

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ

ИРРИГАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИКА

№ 6

САНИИРИ
ТАШКЕНТ
1 9 3 6

К вопросу о перспективах развития рисосеяния в СССР

1. Значение риса

Рис относится к числу важнейших продуктов питания человека и стоит выше других пищевых продуктов вследствие легкой его переваримости и усвояемости. По Рюбнеру¹, коэффициенты усвояемости главных пищевых продуктов представляются в следующем виде:

Усвояемое количество на 100 частей

Продукты	Сухого вещества	Белков	Жиров	Углеводов	Солей
Хлеб белый	96,3	79	—	99	93
Хлеб ржаной	85,0	68—78	—	89	64
Макароны	95,7	83	94	99	76
Рис	95,9	80	93	89	85
Молоко	92,2	90—99	97	100	63
Яйца	94,8	97	95	—	82
Мясо	94,4	97	95	—	82
Горох	91,0	—	—	—	—
Картофель	90,6	78	—	93	—

Рис вареный переваривается желудком в промежуток времени немного более 1,5 часа, в то время как другие вещества требуют гораздо больше времени. Коэффициент усвояемости у него самый высокий — около 95,9% сухого вещества его всасывается кишечником. Калорийность его (3594) лишь немного ниже калорийности пшеницы (3610)². При этом рис богат витаминами, фосфорными соединениями и органо-фосфор-

¹ Г. Г. Гуцин — Рис, стр. 272.

² Г. Г. Гуцин — Рис, стр. 273.

ными (фитин, лецитин и т. п.), жирами и белками. Количество белковых веществ риса в среднем достигает 7%, у очень же хороших сортов оно доходит до 9%.

Продукция риса во всех своих частях может быть использована полностью.

Лучшие сорта зерна риса идут в пищу людям, а худшие используются для приготовления различных продуктов — крахмала, рисовой муки, пудры. Рис используется также для спиртных напитков и в конфектном производстве.

Рисовые отруби, зародыши и отсевики, богатые жирами, используются в качестве сильных кормов для скота, для производства растительного масла и приготовления похожего на патоку некристаллизующегося сахара.

Мякина риса, смешанная в определенной пропорции с бетоном, используется для возведения бетонных построек. Употребляется мякина также для приготовления коксового фильтра и целлюлозы.

Солома риса идет на выделку веревок, цыновок, лукошек, корзин, шляп, сандалий, на приготовление бумаги, картона и даже мебели.

Указанные выше свойства делают понятным то высокое значение риса в мировом хозяйстве, которое он имел в прошлом и имеет в настоящее время. Ежегодное производство очищенного риса определяется в размерах 120—130 млн. тонн, при чем для $\frac{2}{3}$ населения земного шара рис составляет главнейший продукт питания. Четыре или пять столетий тому назад рис был основой питания человечества, и только по мере продвижения и расширения сельскохозяйственной культуры на север стала возрастать площадь посевов соперничающей с рисом пшеницы.

В настоящее время в странах мира, сеющих рис, под посевами риса находятся следующие площади:

С т р а н ы	Площадь рисовых посевов в га	Примечание
Индия	32.966.000	(ориентировочно)
Китай	19.000.000	
Япония	5.251.000	
Индокитай	5.072.000	
По островам Великого океана . . .	3.300.000	
Ява	3.263.000	
Сиам	2.491.000	
Африка	1.700.000	
Филиппинские острова	1.673.000	
Америка	1.000.000	
Цейлон	303.000	
Европа	203.000	
Британская Маллака	202.000	
СССР	142.000	

Такая сравнительно небольшая площадь посевов риса в СССР зависит от того, что главная масса площадей Советского Союза расположена в поясе умеренного и холодного климата.

Современные нормы потребления риса населением разных стран весьма различны. В странах, где рис является основным продуктом питания, как, например, Япония, средняя норма потребления на человека составляет 130,3 кг, в странах же, где рис является добавочным продуктом питания, по данным Международного аграрного института средние нормы годового потребления на 1 человека выражаются в следующих размерах (в кг):

	Довоен.	Современ.
Великобритания	4,4	2,6
США	3,6	4,1
Германия	3,8	4,1
Испания	2,2	6,4
Италия	7,0	6,0

Приведенные данные показывают рост средних норм потребления риса в европейских странах, и в настоящее время можно считать, что средняя норма годового потребления риса на одного человека в европейских странах, производящих рис,—Италия и Испания—составляет 6—7 кг, в странах, ввозящих рис, эта норма равняется 4—4,5 кг.

2. Рисоводство в СССР после революции

Выдвинутая постановлением ЦК ВКП(б) от 18 июля 1929 г. задача не только освободить текстильную промышленность Союза от ввозимого заграничного хлопка, но и иметь необходимый резерв для дальнейшего расширения текстильной промышленности, была связана в своем разрешении с вытеснением нехлопковых культур в хлопковых районах хлопком.

Размещение рисовых посевов в основной своей массе именно в хлопковых районах имело своим последствием резкое снижение посевной площади риса в Союзе, что видно из следующих данных:

Г о д ы	1914	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933
Площади риса в тыс. га.	278,0	206,8	217,3	220,9	157,7	124,0	122,7	124,2
В %	100	74,3	78,1	79,3	56,7	44,6	44,1	44,5

Особенно сильным было снижение рисовых площадей по Средней Азии и Азербайджану:

Г о д ы	Площадь риса в га по Ср. Азии	Площадь риса в га по Азербайджану
1914	231.600	47.100
1925/26	177.700	44.200
1933	67.284	23.600

Процесс вытеснения риса хлопком в основных рисоводческих районах привел к тому, что, с одной стороны, как уже сказано, уменьшилась общая площадь рисовых посевов более чем в два раза, а с дру-

гой, этот процесс оказал влияние на общую массу рисовой продукции, т. е. выбывали из-под рисовых посевов площади с наиболее высокой рисовой урожайностью.

Если современную рисовую урожайность с гектара принять в размере 20 центнеров, то общее снижение продукции выразится в 3080 тыс. цент., или составит 55,4% от той массы продукции, которая может быть условно принята для довоенного времени (278 тыс. га). При также условно взятой норме потребления риса в довоенной России на 1 человека в год в 3,5 кг, что примерно соответствует уровню потребления США и Германии, общая продукция риса с указанной площади в 278 тыс. га — 5560 тыс. цент. — была достаточна для прокормления всего населения России (160 млн. чел.). Снижение рисовой площади на 55% должно было либо снизить норму потребления почти до 1,7 кг, либо оставить без риса 72 млн. человек. Но так как процесс столь быстрого вытеснения риса сказался на урожайности, которая в среднем составляет около 15 цент., то указанное выше снижение потребления выражается в еще больших размерах — при расчете на все население норма потребления должна снизиться до 1 кг в год на человека, либо без всякого потребления риса должно оставаться свыше 100 млн. человек.

Все эти расчеты показывают, что такое сильное сокращение рисовых площадей и снижение урожайности чрезвычайно обострило потребность в рисе и скорейший подъем рисоводства является задачей первостепенного значения.

3. Фактические и проектные нормы потребления риса

Для разрешения этой задачи необходимо установить, с одной стороны, размер потребности в рисе на ближайшее время по нормам, достаточным для продовольствия различных категорий населения, а с другой — возможности повышения урожайности риса и обращения под рис новых площадей.

Потребление риса в СССР резко колеблется по отдельным районам и по категориям населения. В грубых чертах можно установить следующие группы населения:

а) население, в пищевом рационе которого рис имел большое значение, — районы Ср. Азии, Южн. Казахстана, Закавказья и частично ДВК;

б) население, в продовольствие которого рис входил одним из второстепенных продуктов, но непременно включавшимся в рацион, — население городов Союза;

в) население, в продовольствии которого рис почти полностью отсутствовал, — основная масса сельского населения европейской части Союза и Сибири.

Изучение данных бюджетных обследований показывает, что потребление риса в основных рисопроизводящих районах Союза достигло весьма высоких норм, приближаясь к нормам потребления риса в Японии, т. е. свыше 100 кг на 1 человека в год.

Еще в недавнее время, например, в кишл. Кибрай, Ташкентского района, бюджетные обследования 1927—28 гг. показывают норму фактического потребления риса на 1 человека в год в размере 120 кг, эти же показания встречаются в бюджетных данных обследования кишлака Джурната, Самаркандского округа, где фактическое потребление в одной из семей выражается в 108,5 кг на человека в год,

а также в районах с высоким процентом рисовых посевов — от 40 до 100%, как, например, районы Бектемирский (Чирчик. бас.), Дагбатский (р. Зеравшан, остр. Мианкаль), Узский (Голодная степь), Уйданский (Наманг. у.), Исфаринский (Кокандский) и др. Но эти нормы потребления для хозяйств с высоким процентом рисосеяния хотя и встречались часто, однако, средними этой группы являются нормы много меньшие; так, для упомянутых кишлаков Кибрая и Кипчака, в которых процент хлопка в среднем составляет 57,0 (при колебаниях от 33 до 83%), средняя норма потребления риса на 1 чел. в год составила 64,3 кг, для районов же Бектемирского, Дагбитского, Узского, Уйданского, Кара-су, Алтыкульского и Исфаринского средняя норма потребления риса составила 74,3 кг.

В хозяйствах с меньшим процентом рисовых посевов, т. е. с большим разнообразием культур, а также в хозяйствах хлопковых, при полном отсутствии рисовых посевов, нормы потребления риса колеблются от 10 кг. до 55 на 1 человека в год.

В хлопководческих хозяйствах узбеков норма потребления риса составляла в среднем на 1 человека от 30 до 40 кг, в русских же хлопководческих хозяйствах она несколько ниже и в среднем равняется 23,1 кг. В хлопковых хозяйствах, где хлопководство приняло характер монокультуры (напр., Тойтубинский район) и где, следовательно, хозяйство было лишено своей продовольственной базы, так же как и в монокультурно-рисовых, эта норма повышается от 36 до 120 кг.

Потребление риса второй из указанных выше групп населения, а именно городским населением Союза, по данным 1923, 1924 и 1925 гг., выразилось в следующих нормах:

Годы	1923	1924	1925	1923	1924	1925	1923	1924	1925	1923	1924	1925
	Столица			Районы РСФСР			Районы УССР			По всем обследованным районам		
Групп. насел.												
Семейн. раб. . .	1,38	2,42	2,56	0,73	1,32	1,60	0,68	2,16	1,91	0,88	1,77	1,06
Одинок. раб. . .	2,55	2,83	2,26	1,66	4,82	2,68	1,33	3,57	1,29	1,87	3,74	2,66
Служащ. сем. . .	—	—	2,86	—	—	2,76	—	—	3,56	—	—	2,98
Служ. один. . .	—	—	4,04	—	—	2,24	—	—	0,48	—	—	2,36

По данным бюджетов цензовой промышленности Сибири, нормы потребления риса составляли на 1 душу в год в кг:

Группы рабоч. насел.	По данным бюджетов за 1927—29 годы	По данным текущих бюджетов
Рабочие обработ. промышл.	0,212	0,492
Рабочие каменноугольной промышл.	0,354	0,912
По всем бюджетам	0,268	0,684

Таким образом, потребление риса и городским и индустриальным населением колебалось в восстановительный период от 0,212 до 4,82 кг на 1 человека в год.

В бытовом обиходе сельского населения как европейской, так и сибирских частей нашего Союза рис, как продукт питания, совершенно отсутствовал.

В крестьянских бюджетах довоенного времени, равно как и в крестьянских бюджетах 1925-26 г., охвативших около тысячи хозяйств, не встречается указаний на рис, как на продукт потребления крестьянской семьи.

Современные планы реконструкции хозяйства отдельных районов исходят из той общей задачи, чтобы население располагало не только достаточным по количеству продовольствием, но и надлежащим качественным составом его. «Социализм может быть построен лишь на базе бурного роста производительных сил общества, на базе обилия продуктов и товаров, на базе зажиточной жизни трудящихся, на базе бурного роста культурности. Ибо социализм, марксистский социализм, означает не сокращение личных потребностей, а всемерное их расширение и расцвет, не ограничение или отказ от удовлетворения этих потребностей, а всестороннее и полное удовлетворение всех потребностей культурно развитых трудящихся людей».¹ В соответствии с этим во всех планах реконструкции хозяйства проектируется удовлетворение населения по вполне достаточным нормам молочными продуктами, мясом, овощами, крупами и пр. Эта перспектива совершенно по-новому ставит проблему риса: во-первых, рис должен стать продуктом потребления всего населения Союза и, во-вторых, он должен идти в известном сочетании с другими крупяными продуктами и, следовательно, для некоторых районов утратится значение его как основного продукта питания. Нужно, однако, иметь в виду, что в этих районах, в силу привычной склонности, сохранится, возможно, на длительный период времени повышенная потребность в рисе, что обязывает для этих районов предусмотреть достаточную норму потребления. Такой средней нормой, имеющей расчетное значение для районов Узбекистана, Туркменистана, Таджикистана, Киргизии, Юж. Казахстана, Азербайджана, Армении, Грузии и для некоторых групп населения Дальнего Востока (корейцы, китайцы, японцы и т. д.), можно принять на некоторый ближайший стрезок времени 40 кг на 1 человека в год, т. е. ту норму, которая имеет широкое применение в рисопроизводящих районах.

Для удовлетворения сельского населения всех прочих районов, т. е. той категории населения Союза, которая не потребляла риса, предоставляется возможным для расчетных целей принять норму в 4 кг, т. е. ту норму, которая встречается в качестве средней в ряде европейских стран.

Что касается городского населения, то эта часть населения должна быть в свою очередь разделена на две подгруппы: одна, включающая города старых рисопроизводящих районов, т. е. города среднеазиатских и закавказских республик, а также Киргизии и южной части Казахстана и Дальнего Востока. В этих городах большая часть населения принадлежит к той группе, в продовольственном быту которой рис занимает крупное место. Вторую подгруппу составляют прочие города Союза. Для первой подгруппы в качестве проектно-расчетной может быть принята норма в 18 кг на человека в год, т. е. около 50 граммов на человека в день, а для второй — 6 кг, т. е. та средняя норма, которая достигнута европейскими странами, располагающими собственными посевами риса (Испания и Италия).

¹ И. В. Сталин—XVII съезд ВКП(б). Отчетный доклад о работе ЦК ВКП(б). Средазпартиздат. 1934 г. Стр. 59.

4. Потребная продукция и площадь рисосеяния в СССР

При указанных предположениях общая потребность населения Союза в рисе может быть исчислена в следующих размерах:

	Проектное население на 1942 г. (ориент.) в млн. чел.	Проектная расчетная норма потребления риса на 1 чел. в год в кг	Общая потребность в рисе в тыс. тонн
I группа (сельск. население Узбек., Тадж., Турк., Закавказья, Кирг., Юж. Казахст., часть населения Дальн. Вост. и др.) . .	15,9	40	636,0
II группа (сельское население РСФСР, Белоруссии и Украины)	138,2	4	552,8
III группа (городское население рисопродуцующей зоны)	4,4	18	79,2
IV группа городов РСФСР, БССР и УССР	29,1	6	174,6
	187,6	7,68	1442,6

Если принять проектную урожайность к 1942 г. равной 45 цент. с 1 га (шалы) и выход чистой крупы (риса) 60%, т. е. средний выход зерна с 1 га равный 27 цент., для удовлетворения потребности населения СССР в продукции риса, необходимо площадь рисовых посевов довести до 530 000 га.

Считая площадь посевов риса по СССР в 1936 г. около 142 000 га, необходимый к 1942 г. прирост новых рисовых площадей выразится:

Площадь 1936 г. (по плану) в га	Проектная пл. 1942 г. в га.	Необходимый прирост по сравнению с 1936 г. в га
142.000	530.000	388.000

5. Географическое размещение основных районов рисосеяния и современная площадь рисовых посевов

Районы рисосеяния размещаются главным образом в южной части Советского Союза: в республиках Средней Азии, Закавказья, в Казахстане, в Приморье ДВ края и в южной части Украины и РСФСР.

