройки проведена линия высокого напряжения на 154.000 вольт, длиной 480 км от г. Грэт Фолс. в шт. Монтана.

Б. Кавалли

ОТ РЕДАКЦИИ

В № 5 журнала „Ирригация и гидротехника“ следует исправить следующие редакционные опечатки

Строка		Напечатано	Следует читать
Стр.	сверху		
3	7	тем меньше урожай	тем меньше удельная оплата урожая водой
5	16	по территориальному признаку	по производственно-территориальному признаку

Формулы (стр. 5) для расчета продолжительности полива 1 га и определения числа поливальных машин заимствованы автором из инструкции Главводхоза „Временная инструкция по организации работ, связанных с проведением планового водопользования“.

Ответственный редактор ~~И. Б. Кар...~~

Члены редакционной коллегии: проф. Н. А. Янишевский, Г. И. Антокольский, А. Н. Аскоченский, Г. Н. Виноградов, М. С. Вызю, А. Н. Исаев, Миронов.

С о д е р ж а н и е

Стр.

1. В. И. Королев—К методике разработки правил поливов в разрезе производственных микрорайонов	3
2. Н. А. Фадеев—Определение максимального расчетного расхода реки . .	19
3. А. В. Гроцкий—Водозаборные сооружения в Средней Азии и их дефекты	34
4. Г. А. Григевич—Некоторые вопросы производственно-питьевого водоснабжения поливных хлопководческих хозяйств Средней Азии	49
5. Н. Д. Пржигодзкий—Глауколитовая умягчительная установка для сельскохозяйственного водоснабжения	60
6. З. И. Шваб—К вопросу о механизации очистки ирригационной сети в Средней Азии	71
7. Н. И. Царев—Исследование асфальто-бетона в длительные сроки . . .	80
8. Библиография	83