В Средней Азии рисовые земли размещаются в Фергане (Карадарья, Нарын), Чирчик-Ангренском бассейне, в долине реки Зеравшан и по р. Аму-дарье, в верхнем, среднем и нижнем ее течении.

В Казахстане рисовыми районами являются: низовья реки Сырдарья, бассейн реки Или, долина р. Чу, а также рр. Кок-су, Далакуль, Каратал, низовья Урала.

В Закавказье рисовые земли разбросаны мелкими массивами и орошаются из целого ряда небольших горных речек, а также при помощи ирригаций. Почти все рисосеяние Закавказья сосредоточено в Азербайджане и лишь совсем незначительная площадь в Армении.

В РСФСР основным рисовым районом является Дальневосточный край (Южный, Уссурийский и Биробиджанский районы), где в настоящее время сосредоточена вся площадь рисовых посевов. В последнее

время получило развитие рисосеяние также в Азово-Черноморском и Северокавказском краях по долинам рек Кубани, Терека и Сулака. Пригодными для рисосеяния районами в РСФСР признаются также Северный Крым, низовья Волги и Дона.

В Украинской ССР пригодными для рисосеяния считаются Конские и Бузулукские плавни в нижнем течении р. Днепра.

Почти все рисовые земли размещаются в районах, отличающихся засушливым или полузасушливым климатом, и лишь только один Дальневосточный край выделяется из числа прочих своим мягким, теплым приморским климатом с большим количеством осадков, позволяющих культивировать даже наряду с поливным суходольный рис.

Из всех перечисленных выше районов к старым, испытанным уже, районам рисосеяния можно отнести: по Средней Азии — Фергану, Чирчик-Ангренский и Зеравшанский бассейны, а также верхнее и нижнее течение Аму-дарьи (Сурхан-дарья и Хорезм); по Казахстану — низовья р. Сыр-дарьи; по РСФСР — Дальневосточный край, а также все Закавказье.

Новыми районами возможного рисосеяния являются среднее течение Аму-дарьи, бассейны рр. Чу, Или и Каратала, Азово-Черноморский и Северокавказский края, Крым, Украина и низовья Волги и Дона.

В настоящее время по состоянию на 1936 г. размеры рисосеяния в СССР и распределение площадей по отдельным районам Союза характеризуются следующими данными:

Республики, края и области	Общая пл. рисосея. на 1936 г. (в тыс. га)	В том числе в тыс. га			Удельн. вес отдельн. р-нов рисос.
		Колхозы	Совхозы	Единоличн.	
Аз.-Черноморск. край	3,0	0,5	2,5	—	2,4
Северокавказск.	4,0	3,3	0,5	0,2	2,8
Казахская АССР	19,1	17,0	2,0	0,1	13,3
Кара-Калпакская АССР	3,6	2,1	0,1	1,4	2,7
Киргизская АССР	4,3	3,3	—	1,0	3,0
Д В К	12,5	8,3	4,2	—	8,7
Украинская ССР	1,1	1,1	—	—	0,7
В том числе:					
Харьковская обл.	0,06	0,06	—	—	—
Днепропетровская обл.	0,4	0,4	—	—	—
Одесская	0,44	0,44	—	—	—
Донецкая	0,2	0,2	—	—	—
З С Ф С Р	26,2	21,5	0,1	4,6	18,4
В том числе:					
Азербайджан	25,6	21,0	0,1	4,5	—
Армения	0,6	0,5	—	0,1	—
Узбекская ССР	57,9	54,0	1,9	2,0	40,6
Туркменская ССР	2,5	2,2	—	0,3	1,7
Таджикская ССР	8,2	7,0	0,2	1,0	5,7
Итого по СССР	142,4	120,3	11,5	10,6	100
В % по сект.	100,0	84,5	8	7,5	

Из приведенной таблицы можно установить, что 92,5% всех рисовых посевов сосредоточено в социалистическом секторе сельского хозяйства и что Узбекистан в настоящее время является ведущей республикой по рисоводству, сосредоточив у себя 40,6% от всей площади посевов риса по Союзу.

6. Площади земель, пригодные для рисосеяния

Рис, как культура менее требовательная, чем хлопок, к количеству тепла, может быть сдвинут в районы, расположенные несколько севернее хлопкового пояса.

Опытные и исследовательские работы, посвященные вопросу продвижения культуры риса на север СССР, проведенные в пойме р. Оки около г. Рязани по р. Яхроме (г. Дмитров), в болотистых районах Полесья (БССР) и в районе г. Курска, подтверждают предположение о возможности продвижения некоторых сортов риса до указанных пунктов (до 56° 22' ш.). Это продвижение риса в более северные районы уже началось, но темпы вытеснения риса из хлопковых районов значительно превосходили темпы освоения новых рисовых районов, в результате чего и произошло такое сильное сокращение рисовых посевов в Союзе.

Вопрос о количестве площадей, пригодных в СССР для рисосеяния, не может еще считаться окончательно разрешенным, т. к. не ясна еще северная граница возможного распространения риса.

Между тем, площадей в районах безусловно пригодных для рисоводства, в СССР насчитывается такое количество, которое при освоении их под рисовые посевы превысило бы площадь современных посевов в 7—8 раз.

По различным данным, количество земель, пригодных для рисосеяния, по отдельным районам СССР определяется следующее (в тысячах гектаров):

Р а й о н ы	По дан- ным Запо- рожья	По дан- ным Обола	По намет. Генплана по ирриг.	По намет. Гипровода	По проек- там
1	2	3	4	5	6
Средняя Азия					
Фергана				40,0	34,2
Ташкентский оазис					
Чирчик.-Ангрен. бас				30,0	37,2
Зеравшан				25,0	20,1
Верх. теч. Аму-дарья				15,0	15,0
Сред. теч. Аму-дарья				—	18,0
Ниж. теч. Аму-дарья				160,0	115,6
Казахстан					
Низов. Сыр-дарья				72,0	100,0
Кок-су				10,0	10,0
Дала-куль				5,0	5,0
Чу				—	2,0
Каратал				—	12,0
Или				49,0	75,0
Итого	240,0	250,0	150,0	400,0	444,8
Закавказье	80,0	—	100,0	35,0	35,5
Аз.-Черноморск., Сев.-Кавказ. кр. и Крым	200,0	220,0	190,0	131,0	206,0
Д В К	230,0	500,0	200,0	175,0	257,0
Украина	126,0	351,0	10,0	5,0	35,0
Низовья Волги	50,0	50,0	—	5,0	44,0
Кроме того, ТуркССР, Киргизия и др. р-ны					
Всего по СССР	1238,0	1371,0	800,0	757,0	1032,7

Г. Г. Гущин исчисляет фонды, пригодные под рисоводство, по Сев. Кавказу и Дагестану в 800.000 га, по Нижнему Поволжью—в 200.000 га, Казахстану — 300.000 га, ДВК — 500.000 га, т. е., кроме Украины, Черноморского побережья и старых рисовых районов, он считает возможным обратить под рисоводство около 2 млн. га.

Из приведенных выше данных наиболее реальными на ближайший период времени являются данные по проектам, т. е. при составлении проектов все рисовые массивы выделялись на основе обследования земель в почвенном, рельефном, климатическом и экономическом отношении, на основе изучения водных ресурсов и возможности их использования.

В состав приведенной выше возможной площади рисосеяния включены также и те земли, которые в настоящее время находятся под посевами риса.

Перечисленные выше массивы, составляющие 1032,7 га пригодных для рисосеяния земель, отличаются друг от друга естественными, экономическими и прочими условиями и поэтому из числа их, в целях достижения площади рисовых посевов равной 530 тыс. га, необходимо выбрать районы, отличающиеся наиболее хорошими естественно-историческими и экономическими условиями, а также возможностью их наиболее быстрого, легкого и дешевого освоения.

7. Краткая характеристика районов рисосеяния

Для сравнения между собой и оценки отдельных объектов рисосеяния ниже приводятся основные показатели, характеризующие районы рисосеяния (табл. см. на стр. 13 — 14).

Из анализа приведенных в таблице данных по климатическим условиям можно считать, что все перечисленные районы по своим климатическим условиям пригодны для рисосеяния.

Исключительно благоприятными для риса климатическими условиями отличаются бас. рр. Аму-дарья, Зеравшана, Чирчика и рр. Ферганы, но все эти районы входят в хлопковый пояс, и поэтому рис здесь может быть оставлен лишь на землях, мало пригодных для хлопководства.

Районами, благоприятными в климатическом отношении для рисоводства, являются также низовья Сыр-дарьи, бас. рр. Или, Каратала, Чу и Закавказья. Все эти районы, за исключением Дальневосточного края, находятся в засушливой зоне, с большим количеством ясных дней и сумм температур с длинным вегетационным периодом. Дальневосточный край отличается мягким приморским климатом с большим количеством осадков, но в то же время с большим числом ясных дней. Перечисленные выше районы составляют как бы рисовый пояс, располагающийся несколько севернее хлопкового, по соседству с ним, и отличающийся такими климатическими условиями, в которых рис чувствует себя хорошо.

К третьей группе районов по климатическим условиям могут быть отнесены бас. р. Терека, бас. р. Кубани, Нижний Днепр, Волго-Ахтубинский р-н и Сев. Крым. Эти районы пригодны по климатическим условиям для рисосеяния, но являются недостаточно проверенными в части широкого хозяйственного распространения рисовых посевов.

Районы рисосеяния в почвенном отношении характеризуются следующими данными (см. таблицу на стр. 15 — 16).

п п №№	Р а й о н ы	Географические координаты	Средн. год. температ.	Колебан. температур.	Сумма тепла за вегетац. пер.	Длина веге- тац. периода в днях	Годовое количество атм. осадков в мм
1	Верх. Аму-дарья (Туполанг)	38°15'—38°45' ш. 67°45'—68°15' вд.	—	—	от 4481° до 5472°	200	от 169 до 249
2	Сред. теч. Аму-дарья	37°20'—37°45' ш. 35°25'—36°05' вд.	от 15,6° до 17,6°	Июнь +29°+32° Янв. +2°-3°	от 5469° до 5742°	238—212	от 112 до 161
3	Низ. Аму-дарья	41°43'—42°0' ш. 30°12'—29°41' вд.	—	Аб. макс. +13,4° Аб. мин. -25,3°	4108,4°	200	от 69,6 до 77,8
4	Зеравшан	39° 0'—40°21' ш. 34°30'—40°15' вд.	от 12,6 до 15,4	Лет. +30° Зим. -2,8°	4077°	203	304
5	Чирчик-Ангрен	40°20'—42°20' ш. 27° 4'—21°40' вд.	от 13°0' до 13,5°	Янв. -3°-4° Июль +24°+25°	4267°	192—209	265
6	Фергана	37,5°—42,5° ш. 39,5°—44,5° вд.	от 10° до 1,5°	Янв. -3°-1° Июль +27°+29°	4784°	270	от 159 до 209
7	Низовья Сыр-дарья	41°47' ш. 38°50'—31°15' вд.	от 7,2° до 12,3°	От -29,5° до +44,6°С	3782°	186	от 102 до 175
8	И л и	42°30'—46°20' ш. 74°30'—84°51' вд.	—	—	3580°	178	152
9	Каратал	45°06'—46°25' ш. 47°22'—47°25' вд.	—	Зим. -25° Лет. +38,9°	3080°	152	196,6

П п №№	Р а й о н ы	Географические координаты	Средн. год. температ.	Колебан. температур.	Сумма тепла за вегетац. пер.	Длина веге- тац. периода в днях	Годовое количество атм. осадков в мм
10	Южн. район ДВК ¹	131°0'—133°20' ш. 43°45'—45°30' вд.	от 1,7° до 3,8°	Абс. макс. +41° Абс. мин. —45,5°	от 2530° до 2945°	от 181 до 188	от 464 до 768
11	Уссурийск. р-н ДВК ¹	134°—135° ш. 43°—48° вд.	от 0,6° до 2,7°	Абс. макс. +38,2° Абс. мин. —41,5°	от 2617° до 2942°	от 171 до 187	от 526,6 до 641,5
12	Биро-Бидж. р-н ДВК	47°45'—48°35' вд. 130°57'—133°49' ш.	от 0 до 1,2°	—	от 2510° до 2625°	163	от 520,9 до 641,5
13	Терек: а) Аракумск. низм. (дельта) б) Гудермес. массив	— —	от 11,2° до 11,7° +7°	Абс. макс. +39,6° Абс. мин. —30,4° Зим. +1° Лет. +23°	3730° 3300°	230—246 280	от 173 до 317 м 327
14	К у б а н ь	44°54'—46°03' ш. 37°19'—39°4' вд.	+17,6° ср. за вег. период	Лет. +23° Зим. —0,2°	3468°	176	от 477 до 647
15	Северный Крым	46°21'—44°23' ш.; 2°10'—6°20' вд.	+11°	Ср. лет. +22° Ср. ос. +10°	от 2450° до 3000°	от 188 до 190	300
16	Нижний Днепр	—	+9°	Янв. —5° Июль +28°	3000°	170	от 380 до 400
17	Волго-Ахтуба	44°55'—48°50' ш. 14°10'—19°10' вд.	— —	Зима +5,3° Весна +8,7° Лето +24,1° Осень +9,5°	3655°	217	200

¹ Климат теплый, влажный, с большим количеством осадков ливневого характера, суточный максимум которых достигает 188 мм;

Р а й о н ы, массивы	Почвенная характеристика	Характер. подстил. пород
1. Верх. теч. Аму-дарьи (Туполапг). Данау-Юрчинский	Болотные и лугово-болотные слоисто-супесчаные и суглинистые	Глины вертикальные, мало водопрониц., благод. чему грунт. воды напорные
2. Сред. теч. Аму-дарьи. Самсоновский и Пулизяндакский	Пустынные светлосезмы—75196 га, солончаки—38134 га, культ.-поливн.—2900 га, нов. почв. образ.—30259 га. Местами заб. почв. Все почвы засоленные	Глинистые прослойки не пропуск. поверхн. вод.
3. Низ. Аму-дарьи: а) Гурленский и Мангитский	а) Солончаково-луговые, суглинистые и глинистые; б) лугово-солонч., солончаки и пухлые солонч. сильно засол.; в) культ.-поливн. лугового типа, малозасоленные; г) пески незадернов, бугры от 1 до 24 см; д) встречаются такыры, лугов. слабо засолен., переходн. к болотистым черные солонч.	Песок
б) Караузьякский	Из пл. южн. мас. в 50.000 га сероземы занимают 13%, солончак.—15%, лугово-болотные—62%. Луг. почвы по мех. сост. сугл. Сев. мас. пл. 80.000 га—почвы светлые сероземы, глинистые и суглинистые с такырообразн. поверхностью с выходами	Супесчан. или мелкопесчан. аллювий до 1 м глубины. Аллювиально-слоистые, речные и озерные отложен.
Зеравшан: Правый берег	А. Верх. терраса. 20-метр. толща предгорных пролювиальных наносов, состоящ. из лессовидных суглинков. Б. Нижн. терраса. Культ.-поливн. пепельно-серые почвы, со следами избыточн. увлажнения.	Однородн. и слоистые Серые наносы, подстилаемые галечником 1—2 м.
Левый берег	А. Верх. терраса. Пустынные светлосезмы. Б. Нижн. терраса. Культ.-поливн. почвы, избыточно увлажнены.	В повыш. местах мелкоземистыми наносами, в прочих галечником
4. Зеравшан. Остров Мианкаль	Глинистые и мергелисто-глеев. почвы, в некоторых местах заболоченные.	Лессовидн. наносы
5. Чирчик-Ангрен а) Верхняя терраса б) Нижн. терраса (где располаг. все реч. масс.)	Пуст.-степн. и культ.-поливн. темные сероземы, глинистые и тяжело-суглинистые Древн. пойма Чирчика и Ангрена. Культ.-поливн., влажно-луговые, болотистые, торфяно-болотно-карбонатные, слабозасоленные	Мелкие и галечниковые наносы
6. Фергана Рисоводческие массивы в основном на равнине	Тяжело-глинисто-мергелистые, лугово-солончаковые, культ.-поливн., частично заболочен. Среднюю часть долины занимают: глинисто-мергелист. почвы, разорванные барханными песками, солончаки и засоленные почвы.	Древние болотно-озерные отложения

Р а й о н ы м а с с и в ы	Почвенная характеристика	Характер. подстил. пород.
7. Дальний Восток: а) Южный район б) Уссурийский в) Биро-Биджан- ский	Торфянисто-глеевые, глинистые, подзолист., в разн. степени оглеен., глинистые, сугл. и супесч. сред. мощн. и скрыто подзолистые. Рис намечено разместить на болотн. и полуболотн. разностях.	Глинистые делювиальные отложения, почти водонепроницаемые
8. Терек: а) Дельта Терека б) Аракумская низм.	Под рис намечены: лугово-болотн. глеев. приобрет. структуру лугов. почв. Механ. сост. между сред. и тяж. суглинками. Болот. и плавни, мех. сост. от легких суглинков до тяжелых глин. Солончаково-болотные. Все почвы засоленные.	Глины бурые и светложелтые с примесью песка, плотны с прослойками ила и остат. раковин
9. Кубань: а) Ивановский б) Адалейский в) Петровско- Анастасьев. г) Закубанский	Аллювиальн. наносы, луг. черноземы, луг. уплотн., лугов. болотн. плавнево-бол. древн.—дельтов. черноземы, сугл. и карбонатн. плавнево-луговые, глинист и суглинист.	Гл., глинисто-песчан., глинисто-оглеенные, лес. сугл. сизо-серые, всякие оглеен. Озерно-лиман. глины, сугл. и погреб. почвы
10. Северный Крым: Ишунский р-н Присивашье	Тяжелые глин. почвы, малопрониц. с содерж. гумуса 2,5—3,5% и 0,05—0,15% фосфорн. кисл. засолен.	Верх. слой подстил. темными гл. при размочан. не пропускает воду

Приведенные в таблице почвенные характеристики дают представление о каждом районе в отдельности. Можно отметить одну общую тенденцию, что в районах, где рису являются какие-либо конкуренты из числа других культур, рис отодвигается на худшие земли. главным образом, болотные, полуболотные, лугово-болотные, солончаковые и т. п., т. е. на те земли, где другие культуры дают весьма низкие урожан. Хотя рис является растением не очень требовательным к почве, тем не менее урожайность его от этого снижается.

Переходя к оценке районов рисосеяния по водным запасам, ниже приводим следующие данные (табл. см. на стр. 18—19).

В результате рассмотрения приведенных в таблице данных по степени обеспеченности водными ресурсами, все системы, питающие рисовые районы водой, можно разбить на три группы: 1) системы многоводные, 2) системы маловодные и 3) системы многоводные, но с дорогой подачей воды для орошения риса.

К многоводным могут быть отнесены следующие системы: верхнее течение Аму-дарьи, среднее и нижнее течение Аму-дарьи, Или, Кубань, Нижний Днепр, Чирчик, Фергана, низовья Сыр-дарьи.

Ко второй группе маловодных систем следует отнести рр. Зеравшан, Каратал и Терек.

К третьей группе относятся системы с дорогой подачей воды: Сев. Крым и Волго-Ахтубинский район, где орошение намечается с механической подачей воды.

Механическое орошение для культуры риса оказывается чрезвычайно дорогим, и успех внедрения культуры риса благодаря этому весьма сомнителен, особенно при наличии менее влаголюбивых конкурентов.

Вопрос обеспечения рабочей силой при освоении новых земель имеет большое значение. Несмотря на это, во многих случаях вопросу баланса труда не уделяется должного внимания и при составлении проектов часто не дается совершенно расчета потребности в рабочей силе и порядка покрытия потребности.

Необходимо при дальнейших проектировках по рисунку этому вопросу уделять должное внимание, т. к. от правильного его решения зависит в значительной степени успех освоения.

Рисовые объекты по обеспеченности рабочей силой можно разбить на две группы:

1. Районы, обеспеченные местной рабочей силой и не требующие переселения из других районов Союза.

2. Районы, не обеспеченные наличной рабочей силой и требующие переселения извне.

К первой группе обеспеченных рабочей силой, на основании имеющихся проектных данных, можно отнести следующие районы (расположены по степени обеспеченности в убывающем порядке):

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. Фергана. | 6. Южный район ДВК. |
| 2. Зеравшан. | 7. Уссурийский р-н ДВК. |
| 3. Чирчик-Ангрен. | 8. Биро-Биджан. р-н ДВК. |
| 4. Верх. теч. Аму-дарьи. | 9. Нижн. Днепр. |
| 5. Ср. теч. Аму-дарьи. | 10. Кубань. |
| | 11. Чу |

К районам второй группы, не обеспеченным своей рабочей силой, относятся (расположены в порядке наибольшего напряжения трудового баланса):

- | | |
|--------------------------|------------------|
| 1. Или. | 5. Терек. |
| 2. Низовья Сыр-дарьи. | 6. Сев. Крым. |
| 3. Каратал. | 7. Волго-Ахтуба. |
| 4. Нижн. теч. Аму-дарьи. | |

Большое значение для освоения новых орошаемых территорий имеют пути сообщения и, главным образом, железные дороги, обеспечивающие вывоз продукции и связь с внешним миром.

В этом отношении почти все рисовые массивы, за очень небольшим исключением, находятся в благоприятных условиях, располагаясь либо прямо на железной дороге, либо находясь от нее в незначительном расстоянии.

Все районы рисосеяния можно подразделить на три группы:

1) районы, в которых рисовые массивы пересекаются жел. дорогой или к ней примыкают;

2) районы, в которых рисовые массивы лежат от ближайшей железной дороги не дальше 25—30 км;

3) районы, в которых рисовые массивы очень удалены от железной дороги.

К первой группе районов можно отнести верхнее течение Аму-дарьи, Зеравшан, Чирчик-Ангрен, Фергану, низовья Сыр-дарьи, Северный Крым, Каратал и Кубань.

Ко второй группе — среднее течение Аму-дарьи, Южный и Биро-Биджанский районы ДВК, Терек, Нижний Днепр и Волго-Ахтубинскую пойму.

К третьей группе районов, наиболее удаленных от жел. дороги, относятся: низовья Аму-дарьи, Уссурийский район ДВК и Илийский. Но, несмотря на то, что эти районы являются удаленными от железной дороги, тем не менее в отношении транспортной связи они находятся да-



№ п. п.	Р а й о н ы	Источники орошения	Водные ресурсы		
			Расход в м³/сек.		
			Максим.	Миним.	Средн.
1	Верх. теч. Аму-дарья	Туполанг	277	11,5	50,0
2	Сред. теч. Аму-дарья	Аму-дарья	8409,9	544,1	121,7
3	Ниж. теч. Аму-дарья	Клыч-нияз-бай Еркен-дарья	64,4	29,0	50,0
4	Зеравшан	р. Зеравшан	679,18	37,66	171,9
5	Чирчик-Ангрен	р. Чирчик р. Ангрен р. Келес	650,0 70,0 14,5	80,0 7,0 0,36	231,0 23,4 3,7
6	Фергана	Кара-дарья, Нарын, Сыр-дарья			
7	ДВКрай	рр. Грязнуха, Мо, Санюбах, Суйфун, оз. Ханка, Иман, Дау- бикэ Ин. Бира	Район избыточного увлажнения с огромными водными ресурсами		
8	Т е р е к	р. Терек	935,0	95,5	300,0
9	Сев. Крым	р. Днепр через водохрани. Сиваш.	Источник многоводн., но при мех. подаче воды является до- рогим для риса		
10	Волго-Ахтуба	р. В о л г а	51610,0	35470,0	40940,0
11	Нижн. Днепр	р. Д н е п р	Источник многоводный с весьма дешевой подачей		
12	И л и	р. И л и	2900,0	61,0	461,0
13	Кубань	р. Кубань	—	—	407
14	Каратал	р. Каратал	193	—	57

Использован. вод-ных ресурсов		Проект. пл. риса в га	Проект. нормы орошен.	Общая оценка источника орошения и конкурирующие культуры
Пл. совре-мен. орош.	Проект. пл. орошения			
14.031	50.229	5.366	от 14.000 до 30.000 м³	Источн. многоводн. с малой пл. командования. Р-н хлопко-вый, но эти земли пригодны лишь под рис.
3.457	40.920	17.880	25.000 м³	Источник орошения многовод-ный. Рис вводится как переход-ная культура к хлопку
30.398	65.400	12.000	30.000 м³	Источник многоводный
570.740	Полное использ. воды	21.043	20.000 м³	Ограниченный водный запас. Конкур. культура—хлопок. Пл. риса является макс. предельной.
267.000	711.000	37.213	от 10.000 м³ до 25.000 м³	Источн. многоводный, но р-н хлопковый. Намечен. пл. риса 37000 га является предельной.
702.444	1.148.685	23.300 га макс. 40.000	—	Многоводн. Воды берется сколь-ко треб. Р-н хлопковый, рис ос-тавляется на землях, мало пригод. под хлопок.
—	315.300	315.300	13.500 м³	Как орошаемый район исклю-чительно рисовый.
82.699	777.100	44.300 га	14.500 м³	Источник маловодный по отнош. к огромн. зем. ресурс. Конкур. культ.—пшеница пол.
—	1.008.000	307.000	10.000 м³	При больших зем. площадях и дорогой воде рису есть много конкурент.: свекла, сады и пр.
—	694.806	44.000	17.000 м³	Источн. многоводн., но забор исключит. механич., с обратн. откачкой сбросн. вод для риса дорог. Конкур. культ.—кендырь, растет без полива
—	62.000	33.750	20.000 м³	
—	1.102.380	74.510	—	Конк. культур нет
356	150.000	49.356	22.000 м³	» » »
—	12.000	12.000	34.650 м³	» » »

леко не в безнадежном состоянии. Здесь приходит на помощь водный транспорт. В нижнем течении Аму-дарьи водной транспортной магистралью являются сама река Аму-дарья и Аральское море, по которым может быть обеспечен подвоз грузов к железнодорожным станциям.

В Уссурийском районе ДВ края судоходными водными артериями являются реки Иман и Бак, к которым непосредственно примыкают рисовые массивы Уссурийского района. Обе эти реки впадают в р. Усури, которая идет вдоль Уссурийской железной дороги.

На реке Или также возможна организация водного транспорта.

Приведенная выше характеристика существующих и новых районов рисосеяния показывает, что при сравнительно небольшой площади современных посевов риса СССР располагает большими возможностями в области рисоводства.

8. Вопросы урожайности риса

Подъем рисоводства в СССР должен осуществляться двумя путями — путем повышения урожайности существующих рисовых посевов и путем расширения посевных площадей за счет вовлечения в хозяйственный оборот перелогов и освоения новых территорий в тех районах, где культура риса не тормозила бы развитие других необходимых государству с.-х. культур.

Современная средняя урожайность риса в СССР — 16—18 цент. — без особых затруднений в ближайшее время может быть повышена в полтора—два раза за счет подбора более подходящих к данным условиям и более урожайных сортов риса, внедрения наиболее правильной агротехники, улучшения условий полива, внесения удобрений и прочих несложных мероприятий.

В других странах средние урожаи риса в последние годы были:

Испания . . .	63,6	цент.	шалы	с 1 га.
Италия . . .	45,6	>	>	>
Япония . . .	33,7	>	>	>
Египет . . .	30,3	>	>	>
США . . .	19,8	>	>	>
Индия . . .	14,5	>	>	>
Индокитай . .	11,7	>	>	>
Филиппины . .	11,2	>	>	>

СССР, являясь страной самого крупного в мире сельского хозяйства, построенного на передовой технике, имеет все возможности к тому, чтобы высоко поднять урожайность риса, перекрыв большинство стран с высокой урожайностью.

В настоящее время отдельные районы СССР имеют следующую среднюю урожайность:

ДВК	33,7	цент.	с га
Средняя Азия (в целом)	16,4	>	>
УзССР	15,3	>	>

Эти данные показывают, что урожайность риса в СССР невысокая. Возникает вопрос: что же, такая урожайность является следствием неблагоприятных для риса условий произрастания и дальнейшее повышение урожайности невозможно? На этот вопрос следует ответить отрицательно. Условия для произрастания риса в рисоводческих районах СССР являются вполне благоприятными, и такая невысокая урожай-

ность может быть объяснена лишь недостаточным уходом за рисом, отсутствием борьбы за внедрение механизации и за высокий урожай риса. А между тем, рис является одной из самых высокоурожайных культур, культурой исключительной по своей отзывчивости на улучшения и способности к повышению урожайности. Возможность достижения высоких урожаев риса по отдельным районам СССР подтверждается данными опытных станций и высокоурожайных колхозов:

Никольско-Уссурийск. оп. ст. (ДВК)	56,4	цент. с 1 га.
Колх. «Пятилетка» (УзССР)	77,1	> > > >
Узбекск. зональная рисовая станция	90,0	> > > >
Колх. «Интернационал» (Южн. Казахстан)	102,0	> > > <

В связи с пониженной урожайностью риса, СССР ежегодно не добывает сотни тысяч тонн рисовой продукции. Если принять среднюю современную урожайность в 16 цент. с га, а возможную в 45 цент. с га, то недобор продукции выразится в следующем:

	Пл. посева риса в 1936 г в га	Урож. в цент/га	Продукция в тыс. тонн
Современное положен.	142.000	16	227,2
Возможная продук.	142.000	45	639,0
Ежегод. недобор продукции			411,8

Ликвидация этого ежегодного недобора продукции дала бы возможность удовлетворить около 20% всей потребности СССР в рисе.

9. Перспективы расширения рисовых площадей по отдельным районам СССР

Вторым основным мероприятием в деле подъема рисоводства в СССР является расширение площадей посевов риса за счет освоения перелогов и орошения новых территорий.

Выше приводилась таблица, в которой показаны площади возможного рисосеяния по отдельным объектам и районам СССР.

Районы, пригодные для рисосеяния, могут быть подразделены на следующие группы:

1. Районы старого рисосеяния, где эта культура находит исключительно благоприятные естественно-исторические условия: Зеравшан, Чирчик-Ангрен, Фергана и Закавказье. Но здесь рис, являясь конкурентом хлопчатника, должен уступить пальму первенства этой последней культуре и может быть сохранен лишь на мало пригодных для хлопка, так называемых абсолютно рисовых, землях.

2. Низовья рр. Сыр-дарьи и Аму-дарьи, бас. рр. Или и Караталя, бас. р. Терека и Кубани, а также Дальний Восток — районы, благоприятные по климатическим, а большинство из них — по оросительным, данным для рисоводства и образующие как бы рисовый пояс, располагающийся несколько севернее хлопкового. В этих районах имеются обширные территории, пригодные для рисосеяния в очень крупных масштабах.

3. Северный Крым, Нижний Днепр, Волго-Ахтубинский массив и некоторые районы Северного Кавказа (Кабардино-Балкарск. обл., Славянский, Краснодарский, Моздокский районы) пригодны для рисосеяния, но развитие последнего в силу новизны требует опытных проверок

в производственных условиях прежде чем перейти к его широкому хозяйственному распространению.

Районы старого рисосеяния, из которых на первом месте стоят Фергана, Зеравшан, Чирчик и Закавказье, в силу обращения их в основном под хлопковую культуру, располагают ограниченными данными для развития рисосеяния. В этих районах под рис предназначаются по преимуществу непригодные или мало пригодные в их современном состоянии для хлопководства площади с влажно-луговыми и болотистыми почвами. Согласно последним плановым наметкам, лишь в некоторых из указанных районов рис выходит на площади, пригодные и для других культур, в том числе и под хлопок. Но это вызывается потребностью выдержать тот размер рисовых площадей, который является совершенно необходимым для снабжения районов, особо заинтересованных в потреблении риса. Эти плановые наметки, нашедшие свое выражение в проектах ирригационного строительства, представляются в следующем виде:

Р а й о н ы	Сущест- в. площадь рисосеяния	Проектиру- емый при- рост	Общая площ. рисо- сеяния
Зеравшан	20100	—	20100
Фергана	20700	13500	34200
Чирчик-Ангрен	13000	24200	37200
Верх. теч. Аму-дарьи	8200	6800	15000
Закавказье	26200	9300	35500
Итого :	88200	53800	142000

Таким образом, в особо благоприятных районах старого рисосеяния, согласно проектным предположениям, площадь рисовых посевов составит лишь немногим больше одной четверти площади, которая необходима для удовлетворения потребности Союза в рисовой продукции; при этом надо иметь в виду, что с вовлечением в хозяйственное использование новых рисоводческих массивов в других частях Союза и перечисленных выше районах первой группы площадь рисовых посевов, очевидно, будет сжата в границах земель, не пригодных для других культур и в особенности для хлопка.

Из районов второй группы, располагающих значительными перспективами для развития рисоводства, следует отметить прежде всего те районы, где рисоводство уже имеется в тех или иных размерах:

	Совр. пл. рисовых посевов	Проектир. прирост	Общ. пл. возможного рисосеяния
Ср. теч. р. Аму-дарьи	100	17900	18000
Ниж. теч. Аму-дарьи	7600	108000	115600
Низ. р. Сыр-дарьи	14200	85800	100000
Бас. рр. Или, Кок-су	2900	83100	86000
„ р. Каратал	2000	10000	12000
„ „ Чу	—	2000	2000
„ „ Кубани	400	129600	130000
„ „ Терек	300	44700	45000
Сев. Кавказ и Дагестан	3300	—	3300
Дальний Восток	12500	244500	257000
Украинская ССР	1100	—	1100
Азово-Черноморск. край	3000	—	3000
Всего	47400	722300	769700

Из районов третьей группы, в которых возможно развитие рисоводства в крупных масштабах, но где рисоводство еще не зародилось, следует указать на следующие:

Наименование районов	Современ. площадь	Проектир. прирост	Общая пл. возможного рисосеяния
Нижн. Днепр	—	35000	35000
Сев. Крым	—	28000	28000
Волго-Ахтубинск. р-н	—	44000	44000
Некот. р-ны Сев. Кавказа (Кабар.-Балк. обл., Славянск., Краснодар., Моздок- ский р.)	—	3000	3000
Итого	—	110000	110000

Во всех трех группах районов перспектива развития рисосеяния представляется в следующих масштабах:

Группа районов	Современ. площадь рисосеяния	Проектир. прирост	Общая пл. возможного рисосеяния
1-я группа районов	88200	53800	142000
2-я " "	47400	722300	769700
3-я " "	—	110000	110000
	135600	886100	1021700
Кроме того, Туркменская, Киргизская и др. р-ны	6800	4200	11100
Итого	142400	890300	103270

Общая возможная площадь рисосеяния, определяемая по ориентировочным данным, исчисляется по имеющимся проектным предположениям в размерах свыше 1 млн. гектаров. Нужно, однако, отметить, что в отношении подготовки под орошаемое рисоводство отдельные из перечисленных объектов находятся в различных условиях.

Остановливаясь сначала на 3-й группе районов, следует указать, что в некоторых из районов этой группы, возможно, окажется, при более детальных изысканиях и более углубленной проектировочной работе, нецелесообразным отвод намечаемых под орошение земель под культуру риса.

На Нижнем Днепре, например, под рисосеяние предназначаются Конские и Бузулукские плавни, представляющие собой пригодные для сельского хозяйства земли, но не используемые до сих пор лишь вследствие того, что они ежегодно затопляются сначала высокими водами рр. Конской и Бузулука, а позднее, в мае—июне, — высокими водами реки Днепра. Рабочей гипотезой орошения районов Нижнего Днепра предполагалось оградить эти земли валом от наступления паводковых вод и осушить с помощью дренажной сети. Для орошения плавень намечалось подавать воду из р. Днепра специально устроенной насосной станцией.

Большие вложения на обвалование (длина вала 100 км, объем земляных работ 45 млн. куб. м, стоимость 150 млн. рублей) и весьма доро-

гая подача воды при помощи насосных станций, с последующей откачкой ее после использования для орошения риса, отодвигают возможность осуществления этого проекта на более отдаленный период времени.

Что касается Сев. Крыма, то возможности образования здесь крупных массивов рисоводства представляются также недостаточно выясненными. Техническая схема забора воды для Крыма находится еще в стадии схематических разработок, при чем первые проектные наброски указывают на большую сложность решения этой проблемы. Для орошения Сев. Крыма предполагается забирать воду из Днепра, для чего необходимо сооружение мощных насосных станций для подема воды в канал, транспортирующий днепровскую воду в Крым. Канал намечался на пропуск форсированного максимального расхода в головном участке в 212 куб. м/сек. и на максимальный расход в остальной части в 192 куб. м/сек.

Магистральный канал из Днепра оканчивается у Западного Сиваша, который закрывается земляной дамбой около мыса Кугаран и после расслоения дна образует мощное пресное водохранилище с отметкой уровня воды +12, емкостью до 6 миллиардов куб. м, откуда вода отчасти самотеком, а главным образом посредством системы насосных станций, по каналам должна поступать на орошаемые крымские земли. В первоначальной схеме на общей орошаемой площади в 512 т. га первой очереди по предварительному варианту намечалось обратить под рис 30 тыс. га, но т. к. вся эта схема находится в переработке, не представляется возможным установить, какие культуры и в каком соотношении будут приняты в новой схеме. Все эти моменты вынуждают рассматривать перспективы рисоводства в качестве весьма неопределенных как по возможной специализации орошаемого хозяйства, так и по гидротехническим условиям.

Изыскательно-проектировочные работы в Волго-Ахтубинской пойме также не доведены еще до той стадии, когда план и характер строительства, а также перспективы последующего использования мелиоративных земель, приобретают достаточную конкретность. Здесь, как и на Н. Днепре, необходимы широкие мелиоративные мероприятия, заключающиеся главным образом в обваловании для защиты от разливов р. Волги и ее притоков, в планировке, расчете и орошении при помощи исключительно механического подема воды. О размерах предстоящих работ в настоящее время сказать что-либо трудно, но заранее можно предположить, что обвалование большей территории и орошение путем механического подема с последующей откачкой использованной воды являются дорогими мероприятиями. Вопрос об использовании Волго-Ахтубинской поймы в настоящее время осложняется проектируемым орошением Заволжья, что должно будет повлиять на режим Волги в низовой ее части и, следовательно, должно отразиться на перспективах использования пойменной части. Условия произрастания риса здесь недостаточно выявлены и поэтому остаются неопределенными размеры возможного рисосеяния и темпы его развития. Все это еще осложняется тем, что рису здесь есть весьма серьезный конкурент — кендырь, который прекрасно растет в Волго-Ахтубинской пойме, причем без всякого орошения.

Этот краткий обзор третьей группы объектов проектируемого ирригационного строительства, имеющего рисоводческое значение, показывает, что рассмотренные массивы должны быть отнесены к отдаленным очередям орошения под рисоводство, если возможность последнего подтвердится.

Первая группа районов, к которой отнесены районы старого рисосеяния — Зеравшан, Чирчик-Ангрен, Фергана, верхнее течение Амударьи и Закавказье, является, как уже отмечалось, по своим климатическим и оросительным возможностям лучшими районами рисосеяния. Эти районы отличаются еще тем, что здесь орошение и освоение рисовых площадей может быть осуществлено с наибольшей легкостью и быстротой, т. к. все эти районы являются районами обжитыми, с довольно развитой ирригационной и дорожной сетью. Однако, как мы видели, перспективы развития рисосеяния здесь довольно ограничены.

Наибольший интерес с точки зрения перспективы развития рисоводства представляют районы, отнесенные ко второй группе, т. к. в основном за счет этих районов может быть покрыт дефицит рисовых площадей по СССР. Эти районы представляют большой интерес еще потому, что все они входят в рисовый пояс, где климатические условия благоприятны, а других серьезных конкурентов культуре риса здесь не предвидится. Многие из числа этих районов рисосеяния, как например, Каратал, Чу, Кубань, Терек и Южный район ДВК, включены в план капитального строительства 2-й пятилетки и начаты уже строительством.

Вторым пятилетним планом развития народного хозяйства СССР по основным рисоводческим районам намечается следующий рост рисовых площадей:¹

Республ., край, обл.	Площадь в тыс. га		В процентах		Удельн. вес в СССР		Прирост за пяти- летку в тыс. га
	1932 г.	1937 г.	1932 г.	1937 г.	1932 г.	1937 г.	
Узбекская ССР	37,6	100,0	100	266	30,75	37,05	62,4
ЗСФСР	29,6	40,0	100	135	34,20	14,81	10,4
ДВК	13,0	39,0	100	300	10,63	14,45	26,0
Казахская АССР	21,5	30,0	100	139,5	17,58	11,12	8,5

Рассматривая приведенные выше данные, следует отметить намечаемый значительный рост рисовых площадей по основным рисоводческим районам, в особенности по Узбекской ССР и Дальневосточному краю, удельный вес которых по рисоводству в СССР значительно возрастает.

Новыми объектами орошения, предназначенными под рисоводство, включенными в титульный список объектов капитального строительства по водо-хозяйственным мероприятиям НКЗема и НКСовхозов СССР на 2-е пятилетие, являются² (см. табл. на стр. 26).

Сопоставляя приведенные в таблице данные о площадях, пригодных для рисосеяния по всем трем группам районов, с данными по намечаемому освоению рисовых площадей по 2-му пятилетнему плану, следует констатировать, что в СССР имеются еще огромные земельные и водные резервы, открывающие широкую перспективу для развития рисоводства за пределами 2-й пятилетки.

¹ Второй пятилетний план развития народного хозяйства СССР, том II, стр. 449, 505, 543, 553.

² То же, том I, стр. 642 и 643.

Республ.	Объекты	Прирост в тыс. га	Выход площадей	
			До 1/1 1933 г.	Во 2-й пятилет.
УзССР	Чирчикский рисосовхоз	4,4	2,7	4,1
КазАССР	Каратал	12,0	2,3	8,2
КирАССР	Ч у	2,0	—	2,0
РСФСР	Терек—рисосовхоз . .	6,9	0,3	4,0
	ДВК—рисосовхоз . .	20,7	8,9	12,0
	Кубань—рисосовхоз .	42,3	5,9	8,0

10. Очередность освоения отдельных рисовых объектов

Исходя из требований народного хозяйства, предъявляемых к рисосеению, и из анализа естественно-исторических и экономических данных рисовых объектов, освоение их можно разделить на три очереди. Распределение отдельных объектов по очередям освоения можно наметить следующее:

Объекты	1-я очередь (в га)			2-я очередь (в га)			3-я очередь (в га)		
	Посев. пл. риса в 1936 г.	Площадь возможн. рисосеения	Прирост	Посев. площ. 1936 г.	Площадь возможн. рисосеения	Прирост	Посев. площ. 1936 г.	Площадь возможн. рисосеения	Прирост
Зеравшан	20100	20100	—	—	—	—	—	—	—
Верх. теч. Аму-дарьи.	8200	15000	6800	—	—	—	—	—	—
Чирчик-Ангренск. бас.	13000	37200	24200	—	—	—	—	—	—
Ферганская долина . .	20700	34200	13500	—	—	—	—	—	—
Каратал	2000	12000	10000	—	—	—	—	—	—
Ч у	—	2000	2000	—	—	—	—	—	—
Закавказье	26200	35500	9300	—	—	—	—	—	—
Сев. Кавказ и Дагест.	3300	6300	3000	—	—	—	—	—	—
Азово-Черномор. поб.	3000	3000	—	—	—	—	—	—	—
Южн. р-н ДВК	5500	90000	84500	—	—	—	—	—	—
Нижн. теч. Аму-дарьи	7600	8200	600	—	50400	50400	—	57000	57000
Кубань	400	50000	49600	—	80000	80000	—	—	—
Терек	300	45000	44700	—	—	—	—	—	—
Низовья Сыр-дарьи . .	14200	20700	6500	—	79300	79300	—	—	—
Сред. теч. Аму-дарьи	—	—	—	100	18000	17900	—	—	—
Уссурийский р-н ДВК	4000	67000	63000	—	—	—	—	—	—
Или и Кок-су	—	—	—	2900	86000	83100	—	—	—
Бира-Биджанский р-н ДВК	—	—	—	3000	100000	97000	—	—	—
Нижн. Днепр. и др. р-ны СССР	—	—	—	—	—	—	1100	36100	35000
Северный Крым	—	—	—	—	—	—	—	28000	28000
Волга-Ахтуба	—	—	—	—	—	—	—	44000	44000
Туркмения, Киргизия и др. районы	6800	11000	4200	—	—	—	—	—	—
Итого по СССР . . .	135300	457200	321900	6000	413700	407700	1100	165100	164000
Кругло возможный прирост по очередям .	—	—	322000	—	—	408000	—	—	165000

В результате осуществления намечаемых выше мероприятий по всем трем очередям освоения удельный вес отдельных рисопроизводящих районов Союза изменяется следующим образом:

	Сущест. пл. рисо- сеяния в тыс. га	Удельн. вес в СССР	Проекти- руемая площ. рисо- сеяния (в тыс. га)	Удельный вес в СССР
Средняя Азия	76,5	53,7	251,1	24,3
Д.-Вост. край	12,5	8,8	257,0	24,9
Северо-Кавказский и Азово-Черномор. края	7,0	4,9	104,3	10,1
Закавказье	26,2	18,4	35,5	3,4
Казахстан	19,1	13,4	200,0	19,3
Остальные р-ны	1,1	0,8	184,8	18,0
Итого	142,4	100	1032,7	100

Как видно из таблицы, на первом месте по размерам существующего рисосеяния стоит Средняя Азия, на втором Закавказье, на третьем Казахстан и на четвертом ДВК.

В результате же осуществления проектируемых мероприятий удельный вес отдельных частей Союза несколько меняется: на первое место выдвигается ДВК, на второе — Ср. Азия, третье место занимает Казахстан и самое последнее Закавказье.

Решающими районами в деле разрешения проблемы рисоводства в СССР являются в первую очередь районы старого рисосеяния в Средней Азии и Закавказье, в которых намечается некоторое восстановление рисовых посевов на абсолютно рисовых землях. Это мероприятие является наиболее легко осуществимым, т. к. районы старого рисосеяния имеют готовую ирригационную сеть, полностью обеспечены рабочей силой, имеющей навык в деле рисоводства, и не потребуются больших вложений на освоение. В основном же проблема рисоводства может быть полностью разрешена за счет развития рисосеяния в районах Дальневосточного края, южных районов РСФСР (Терек, Кубань) и отчасти Средней Азии и Закавказья.

Из проектных районов рисосеяния наиболее реальными на ближайший период времени являются объекты, отнесенные к первой очереди освоения, обеспечивающие прирост новых рисовых площадей около 322.000 га.

Наиболее близкими к осуществлению перечисленные объекты являются по следующим причинам. Так, по основным рисовым массивам верхнего течения Аму-дарьи на рр. Туполанг и Вахш начато уже в настоящее время ирригационное строительство. Массивы эти не так велики по своим размерам, они каждый в отдельности не превышают 5000 га, и при наличии населения и близости железной дороги освоение их не окажется трудным.

По Чирчик-Ангренскому бассейну, хотя прирост рисовых площадей намечается и большой, свыше 24000 га, все же освоение его и обеспечение ирригационной сетью не представит больших затруднений. Вся рисовая территория разбросана отдельными пятнами (на р. Ангрен, Букинская долина, Тойтубинская котловина, Верхнечирчикский, Нижнечирчикский районы и т. д.) на обжитой территории с довольно

густым населением, обеспеченной уже в настоящее время основной ирригационной сетью и хорошими путями сообщения.

При наличии указанных выше условий, а также населения, имеющего навык в рисосеянии, доведение площади рисосеяния до проектных размеров не представит затруднений, тем более, что развитие рисоводства в ЧАК бассейне тесно увязано с общим развитием мероприятий по ирригации этого бассейна.

Ферганская долина, имея меньший прирост (всего 13500 га), находится почти в одинаковых условиях с Чирчик-Ангренским бассейном в отношении освоения, а в части обеспеченности населения даже в лучших условиях.

Как по Чирчику, так и по Фергане составляются уже технические проекты, и в ближайшее время приступят к строительству.

Получение 9,3 тыс. га прироста рисовых площадей в Закавказье также не представляет больших трудностей, т. к. площади прироста разбросаны мелкими массивами на довольно большой территории на различных источниках орошения и не потребуют крупного ирригационного строительства и больших вложений.

Освоение прироста рисовых земель по Караталскому массиву должно быть отнесено в первую очередь по одному тому, что в настоящее время ведется строительство и часть земель уже освоена Караталским рисосовхозом.

В Южном и Уссурийском районах ДВК рисосеяние в настоящее время получило большое развитие, чему содействуют исключительно благоприятные климатические и водные условия для культуры риса.

Общий рост сельского хозяйства и промышленности ДВкрая в значительной степени зависит от урегулирования водного хозяйства края, а последнее ведет за собой развитие рисоводства.

В настоящее время ведутся проектировки по ДВкраю, поступают уже технические проекты на отдельные массивы рисовых совхозов, часть совхозов устраивается. Вторым пятилетним планом предусматривается большое развитие рисоводства на Дальнем Востоке. И в дальнейшем необходимо стремиться к всемерному развитию рисоводства на Дальнем Востоке с тем, чтобы превратить ДВкрай в один из основных рисовых районов СССР, который мог бы полностью обеспечить потребность ДВкрая и Сибири.

Кубань и Терек в Предкавказье являются совершенно реальными объектами, т. к. на Кубани Плавстроом ведутся уже ирригационные работы и работы по организации рисовых совхозов, а на Тереке Терстрой развернул большие работы по регулированию р. Терека и по ирригационному строительству. Эти районы, сосредоточивающие у себя около 100.000 га рисовых площадей, призваны обеспечить потребность в рисе УССР и РСФСР.

Все перечисленные выше районы отличаются благоприятными условиями для рисоводства, хорошей водообеспеченностью и наличием достаточного количества рабочей силы, что обеспечивает широкое развитие рисоводства.

Общая площадь прироста кругло по всем очередям равняется 895.000 га чистых рисовых площадей.

Выше указывалось, что для ликвидации разрыва между потреблением риса и его производством необходимо площадь рисосеяния против современной увеличить, примерно, на 388.000 га. Таким образом, в основном первая очередь с небольшой передвижкой из второй позволят полностью разрешить рисовую проблему СССР на ближайшие годы.

Все существующие районы рисосеяния, а также большинство новых районов, располагаются в пределах основных районов потребления риса. Этими основными районами потребления риса являются среднеазиатские республики (Узбекистан, Туркмения, Таджикистан, Киргизия, Каракалпакия), Казахстан (главным образом, в южной своей части), Кавказ, Закавказье, Дальневосточный край (главным образом, корейское население).

Освоение намечаемого прироста новых рисовых земель, необходимых для ликвидации разрыва между потреблением риса и его производством, может быть осуществлено в течение 2-й и 3-й пятилеток.

11. Состояние рисоводства в период второй пятилетки

Рост рисовых площадей во второй пятилетке характеризуется следующими данными:

Республ., край, обл.	Площадь риса в тыс. гектаров				
	Фактич. 1933 г.	Фактич. 1934 г.	Посев 1936 г.	Плано- вая 1937 г.	Выпол- нен, пла- на в %%
Колхозы и МТС					
Узбекская ССР	51,3	51,3	56,0	96,4	58,0
Таджикистан	6,2	6,6	8,2	10,0	82
Туркменист	—	1,5	2,5	—	—
Киргизская АССР	4,8	4,7	4,3	7,0	61
Казахстан	10,1	14,6	17,1	24,0	71
Кара-калпакская АССР	2,5	4,4	3,6	—	—
Азербайджан и Армения	23,6	24,8	26,2	25,0	108
ДВК	5,0	6,8	8,3	14,6	54,1
УССР	—	0,3	1,1	1,8	61,0
Северокавказский край и Даге- стан	1,2	2,6	3,5	4,2	83,3
Азово-Черноморский край	0,5	0,5	0,5	3,2	16
Итого	105,2	118,1	131,3	186,2	70,5
С о в х о з ы					
ДВК	3,0	3,4	4,2	—	—
Азово-Черноморск. край	4,1	2,1	2,5	—	—
Северокавказский	0,3	0,3	0,5	—	—
Узбекская ССР	1,1	1,4	1,9	—	—
Казахстан	1,1	1,8	2,0	—	—
Итого	9,6	9,0	11,1	41,0	27
Всего по СССР	114,8	127,1	142,4	227,2	62,7
Рост площадей в %%	100	110,7	124,0	197,7	—

Из приведенных данных видно, что, несмотря на неуклонный рост рисовых площадей по годам второй пятилетки, все же темпы прироста недостаточны и план рисосеяния к 1938 г. может быть не выполнен полностью.

На местах, в особенности в основных рисовых районах, не было уделено достаточного внимания выполнению плана рисоводства, в результате чего на 1936 год по Узбекистану план 2-й пятилетки выполнен всего лишь на 58%, по ДВК на 54,1%, по Казахстану на 71%. Невыполнение плана по культуре риса ведущими рисоводческими районами создает угрозу невыполнения плана рисоводства в СССР во 2-й пятилетке.

12. Практические мероприятия по развитию рисоводства в СССР

Учитывая указанное невыполнение плана, необходимо немедленно взяться за ликвидацию отставания в области развития рисоводства.

При дальнейшем вытеснении из хлопковых районов рисовых посевов, необходимо одновременно с вытеснением их обеспечивать освоение соответствующих новых площадей под посевы риса в районах рисоводства.

Перед ирригационными органами со всей серьезностью следует поставить задачу о необходимости проведения мероприятий по улучшению эксплуатации рисовых ирригационных систем, по переустройству сети, по укрупнению мелких чеков и по планировке укрупненных карт с тем, чтобы обеспечить возможность нормального водопользования и широкой механизации рисовых полей.

Одновременно с этим необходимо обеспечить возможность прироста новых рисовых площадей за счет проведения эксплуатационных мероприятий, вовлечения в орошение рисовых перелогов и мелиорации старых заброшенных рисовых земель. Эти возможности безусловно имеются в Закавказье и Узбекистане.

Особо серьезное внимание должно быть уделено вопросу повышения урожайности рисовых полей, т. к. мероприятия по повышению урожайности в весьма значительной степени разрешают рисовую проблему СССР.

Необходимо, через специальные выделенные рисовые МТС, добиться внедрения соответствующих агроправил по рису с тем, чтобы эти агроправила явились действительной программой борьбы за высокий урожай для всех рисосеющих районов Союза.

В части мероприятий по увеличению новых рисовых площадей необходимо в первую очередь форсировать проводимое ирригационное строительство и освоение рисовых объектов по ДВК, УзССР, Казахстану и Северному Кавказу. Кроме того, следует немедленно приступить к составлению и осуществлению технических проектов рисовых объектов, отнесенных выше к первой и второй очередям, с тем, чтобы к концу третьей пятилетки обеспечить ликвидацию разрыва между производством и его потреблением.

Ташкент

Просадки в лессах

При сооружении новых (а иногда и при расширении старых) ирригационных каналов в последние годы в Средней Азии и на Северном Кавказе неоднократно отмечались случаи, когда лессовые грунты при обильной замочке их водой проседали. Явления просадок во многих районах были известны и ранее, но впервые они в Средней Азии привлекли особое внимание в 1926 г., когда начавшаяся после первого пуска воды осадка грунтов на построенной начальной части ирригационного канала Новый Джун вызывала постоянные прорывы стенок этого канала и разрушение различных сооружений на нем. Сходные явления деформации позднее отмечены были еще в ряде пунктов, например, при пуске и эксплуатации вновь построенных ирригационных каналов: Пахта-арал в Голодной степи, Хасан-сан, Хазар-хан, Хазар-бак и Кум-курбан в Сурхандарьинском районе, Вахшский магистральный канал в Таджикистане, ирригационная сеть и поля орошения на вновь освоенных землях к западу от г. Кенимеха и др.

1. Описание явлений

Просадка в лессовых грунтах, обнаруживающаяся вскоре же после пропуска по вновь сооруженным каналам воды, внешне проявляется в оседании их дна и прилегающих береговых участков. Оседание это всегда, как правило, сопровождается нарушением целостности опускающегося массива, в котором возникает целый ряд вертикальных трещин, идущих вдоль канала. По этим трещинам массив распадается на ряд отдельных небольших террас, параллельных каналу. По мере удаления в стороны от канала величина вертикального смещения этих террас постепенно уменьшается, наибольшее же смещение наблюдается по дну канала (до 1,5 и даже 2 м). Количество ступеней достигает 5—6 и более по каждому берегу канала, при чем для большинства случаев характерна симметричность как в отношении количества, так и размеров этих ступеней. Лишь в тех случаях, когда канал проходит по косогору, более интенсивное оседание отмечается на высоком берегу. Схематическое изображение поперечного разреза канала после просадки показано на рис. 1.

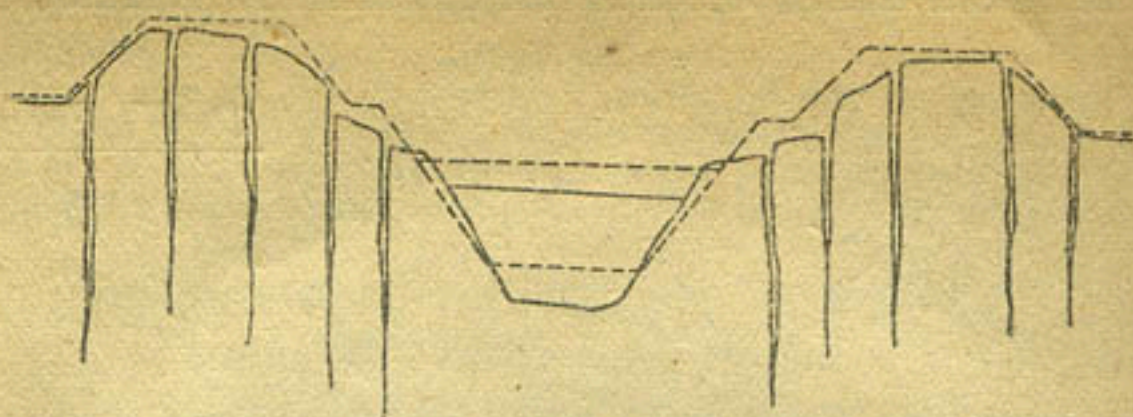


Рис. 1. Поперечный профиль канала после просадки грунта.

Во всех случаях образование террас проседания происходит не одновременно, а последовательно: вначале опускается первая (ближайшая к каналу) терраса, за ней вторая, третья и т. д. По мере распространения просадки в стороны от канала нижние террасы продолжают опускаться; при этом опускающийся массив первой террасы часто несколько вышучивает нижнюю часть откоса и дно канала.

Поперечный разрез канала после просадки грунта имеет ступенчатый характер и по внешнему виду довольно близко сходен с поперечным профилем крупных каналов или оврагов, где развиты ступенчатые оползни. Однако, при внимательном рассмотрении террас, образующихся при оползнях, с одной стороны, и при просадках, с другой, выясняется отличие одних от других, заключающееся не только в различии вызывающих их причин, но и в характере процессов смещения и во внешней форме. В то время, как смещающиеся при оползневых явлениях участки сдвигаются со своего места, а поверхности их имеют обратный уклон, при просадках смещающиеся участки остаются на своих местах, причем поверхности их почти всегда увеличивают имеющийся или же приобретают некоторый уклон в сторону выемки. Это различие в уклонах поверхности находит свое объяснение в том, что в первом случае трещины, отделяющие одну террасу от другой, в вертикальном направлении характеризуются наличием некоторого уклона в сторону выемки, а во втором случае они ориентированы обычно строго вертикально. Помимо того, оползневые участки редко достигают в длину более 30—40 м, тогда как террасы, возникающие при просадочных явлениях, отличаются часто своей весьма значительной протяженностью вдоль каналов (на 300—500 м, а иногда и на несколько километров непрерывно).

Ширина зоны деформаций испытывает значительные колебания не только для различных районов, но даже и в пределах одного и того же канала, в особенности, если последний проходит по более или менее пересеченной местности. По наблюдениям М. М. Решеткина (8 и 17), для магистрали Нового Джуна (Приташкентский район), при расходе поверхностного потока в несколько кубометров в 1 секунду, распространение просадки в обе стороны от канала на различных его участках в 1929 г. варьировало в пределах от 4 до 20 и более метров. На других ирригационных системах (например, арык Хасан-хан в бассейне Сурхандарьи и хозяйственный арык второго строительного участка Вахшстроя) ширина деформирующейся полосы в первые месяцы эксплуатации не превышала 4—5 м. Какая-либо определенная и вполне закономерная зависимость между расходом воды в канале, его шириной и скоростью течения воды в нем, с одной стороны, и глубиной опускания дна, скоростью этого опускания, количеством террас, шириной всей зоны деформации и общей длительностью явлений оседания, с другой стороны,

до сих пор не установлена. Это может быть объяснено главным образом недостаточностью собранного в настоящее время материала наблюдений. Безусловно, некоторая зависимость между этими факторами имеется, но решающим моментом в интенсивности просадок, несомненно, является состояние лессовых грунтов. Имеющиеся же материалы показывают лишь, что признаки проседания грунтов проявляются вскоре же (через несколько дней, а иногда и часов) после первого пуска воды по каналу, проложенному в подверженных просадкам лессовых породах. Так, например, по свидетельству П. Д. Глебова (6), на опытном участке в Золотой орде (Голодная степь) после пуска воды по каналу стали сразу же наблюдаться деформации дна, стенок и дамб. При этом абсолютные значения величины осадок были невелики, но в процентном отношении к общей высоте канала они достигали 20% и более. Наиболее интенсивно грунт проседает в течение первых 3—5 месяцев работы сооружения, затем проседание постепенно затухает на протяжении ряда лет.

Повидимому, чем глубже и шире канал, чем чаще происходит чередование его наполнения и осушения и чем меньше содержится в воде взвешенных частиц, тем быстрее и интенсивнее (при прочих равных условиях) идет процесс оседания грунта.

Появляющиеся при просадках параллельные каналу трещины по своим размерам очень непостоянны. Гидрогеолог М. М. Решеткин (8, стр. 28), изучавший в 1929 г. явления просадок на Новом Джуне, по этому поводу говорит следующее: „Трещины, отделяющие террасы оседания друг от друга и от целинного массива, имеют обычно зияющий характер, при чем ширина их у поверхности земли весьма непостоянна, колеблясь в широких пределах как на отдельных поперечниках, так и по длине канала. Предельная ширина обычно достигает нескольких дециметров. Изредка в местах, где каналы проходят в глубоких выемках, ширина их превышает 1 метр. Книзу трещины сужаются, при чем глубина, доступная для промеров, составляет несколько метров, а наибольшая из известных величин достигает 7 м². Большое различие в размерах трещин, наблюдаемое даже на соседних, близко расположенных друг к другу участках, отмечается и рядом других исследователей для многих районов Средней Азии.

Наличие трещин указывает на то, что грунт, помимо вертикальной осадки, дает при просадочных явлениях и некоторую горизонтальную (боковую) усадку.

Различным районам присущи различные внешние формы проявления просадочности. Наблюдения В. С. Гвоздева (5) на Малокабардинском канале (Северный Кавказ), М. М. Решеткина (8) на нижней части Нового Джуня (Приташкентский район), Г. К. Титова на Хазар-баке и Хазар-хане (бассейн Сурхан-дарьи) и ряда других исследователей показывают, что участки проседания по отношению к длине каналов чаще всего располагаются прерывисто. Трещины, очерчивающие террасы оседания, на большем своем протяжении идут параллельно каналу, а затем довольно резко поворачивают в его сторону и эллиптически смыкаются с такими же трещинами другого берега. В результате образуются несколько вложенных один в другой эллипсов, сильно вытянутых вдоль канала. На Малокабардинском канале протяженность некоторых эллипсов оседания достигает 1 км и более, тогда как на Хазар-хане и Хазар-баке их длина не превышает 20—25 м. На хозяйственном же арыке второго участка Вахшстроя наблюдались эллипсы оседания (каждый по 15—40 м в длину), располагающиеся не прерывистыми участками, а сливающиеся вместе, перекрывая друг друга; в таком виде они прослеживались на очень большом протяжении (несколько километров). Наиболее же от-

четливо непрерывное распространение террас было прослежено в верхнем течении Нового Джуна, где на протяжении первых 15 км трещины идут параллельно каналу, и лишь в отдельных случаях некоторые из них приближаются к нему и с ним пересекаются.

Накопившиеся к настоящему моменту материалы наблюдений по просадкам в лессе дают возможность установить, что просадочные явления приурочены почти исключительно к слабо покатым предгорным равнинам, сложенным сильно пористыми лессовидными породами пролювиального или делюво-пролювиального происхождения.

В большинстве случаев эти целинные массивы до недавнего времени были использованы лишь для богарного земледелия; на протяжении же последних лет, вследствие быстрого роста ирригационного строительства и расширения площади орошаемых земель, они во многих районах явились объектом использования для поливного хозяйства, в связи с чем и стали наблюдаться многочисленные случаи деформации грунтов в виде просадок. Более плотные аллювиальные глинистые отложения нижних речных террас, издавна усиленно орошаемые широко разветвленной оросительной сетью, явлений просадок почти никогда не дают. Лессовидные же образования, обладающие свойством просадочности, но ранее в течение некоторого срока подвергавшиеся орошению и затем почему-либо заброшенные, при новом увлажнении способны вновь давать просадки. Так, например, проведенные в сентябре и октябре 1934 г. Упрагом опыты с замочкой котлованов на опытном участке „Земля и труд“ (11 и 12) показали, что развитые здесь мелкопылеватые тяжелые суглинки и легкие глины, подвергавшиеся до 1926 г. орошению, после промачивания их в продолжение 20 суток (с небольшим перерывом) дали просадку до 20 см.

Существует известная зависимость интенсивности просадок и от условий рельефа. В понижениях, где происходит скопление дождевых и талых снеговых вод, постепенно проникающих в грунт и обычно его промачивающих, просадочные деформации встречаются реже и не достигают таких размеров, как в местах более повышенных.

Просадки в лессах под воздействием проникающей в грунт с поверхности воды происходят не только на ирригационных каналах, но также и на участках, подвергающихся впервые искусственному орошению. Однако, явления деформации здесь носят уже существенно иной характер, что стоит в непосредственной связи с несравненно меньшим количеством воды, приходящейся на единицу площади, и с гораздо меньшей длительностью единовременного промачивания грунта. На орошаемых полях наибольшее количество воды проникает в грунт в тех точках, где имеются следы жизнедеятельности организмов в виде нор землероев и канальцев, оставшихся на месте сгнивших корней растений. При сколько-нибудь длительных поливах вокруг этих пустот, являющихся водопоглощающими отверстиями, возникают участки проседания, состоящие из располагающихся концентрическими бругами нескольких террасок, придающих этим участкам вид ступенчатых воронок диаметром от 1—2 до 5—6 м и глубиной до 0,5—1 м. При затоплении полей из центра этих воронок в течение нескольких часов и даже суток вырывается заключенный в пустотах воздух, вследствие чего эти водопоглощающие отверстия напоминают крохотные вулканчики. Обильное выделение почвенного воздуха происходит также и на той площади, где количество крупных пустот меньше и где воронки образуются реже. Так, например, на участке Золотой орды при затоплении делянок, даже орошавшихся частично ранее, покрывавшая их вода, по свидетельству П. Д. Глебова (6), представляла собой букваль-

но кипящий котел, с такой силой и в таком большом количестве прорывался сквозь нее почвенный воздух. При дальнейшем обильном проникновении воды в поглощающие отверстия, остающиеся на дне образовавшихся воронок, происходит постепенно расширение и углубление последних. С течением времени, после прекращения попадания воды в сколько-нибудь значительных количествах, очертания воронок сглаживаются, и они превращаются в так называемые „степные блюдца“.

Образование подобного типа просадочных воронок происходит и в естественной обстановке в пустынных или полупустынных областях, сложенных толщами лесса, не подвергавшегося сильному увлажнению. По свидетельству Н. А. Димо (7), производившего в 1916 году почвенные исследования в бассейнах рек Сыр-дарьи и Аму-дарьи, проникновение атмосферных вод в жилища термитов в неорошенной части Голодной степи приводит к образованию на поверхности земли различных размеров воронок оседания. Следует отметить, что в естественных условиях процесс образования воронок проседания, находящийся в непосредственной зависимости от интенсивности редко выпадающих в сухих пустынных пространствах проливных дождей, протекает во много раз медленнее, нежели на искусственно орошаемых участках. Так, Г. И. Туркиным (18) при проведении в 1932 г. опытных работ с замочкой котлованов на плато Ак-газа (2-й строительный участок Вахшского магистрального канала) было отмечено, что на месте глубоких ходов муравьев после замочки в течение 30—40 дней образовались вертикальные шахты, глубиной до 0,8—1 м и диаметром 0,6 м. В природных же условиях образование шахт подобных размеров растянулось бы на ряд лет.

Весьма интересным является вопрос о том, с какой скоростью происходит просадка и какова скорость просачивания воды в грунт в разные периоды замочки канала или котлована. Фактического материала по этому вопросу очень мало. Имеются некоторые данные лишь у Г. И. Туркина (18). Эти данные показывают постепенное, довольно плавное, уменьшение скорости фильтрации воды в грунт по мере промачивания его водой. Так, в опытном котловане № 1 (на косогоре Ак-газа, пик. 119) скорость фильтрации в первые дни составляла 0,0145 мм/сек, через 5 дней—0,004 мм/сек. и к концу замочки (через 16 дней)—0,0035 мм/сек.; на плато Ак-газа (1,5 км севернее 230-го пикета трассы Вахшского магистрального канала) в котловане № 1 скорость фильтрации к концу замочки (43 дня) была равна 0,0018 мм/сек., в котловане № 2 через 38 дней—0,0014 мм/сек. и в котловане № 3 через 38 дней—0,0025 мм/сек. Уменьшение же суточной величины просадки, в противоположность скорости фильтрации воды, идет не плавно, а скачкообразно. В качестве примера можно привести результат наблюдений по котловану № 2 на плато Ак-газа. Здесь в первые 10 дней средняя суточная величина просадки составляла 10 мм, в последующие 6 дней—20 мм, с 16-го по 23-й день—вновь по 10 мм, с 23-го по 33-й день—18 мм и в последние 5 дней—5 мм. При этом общая (осредненная для всех пунктов котлована) величина просадки за 38 дней непрерывной замочки составила 0,541 м. В остальных четырех котлованах опытного участка на плато Ак-газа просадка происходила также неравномерно по скорости.

В процессе проведения этих опытов было замечено, что наибольшим деформациям подвергались не целинные массивы, а дамбы, построенные из лессового грунта, при чем дамбы, сооруженные с предварительной замочкой насыпного материала и утрамбовкой его слоями, оказались более прочными и устойчивыми, нежели дамбы, в которых на-

сыпной грунт не был замочен, а только плотно утрамбован. В первые же дни после начала замочки в дамбах начали проявляться трещины и различной формы провалы, требовавшие постоянной заделки. Особенного развития эти деформации достигли в котловане № 2 на косогорном участке, где одна стенка полностью, а вторая частично представляли собой насыпную дамбу, построенную лишь с плотной утрамбовкой грунта. Здесь во время замочки было 3 прорыва дамбы с большим выносом разжиженного грунта. Промоины в течение 10—15 минут достигали глубины 2 м, ширины 1—1,5 м и требовали непрерывного ремонта дамбы. На целинном массиве просадок и трещин при проведении этого опыта, длившегося 2 дня (с перерывами), обнаружено не было.

В результате наблюдений, проведенных на плато Ак-газа при замочке котлованов, имевших форму кольца с островом в центре, было установлено, что крутые откосы у острова-целика начали отваливаться в первый же день, и это разрушение шло до тех пор, пока крутизна откосов не приблизилась к одинарному заложению; одиночные же откосы не обваливались и не оползали.

Результаты произведенного Г. П. Поповым (15) лабораторного исследования образцов грунта, взятых с различных глубин из буровых скважин на дне котлована на участке Ак-газа после окончания замочки, показали, что просадка здесь распространялась на глубину 18 м от дна котлована (или на 20 м от поверхности земли). Для толщи в 18 м среднее уменьшение величины пористости в результате замочки составило 4,67%. Эти образцы грунта при испытании в лабораторной обстановке, будучи насыщены водой (после определения полной влагоемкости и водопроницаемости), показали при высушивании дополнительное уменьшение высоты на 2,3—2,4% (в среднем). Образцы же грунта, не подвергнутого замочке, дали в лаборатории усадку в 7,7% (в среднем). Исходя из этих данных, Г. П. Попов определяет среднюю величину общей возможной просадки грунта, равной 7% по высоте (7 см на каждый метр), что дает для всей 29-метровой толщи лесса на плато Ак-газа величину порядка 2,0 м.

Проведенные в 1935 г. Нижневарзобским инженерно-геологическим отрядом Саогидэп'а (под руководством В. С. Бондаренко) исследования степени просадочности свойств лессового грунта в пункте станционного узла проектируемой Заргарской ГЭС (район г. Сталинабада) показали понижение подвергнутого замочке котлована и прилегающего к нему участка лишь на несколько сантиметров. Столь незначительная величина полученной просадки развитого здесь целинного лессового грунта, по внешнему своему виду и величине пористости могущего быть отнесенным к просадочным грунтам, объясняется, повидимому, чрезмерной кратковременностью замочки котлована (3 суток).

Интересные результаты дают опыты замочки участков, предназначенных под орошение. На опытных делянках (на плато Ак-газа), подвергавшихся в 1932 году замочке посредством ряда поливов с различным расходом воды, главная просадка наступала тотчас же после первого полива. Конечная величина просадки и скорость процесса оседания находились в зависимости от норм полива и типа делянки: при большом расходе просадка шла интенсивнее, разрыхленные делянки давали большую просадку, чем целинные.

Краткие выводы по результатам изучения просадок в лессах сводятся к следующему:

1. *Лессовые и лессовидные породы не подвергавшиеся ранее усилению увлажнения, обнаруживают способность давать явления просадок тотчас же после обильного промачивания водой.*

2. Просадки внешние проявляются в оседании дна и стенок и образовании вдоль каналов или замачиваемых котлованов ряда трещин, по которым происходит смещение отдельных участков в виде террас оседания.

3. Процессы просадок являются совершенно закономерным следствием изменений физических свойств и состояний породы под воздействием просачивающихся в нее больших количеств воды. В результате этого воздействия порода испытывает значительное уменьшение первоначальной пористости, при чем уменьшение это идет главным образом (в особенности в первые моменты) за счет механического уплотнения породы под влиянием собственного веса и веса насыщающей ее воды.

4. Как установлено работами Е. А. Замарина и М. М. Решеткина (8) для лессовидных грунтов Нового Джуга, исследованиями Г. И. Туркина (18) и Г. П. Попова (15) для грунтов Вахского канала, а также наблюдениями ряда других исследователей, работавших в различных районах Средней Азии и на Северном Кавказе, сущность просадочных явлений сводится в основном к тому, что лессовые грунты цельных массивов, обладающие высокой пористостью (до 48—50% и более), в результате проникновения в них большого количества воды, утрачивают присущую им в воздушно-сухом состоянии значительную связность. Вследствие этого они под действием собственного веса и веса проникающей в них воды уплотняются, то есть пористость их уменьшается (главным образом за счет некапиллярных пустот).

Зная пористость грунта до и после промачивания его водой, то есть p_1 и p_2 , можно определить степень уплотнения его S по сравнению с первоначальным объемом. Приближенно эту величину можно получить, пользуясь формулой

$$S = \frac{p_1 - p_2}{1 - p_1}$$

Для получения истинной величины уплотнения необходимо ввести в эту формулу, предполагающую просадку грунта только по вертикали, поправку еще и на некоторую боковую усадку. Тогда действительная вертикальная просадка грунта S_0 выразится несколько меньшей величиной, так как учет боковой усадкой S_1 (по общей ширине трещин) снижает величину вертикальной осадки, подсчитанной по приведенной выше формуле. Таким образом, в действительности вертикальная просадка будет равна

$$S_0 = S - S_1$$

В таблице 1 приведены данные об уплотнении грунта района Нового Джуга, взятые из работы Е. А. Замарина (8, стр. 17), подсчитанные последним по обеим формулам (без учета и с учетом горизонтальной усадки).

Последняя графа (средняя величина относительной просадки) введена потому, что наблюдаемая ширина трещин не всегда вполне соответствует той ширине, которая должна бы быть от боковой усадки грунта; во многих случаях ширина трещин увеличивается за счет наклана террас в сторону канала и частично за счет обвала их стенок.

Е. А. Замарин в своей работе указывает, что просадка грунта на Джуге не ограничивается глубиной 13 м, а простирается на глубину, примерно, 17 м, так как образцы грунта, взятые с глубины 15 м, показали уменьшение пористости на 1—1,5%.

Аналитический разбор данных, помещенных в таблице 1, приводит к выводу, что наибольшее уплотнение грунта приурочивается к глубине от 2 до 6 м.

5. Весьма значительная (около 50%) величина пористости лесса целинных массивов является следствием его тяжелого гранулометриче-

Слой грунта в м от поверх- ности земли	Пористость в %%		Величина относительной верти- кальной осадки в %%		
	Шурф № 2 (на дне Джуна, на- ходивш. свыше 3 л. в экспл.)	Шурф № 3 (на целине за зоной просадок)	Преувел. (без учета боков. усадки)	С учетом боковой усадки	
				Преумень- шенная	Средняя (действ.)
0—2	40,0	47,4	12,9	7,2	10,1
2—4	41,8	50,5	17,6	14,4	16,0
4—6	40,4	47,1	12,7	12,0	12,4
6—8	41,6	44,2	4,7	4,7	4,7
8—13	38,3	39,5	2,0	2,0	2,0
В среднем про- садка на каждый метр для толщи 0—13 м	40,3	45,7	8,1	6,7	7,4

Примечания: 1. С глубины 4 м шурфы продолжены скважинами.
2. Пористость взята средняя (по определениям, сделанным через ка-
ждый метр).

ского состава и условий образования. По нашему мнению, схема созда-
ния специфических структурных черт лессовых пород может быть
представлена в следующем виде. В момент отложения породы в слабо-
проточной воде мелкие зерна притягиваются силами адсорбции к ранее
отложившимся частицам, не скатываясь в углубления между ними. В
результате получается сотообразное микросложение, обладающее значи-
тельной пористостью. При коагуляции отдельных коллоидальных частиц
под действием электролитов или в результате свертывания при взаим-
ном воздействии их друг на друга получаются хлопья, дающие сотовое
сложение с еще более значительной пористостью. Происходящие в
породе процессы почво образования, а также жизнедеятельность ро-
ющих животных, приводят к появлению некапиллярных пустот в виде
трубчатых канальцев и нор землероек, что еще в большей степени
увеличивает общую пористость породы, в особенности же ее активную
пористость.

Схема процесса механического уплотнения лессовой породы нам
представляется в следующем виде. По мере проникновения в породу
все больших количеств воды, кажущаяся связность, обусловленная
поверхностным натяжением пленочной воды и вызываемыми этим натя-
жением капиллярными силами, постепенно исчезает, и первоначальное
сотообразное микросложение нарушается. Помимо того, нарушение
сотового сложения может, до некоторой степени, происходить и в резуль-
тате непосредственного напора воды на каркас, образуемый взаимно
адсорбированными частицами, а также и вследствие удаления вытесня-
емых водой из пор пузырьков зажатого воздуха, обуславливающего
присущую сухим лессам упругость. Все это, вместе взятое, приводит к
полному нарушению первоначальной структуры и более плотному распо-
ложению частиц.

Как показывают результаты непосредственных наблюдений, уплот-
нению в первую очередь подвергаются участки под дном канала или
замачиваемого котлована. То обстоятельство, что наибольшая степень

уплотнения породы наблюдается не непосредственно под дном, а на некоторой глубине (см. таблицу 1), подтверждает положение Н. И. Щеголева (20), сводящееся к тому, что чрезмерно большое количество воды, когда ею заполнены все пустоты в породе, препятствует уплотнению последней. Между тем, ряд исследователей, из них в первую очередь В. И. Батыгин (3), ошибочно считает неперенным условием интенсивности просадок возможно большее количество воды в грунте. Помимо того, по мнению Батыгина, грунт тем более подвержен просадкам, чем более он удерживает связанную воду. Однако, известно, что плотные высокодисперсные глины, обладая максимальной молекулярной влагоемкостью, значительно большей, нежели лессы, тем не менее просадке не подвержены. Это станет вполне понятным, если принять во внимание, что чем больший объем пустот будет занят связанной водой, тем меньше будет активная пористость, за счет которой и происходит уплотнение грунта при просадке.

6. Просадка грунта происходит не только вследствие механического его уплотнения, но также и от растворения и последующего вымывания из него солей, что ведет к увеличению пористости. Результаты химического анализа водных вытяжек из образцов лесса, взятых в районе Нового Джуна из упомянутых в таблице 1 двух шурфов — скважин № 2 и 3, показывают, что из воднорастворимых солей наиболее заметную роль играют гипс и известь. До глубины 10 м гипс из шурфа № 2 заметно вымывается и затем усиленно отлагается на глубине от 10 до 15 м; содержание же извести, несколько повышенное в поверхностных горизонтах (вероятно, за счет вмыва из арычной воды), уменьшается книзу, не отлагаясь, подобно гипсу, на глубине 10—15 м. Таким образом, вымыв извести на этой глубине компенсируется отложением гипса, в результате чего можно считать, что для данного случая (просадки на Джуна), начиная с глубины 10 м, вымывание солей на просадку грунта влияния не оказывает. Для первых же 10 м просадка грунта от вымыва солей в среднем вдвое меньше просадки от механического уплотнения.

Интересно отметить, что в контрольном шурфе № 2, расположенном за пределами зоны просадок, количество гипса с глубиной заметно уменьшается, содержание же извести, наоборот, несколько возрастает. Таким образом, промачивание грунта водой резко изменяет картину распределения солей в грунте.

В таблице 2 приведено изменение в содержании гипса и извести (по объему) для шурфа № 2 (взято из статьи Замарина, 8, стр. 20).

Таблица 2

Слой грунта от поверхности земли в м	0—5	5—10	10—15
Уменьшение содержания гипса и извести в %/о от первоначального объема грунта	0,6	2,3	0

Аналитический разбор этой таблицы и сопоставление ее с таблицей 1 приводит к выводу, что для района Нового Джуна в поверхностных горизонтах (на глубину до 5 м) роль солей в просадочных грунтах несколько больше, нежели в средних (для глубины 5—10 метров); в нижних же горизонтах она равна нулю.

Результаты химических анализов водных вытяжек из образцов лесса района Золотой орды до и после замочки котлована водою (11) показывают, что после замочки произошло резкое уменьшение общего коли-

чества растворимых солей, главным образом за счет сернокислых и хлористых соединений. К сожалению, данные эти (см. табл. 3) касаются лишь поверхностных горизонтов (на глубину до 3,5 м). Между тем, весьма важно было бы выявить характер изменения солевого режима грунтов после замочки их водою на глубину, по крайней мере, до 10—15 м.

Таблица 3

Время взятия образцов	Глубина взятия образцов в м	Содержание в % к весу сухой породы					
		Плотн. остаток	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg
До замочки котлована	1	0,088	0,055	0,005	0,021	0,011	0,003
	2	0,604	0,040	0,015	0,365	0,051	0,017
	2	0,620	0,040	0,014	0,347	0,052	0,017
	3	0,278	0,057	0,022	0,112	0,007	0,010
	3,5	0,434	0,045	0,033	0,214	0,011	0,022
После замочки котлована	1	0,070	0,050	0,006	Следы	—	—
	1	0,074	0,051	0,007	—	—	—
	2	0,084	0,053	0,004	Следы	—	—
	2	0,080	0,053	0,004	—	—	—
	3	0,252	0,039	0,004	0,082	0,042	0,022
	3	0,266	0,038	0,005	0,079	0,046	0,017

Говоря о влиянии воднорастворимых солей на просадочные свойства лессовых грунтов, необходимо отметить, что не только вымывание гипса и извести способствует просадкам, но даже и одно их растворение водой. Это происходит потому, что гипс и в особенности известь являются цементирующими веществами, придающими грунтам прочность и устойчивость. Поэтому растворение солей водою приводит к нарушению связности грунтов. Однако, принимая во внимание сравнительно слабую растворимость этих солей (особенно карбонатов) в воде, следует считать, что растворение и последующий вымыв солей из грунта заметно отражаются на усилении рассматриваемых процессов деформации лишь по прошествии достаточно больших промежутков времени, исчисляемых месяцами; на первых же стадиях роль солей в просадках для слабо-засоленных пород в большинстве случаев бывает совершенно ничтожна.

В случае обильного скопления растворимых солей в поверхностных горизонтах, в особенности в условиях косогорных участков, значение солей в деформациях лессовых пород резко повышается. В этих случаях эффект от растворения и вымыва солей сказывается очень быстро, иногда через несколько дней после усиленного промачивания породы водою, и проявляется главным образом в появлении в отдельных пунктах провальных воронок и различных углублений неправильной формы. Здесь мы уже имеем осложнение просадочных явлений процессами карстообразования. Если же принять во внимание, что провальные углубления на откосах вновь построенных каналов являются наиболее слабыми пунктами, легко подверженными в дальнейшем поверхностному и подземному размыву, то картина деформации в этих случаях становится еще более сложной.

7. Способность лессовых пород целинных массивов давать явления просадок объясняется, помимо высокой пористости и наличия более или менее значительных количеств воднорастворимых солей, также и чрезвычайно большой однородностью их по гранулометрическому составу. Порода, состоящая из различных по крупности зерен, предохраняется

от деформации благодаря распределению более мелких частиц между крупными зернами, вследствие чего создается некоторое подобие кирпичной кладки. Лессовые же породы, отличающиеся резким преобладанием иловатых и тонкопылевых частиц, представляют собой массу зерен, связанных между собой преимущественно лишь силами поверхностного натяжения пленочной воды в порах породы.

8. Известное значение в смысле подверженности лессов просадкам имеет также и слабая их способность к разбуханию, что объясняется незначительным содержанием в них дисперсных и коллоидных частиц.

Ф. Л. Андрухин (2) считает, что главная причина уплотнения грунта при промачивании его водой заключается именно в количественном и качественном (свернутые коллоиды) дефиците коллоидальной части. Действительно, результаты произведенного в лаборатории Средазгеолтреста гранулометрического анализа лессов района Нового Джуна показывают ничтожное содержание в них не только коллоидных (диаметром

Таблица 4

Глубина взятия в м	Процентное содержание фракций (размеры в мм)						Сумма
	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01— 0,005	0,005— 0,001	<0,001	
2,0	0,2	14,3	44,1	31,5	2,5	0,5	93,1
4,0	0,4	4,5	44,9	39,8	5,9	4,7	100,2
6,0	0,7	4,6	40,1	50,0	1,2	1,0	97,6
8,0	0,4	8,6	37,1	41,7	1,6	0,3	89,7
10,0	0,5	17,0	48,3	21,1	1,3	0,2	88,4

менее 0,0001 мм), но и грубодисперсных частиц (диаметром от 0,001 до 0,0001 мм). В качестве примера можно привести результаты анализа образцов породы из шурфа № 4 (ноябрь 1934 года).

Однако, критическое рассмотрение данных этой таблицы заставляет с сомнением отнестись к точности анализа, так как сумма процентов нигде не равняется 100, а в большинстве случаев составляет значительно меньшую величину. Естественно полагать, что недостающая часть, если не полностью, то в значительной степени, приходится на долю мельчайших частиц. Тем не менее, следует признать, что и в этом случае общее содержание дисперсных и коллоидных частиц в лессовых породах, слагающих массивы в районе Нового Джуна, относительно невелико. Разбухание коллоидальных частиц, наблюдающееся при обильном промачивании породы водою, в случае значительного их содержания, может в значительной мере компенсировать общее уплотнение породы, происходящее при перестройке микросложения от сближения между собой сравнительно более крупных (илистых и пылевых) частиц. При небольшом же содержании коллоидальной части эта компенсация будет настолько незначительна, что не окажет существенного влияния на ход и размеры просадки, в особенности спустя некоторое время после начала промачивания, когда сила набухания будет постепенно погашаться весом лежащей выше породы.

Таким образом, положение Андрухина о большом влиянии дефицита коллоидальной части на просадочность лесса имеет известное основание, несмотря на невысокое качество использованного им материала. Однако, как нами было уже показано, не дефицит коллоидальной части, а специфические структурные черты и высокая активная пористость обуславливают, в основном, просадочность лессовых отложений.

9. Материалы полевых исследований показывают определенную зависимость интенсивности просадок от генезиса лессовых образований и от условий рельефа местности. Зависимость же хода просадки и общей ее величины от расхода воды в каналах и ряда других факторов к настоящему моменту со сколько-нибудь достаточной определенностью еще не установлена. Установление этой зависимости должно явиться одним из предметов будущих исследований, обязательным условием правильного проведения которых следует считать постановку тщательно продуманных и надлежаще обставленных экспериментов, проводимых как в поле, так и в лаборатории.

2. Методика исследований

Степень изученности различных деформаций в лессовых грунтах неодинакова. Наиболее изучены деформации, обязанные своим появлением процессам карстообразования, оползням и поверхностному размыву. Наименее же изучены процессы суффозионного характера и просадки. Между тем, интересы нашего бурно растущего социалистического хозяйства настоятельно требуют широкого использования для нужд земледелия и промышленного строительства тех обширных полупустынных пространств, сложенных толщами лесса, где явления просадочного характера в той или иной степени, при условии обильного промачивания пород водой, можно считать неизбежными.

Важно отметить, что просадки могут происходить, и в действительности происходят, не только на ирригационных каналах и полях орошения, где они до недавнего времени преимущественно наблюдались, но и на деривационных каналах и других сооружениях, воздвигаемых при устройстве гидроэлектростанций, а также при железнодорожном и целом ряде других строителств. Поэтому следует признать безусловно необходимым дальнейшее всестороннее изучение различных деформаций лессовых пород и причин, их вызывающих, в первую очередь — процессов проседания под влиянием промачивания породы водою. Изучение это должно преследовать своею целью, во-первых, установление метода выяснения возможности появления и характера развития просадок в районах, намечаемых под то или иное ирригационное или промышленное строителство, и, во-вторых, выработку действительных мероприятий по предотвращению или хотя бы значительному ослаблению вредных последствий происходящих в лессах деформаций. Непременным условием такого изучения пород должно явиться детальное инженерно-геологическое (геоморфологическое, литологическое и гидрогеологическое) освещение интересующих районов, с постановкой во всех ответственных пунктах полного комплекса опытно-исследовательских работ, осуществляемых, главным образом, в делювиях естественного залегания пород.

Одним из главнейших видов экспериментальных исследований при изучении просадочных свойств лессов нужно считать пробные замочки специально отрывааемых котлованов. Этот способ установления степени подверженности грунтов просадкам, впервые в Средней Азии, насколько известно, примененный М. М. Решеткиным на Новом Джуне, в последнее время получил известное, хотя далеко еще не достаточное, распространение. Однако, ознакомление с порядком проведения многих из этих исследований и полученными по ним результатами убеждает в том, что методика опытных работ по этому способу большинством усвоена недостаточно. Многими исследователями до сих пор не усвоено то бесспорное положение, что только достаточно длительная замочка больших котлованов (отнюдь не мелких шурфов), предшествуемая и сопровожда-

емая целым рядом наблюдений и аналитических определений, может дать достаточный материал, могущий лечь в основу конкретных заключений по испытываемому участку. Это обстоятельство понуждает автора настоящей работы попытаться дать более или менее исчерпывающие указания о порядке проведения опытных работ по замочке котлованов, тем более, что имеющиеся по этому вопросу указания в литературе, например, в работе М. М. Решеткина (8, стр. 38 и 39), страдают значительной схематичностью и отсутствием перечня тех аналитических определений, которые обязательно должны быть при этих опытах проделаны.

Указания автора к производству опытов по замочке котлованов сводятся к следующему:

1. На участках головных сооружений котлованы желательно задавать по обоим берегам перегораживаемых потоков, в пределах подпорого бьефа, возможно ближе к оси будущей плотины. В том случае, когда проектом предусматривается устройство приплотинного отстойного бассейна, на месте последнего должен быть отрыт особый котлован, при чем желательно, чтобы отметка его дна совпадала с проектной отметкой основания бассейна.

2. На пригационных и деривационных каналах котлованы задаются на трассе, при чем их глубина и ширина по дну и по верху должны отвечать соответствующим размерам проектируемых каналов, а длина должна быть не менее ширины. На трассе каждого канала, если он проходит по более или менее пересеченной местности, следует заложить не менее 2—3 котлованов, располагая их в наиболее высоких, наиболее пониженных и средних по высоте пунктах по оси трассы. При рытье котлованов отвалы вынутого грунта надлежит удалять не менее чем на 5—10 м от бровки и располагать их только с одной или с двух сторон.

3. Ширина и длина опытных котлованов находятся в зависимости от типа и размеров проектируемых сооружений. При установлении размеров котлованов следует иметь в виду, что больший размер их дает и больший эффект. Откосы по всем четырем стенкам желательно задавать различные: четвертной, половинный, одиночный и полуторный. Дно котлована должно быть горизонтальным и выровненным, а откосы гладко зачищенными. Перед окончательной отделкой котлована с его дна и стенок (через каждые 0,5 м по вертикали) берутся образцы пород для лабораторных определений различных их свойств и состояний. При этом образцы для определения влажности должны отбираться отдельно в стеклянные баночки с хорошо притертыми пробками. Во всех этикетках следует совершенно точно указывать время, место и глубину взятия образца.

4. На дне котлована задается скважина мелкого ручного ударно-вращательного бурения, диаметром 80—100 мм и глубиной до 20—25 м. Образцы из скважины берутся через каждые 0,5 м при помощи стакана Копецкого или иного приспособления, дающего возможность извлечения образца с ненарушенной структурой. По окончании бурения скважина плотно закрывается кляпом длиной до 1 м. При наличии двух или трех близко отстоящих один от другого котлованов, расположенных в одинаковых или сходных условиях, необходимо на дне одного из них пробурить 3—4 скважины на глубину до 20—25 м и оставить их открытыми на время замочки. Для предохранения 2—3 из них от запыливания следует закрепить на всю глубину (или хотя бы на протяжении первых 8—10 м) стренерами (дырчатыми трубами). Помимо того, в одном из котлованов желательно оставить в центре целик с крутыми или вертикальными откосами. Ширина выемки, окружающей целик, при глубоких и широких котлованах должна быть не менее 3—4 м по дну.

5. Против каждой из сторон котлована, на расстоянии примерно 5, 10, 15 и 20 м от его бровки, отрываются разведочные шурфы, сечением $1,00 \times 1,25$ м (более удаленные — на ту же глубину, что и котлован, а ближайшие два — на 2—3 м глубже). Из шурфов образцы пород (в виде монолитов) берутся по вертикали из стенки, обращенной в сторону котлована, также через каждые 0,5 м. Параллельно со взятием образцов производится детальное описание пройденной шурфами породы.

Отвалы вынутого из шурфов грунта могут быть оставлены здесь же, на расстоянии 1—2 м от бровки по одной какой-либо стороне.

6. После окончания земляных работ весь опытный участок, охватывавший, помимо котлована, площадь не менее 50—75 м в стороны от его бровок, покрывается густой сетью контрольно-наблюдательных точек. Точки эти, представляющие собой вбитые вертикально небольшие (25—30 см длиной) колышки, располагаются несколькими рядами, параллельными одним и перпендикулярными другим стенкам котлована. Кроме того, точки задаются и по диагоналям, идущим через углы котлована. Колышки над поверхностью земли не должны возвышаться более чем на 5 см; на каждом из них пишется четко черным карандашом сверху (или сбоку) свой номер. Колышки эти по дну и откосу котлована и на ближайшей к нему площади участка располагаются чаще (через 2—3 м), а по мере удаления — реже (через 5 и 10 м). Непосредственно за пределами участка (не ближе 75—100 м от ближайшей бровки котлована) устанавливаются 2—3 репера. После этого на всей площади опытного участка производится очень детальная нивелировочная съемка, в результате которой должен быть получен план участка масштаба 1:100 или 1:250 с сечением горизонталей не менее чем через 5—10 см. Поэтому при съемке для уловления всех особенностей микрорельефа участка нивелируются не только точки, закрепленные колышками, но и целый ряд промежуточных между ними точек.

Схема расположения котлована, шурфов и наблюдательных точек и реперов показана на рис. 2.

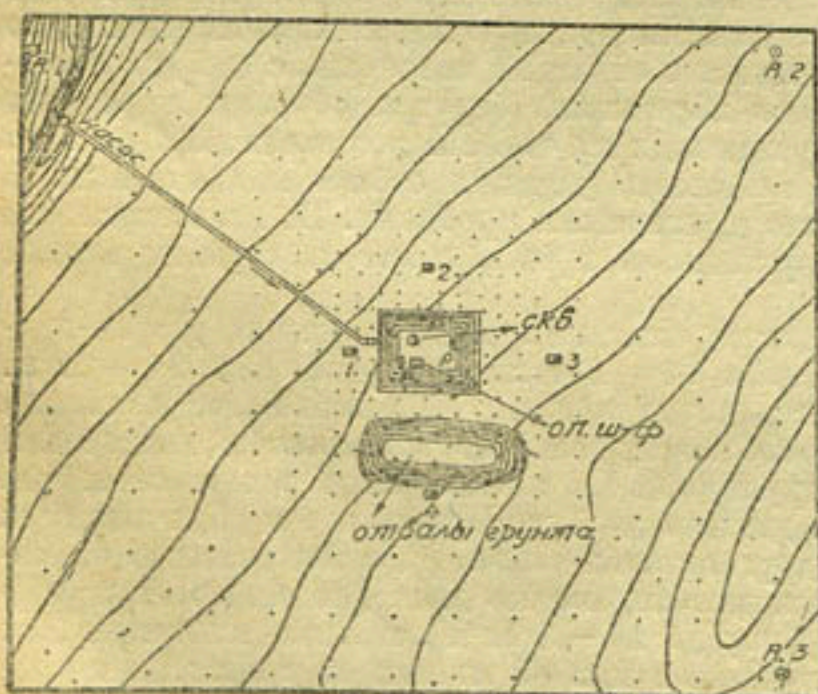


Рис. 2. Схема опытного участка (вид до замочки котлована)

7. Для наблюдений за уровнем воды при наполнении котлована устанавливаются укрепленные в его дно и откосах 3—4 водомерные рейки, ноль которых связывается нивелировкой. Высота реек должна быть не менее глубины котлована. Укрепляются они на сваях, вбиваемых в грунт не менее чем на 3—4 м. Лучше всего сваи опускать в специально пробуренные для этого мелкие скважины. Весьма желательно, чтобы отметки нолей реек полностью совпадали между собой. Рекомендуются

на каждой рейке ясно прочертить (на одинаковой для всех отметке) линию, до которой предположено вести наполнение кот-

лована. Лучше всего линию эту установить на 0,20—0,25 м ниже бровки наиболее низкой стенки котлована. Если по условиям рельефа одну или две стенки котлована полностью или частично приходится строить из насыпного грунта, то наполнение рекомендуется вести до отметки на 0,5—0,6 м ниже бровки, во избежание больших осложнений при возможном прорыве насыпных дамб.

8. В зависимости от местных условий, вода в котлован подается при помощи насоса или же путем устройства подводящего канала (или лотка). Следует считать, что в большинстве случаев вода для замочки может быть подана из какого-либо ближайшего поверхностного водотока лишь при помощи насосной установки. В этих случаях необходимо постоянно следить за исправностью насосов, двигателей и подводящего воду шланга. При наличии шланга достаточной длины, обеспечивающей подачу воды непосредственно к котловану, нет надобности в устройстве лотков или подводящих каналов. В тех же случаях, когда представляется возможным подавать воду в котлованы самотеком или же расстояние не позволяет использование шлангов, следует отдавать предпочтение каналам, вырытым в грунте, перед деревянными (или из иного материала) лотками. Во всех случаях в непосредственной близости от котлована на водоподводящей линии устраивается шлюз—регулятор, а позади него водослив для замера количества подаваемой воды. При подаче воды посредством вырытого в грунте канала желательно устройство водослива и в начале подводящей линии.

9. После окончания подготовительных работ к подаче воды, то есть после установки и проверки насоса и двигателя, или отрытия подводящего арыка и устройства водослива, производится наполнение котлована. Во избежание поверхностного размыва под действием падающей струи воды в первый момент наполнения котлована, вода в него должна подаваться на дно по желобу, проходящему по откосу, а дно его должно быть защищено листом фанеры, который потом убирается. Первоначальное наполнение до заданной отметки производится в возможно более короткий срок, а затем, при помощи регулирующих устройств подача воды производится в таком объеме, какой необходим для поддержания постоянного уровня на этой отметке. Вода в котлован должна подаваться возможно более осветленная, с минимальным количеством взвешенных частиц. Так как практика пробных замочек на Вахшском строительстве и в ряде других мест показывает, что надлежащий эффект получается во многих случаях лишь при достаточно длительной операции (порядка 30—40 суток), то при наличии одного опытного котлована необходимо стремиться к достаточно длительному (не менее 25 суток) и строго равномерному промачиванию грунта. Если имеется 2 или 3 котлована, располагающиеся в одинаковых или сходных условиях, то 1—2 из них обязательно должны быть подвергнуты замочке с перерывами (8—10 суток под водой, затем 5—6 суток без воды, после чего вновь 8—10 суток под водой и т. д.). Сопоставление результатов наблюдений над ходом изменения формы дна и стенок котлованов, и величиной просадки за различные периоды времени для обоих способов замочки (непрерывного и с перерывами) должно дать весьма интересные и важные данные для суждения о степени влияния перерывов в замочке на интенсивность хода просадки.

10. На протяжении всего опыта, начиная с момента пуска воды в бассейн, ведется точный учет ее расхода водосливом; одновременно ведутся наблюдения и по рейкам. Во время первоначального наполнения котлована наблюдения производятся возможно чаще (через 10—15 минут) для определения количества воды, потребовавшегося, чтобы

наполнить водоем до заданной отметки, и времени, ушедшего на это заполнение. Показания водослива внесут корректив на фильтрацию во время наполнения. В дальнейшем, когда происходит только поддержание уровня на определенной отметке, наблюдения ведутся реже (через 1—2 часа). Попутно производятся наблюдения над скоростью капиллярного перемещения воды по стенкам котлована и в стороны от его бровок (путем фиксации границы видимого увлажнения породы).

11. Параллельно с указанными наблюдениями на протяжении всего опыта по откосам котлована и на поверхности окружающей его зоны ведутся наблюдения над различными деформациями (оползания по стенкам водоема, раскалывание массива и образование террас проседания, размыв, карстовые явления и пр.). При этом в журнале точно отмечается появление той или иной деформации и в дальнейшем внимательно прослеживается характер ее постепенного развития. Все сколько-нибудь интересные моменты должны быть сфотографированы или, еще лучше, зафиксированы при помощи четких зарисовок в плане и разрезе. При проведении этих наблюдений следует тщательно избегать всякого трудно учитываемого искусственного вмешательства в происходящий процесс деформации грунта (например, скопление большого количества людей в непосредственной близости от стенок котлована, расширение лопатой появившихся трещин и пр.).

12. Наблюдения за деформациями дна на небольших котлованах (размером до 7—8 м между бровками в поперечнике) могут производиться с помощью перекидных мостиков. На более крупных водоемах эти наблюдения в процессе замочки производить затруднительно, а поэтому здесь фиксация изменений дна может быть произведена надлежащим образом лишь после осушки. В случае наличия крутого склона или обрыва в пределах опытного участка или поблизости от него, надлежит вести наблюдения и здесь, отмечая время и характер появления воды и деформации грунта. Такие же наблюдения следует вести и в разведочных шурфах, заданных на участке.

13. При изучении деформации в первую очередь надлежит отмечать:

а) протяженность, глубину и ширину трещин, очерчивающих оседающие массивы; характер стенок; особенности развития трещин в целинном и насыпном грунте;

б) амплитуду смещения отдельных террас оседания и наклон их поверхности, ширину и длину;

в) степень симметричности развития деформаций по отношению к различным стенкам котлована;

г) характер и скорость обрушения откосов котлована различной крутизны;

д) размеры и форму карстовых провалов;

е) все остальные моменты, характеризующие явления деформации грунта.

14. Результаты наблюдений должны тщательно и аккуратно записываться в особый журнал, параллельно с которым следует вести еще и дневник, так как размеры граф журнала не позволяют вносить в него достаточно подробное описание всех деформаций и их зарисовки. Поэтому в журнале можно ограничиться помещением лишь сравнительно краткого описания наблюдающихся деформаций, более подробно описывая характерные из них в дневнике, куда должны заноситься и все зарисовки. Параллельное ведение обоих этих первичных документов дает возможность делать в журнале своевременно необходимые ссылки на номера зарисовок, которые позднее (после окончания опыта) должны

быть в точности перенесены на последние чистые страницы журнала. Примерная форма журнала может быть дана в следующем виде:

Журнал

Наблюдение при пробной замочке котлована № на участке.
 Наименование организации
 Местоположение котлована
 Ориентировка котлована по странам света
 Абсолютная отметка поверхности земли (для каждого угла котлована)

1. Краткая характеристика участка

1. Геоморфологические черты:
 - а) плоская или волнистая равнина, косогор и т. п;
 - б) характер микрорельефа.
2. Растительный покров:
 - а) густота и состояние растительного покрова;
 - б) характер растительности (растительные сообщества).
3. Степень хозяйственного освоения:
 - а) целина, залежь, культурно-поливная земля;
 - б) гидрографическая сеть, ее густота, удаленность от котлована.
4. Геологическое строение:
 - а) генетический тип отложений (аллювий, делювий, пролювий);
 - б) характер лесса на различных горизонтах, мощность их;
 - в) подстилающая порода
 - г) глубина залегания уровня грунтовых вод м;
 - д) основание для геологического описания (наименование, расположение и глубина разведочных выработок).

II. Условия производства опыта

1. Конфигурация и размеры котлована:
 - а) ширина по верху м;
 - б) . . . по низу м;
 - в) длина по верху м;
 - г) . . . по низу м;
 - д) средняя глубина м;
 - е) откосы (одиночные, полуторные, двойные и т. д.);
 - ж) прочие данные.
2. Условия подачи воды:
 - а) способ подачи (насосом или самотеком по арыку, мощность и система насоса и размеры арыка);
 - б) длина подводящей линии м;
 - в) степень мутности воды.
3. Время проведения опыта:
 - а) начало (число, месяц, год);
 - б) конец
 - в) общая продолжительность суток;
 - г) перерывы: 1-й суток, 2-й суток.

№	набл.	Год, месяц и число	Время наблюдений
			Часы и минуты
			Время, истекшее от начала опыта, в час. и мин.
			Слой воды в котл. в кв. м
			Об'ем воды в котловане в куб. м.
			Колич. подаваем в котлов. воды в л./сек.
			Температура воды
			Температура воздуха
			Описание наблюдавшихся явлений деформаций грунта, № записок
			Примечание

Наблюдатели:

Наблюдения и записи проверил

ИНЖ. ГЕОЛОГ

(ПОДПИСИ)

15. По истечении 2—3 суток после начала замочки производится повторная нивелировка по тем же самым точкам, что и первоначальная (за исключением точек, затопленных водою), а затем до конца замочки еще несколько нивелировок, каждая через 5—6 суток. При замочке с перерывами нивелировки должны производиться в 2—3 раза чаще, нежели при непрерывной замочке.

16. По окончании установленного срока замочки подача воды в котлован прекращается. Начиная с этого момента, ведутся учащенные наблюдения за ходом осушения и обнаруживающимися изменениями откосов и дна выемки.

17. После того, как грунт в котловане подсохнет настолько, что станет возможным спускаться в котлован по откосам и ходить по его дну, должна быть произведена последняя нивелировка по всем точкам. Если имеется возможность, свесью желательно произвести еще одну нивелировку спустя 2—3 месяца после окончания всех опытов. Результаты всех нивелировок должны быть сведены в журнал следующей формы.

Сводный журнал

Нивелировки контрольных точек на участке опытного котлована № _____

[illegible]

Нивелировку производил

(подпись).

По данным этого журнала составляются подробные планы в горизонталях сечения через 5—10 см и ряд профилей по различным направлениям. Сопоставление между собой всех профилей и планов участка даст возможность судить о размерах и формах, происшедших за различные отрезки времени нарушений естественного залегания породы.

18. Тотчас же после нивелировки следует на дне котлована поблизости от первой буровой скважины задать новую скважину на ту же самую глубину. Из этой скважины, также через каждые 0,5 м, должны быть взяты образцы пород с ненарушенной структурой.

Помимо того, до начала бурения этой скважины должны быть взяты повторные образцы по стенкам и со дна котлована (по возможности из тех же пунктов, из которых были взяты образцы перед замочкой). Одновременно с этим берутся образцы и из шурфов.

19. Образцы по всем выработкам должны быть подвергнуты тщательному полевому описанию, а затем аналитическим определениям. По каждому образцу надлежит произвести в лаборатории следующие операции:

а) гранулометрический анализ¹, желателен с разделением на фракции: $>0,25$; $0,25-0,1$; $0,1-0,05$; $0,05-0,01$; $0,01-0,005$; $0,005-0,001$ и $<0,001$ мм;

б) определение пористости;

в) > удельного и объемного веса;

г) > верхней границы текучести;

д) > и нижней границы пластичности;

е) > разбухаемости;

ж) > линейной и объемной усадки;

з) > размокаемости (в монолитных образцах);

и) > полной, абсолютной (капиллярной) и максимальной молекулярной влагоемкости;

к) определение влажности (по образцам, взятым в баночки с притертыми пробками);

л) определение коэффициента уплотнения и зависимости влажности от сжатия (на прессе К. Терцаги);

м) химический анализ трехсуточных водных вытяжек (при соотношении 1:10), с определением SO_4 , Cl , HCO_3 , CO_2 , SiO_2 , Ca , Mg , K , Na , R_2O_3 и плотного остатка.

В том случае, когда конечные сроки камеральной обработки материала или отпущенные денежные средства не позволяют проведения указанных лабораторных определений полностью по всем взятым образцам, представляется возможность ограничиться производством этих определений по образцам, взятым через каждый метр, а по разведочным шурфам — и через 2 метра. При наличии же достаточного срока и соответствующих денежных ассигнований желателен произвести, кроме перечисленных анализов, еще и ряд других определений (хотя бы по некоторым образцам, взятым по вертикали из одной и той же выработки до и после окончания опыта с замочкой):

а) валовой химический анализ породы;

б) обработка образцов породы соляной кислотой, углекислым натрием или химическим аммонием и определение емкости поглощения и состава поглощенных оснований;

в) определение минерального состава породы и формы частиц² (пу-

¹ Так как гранулометрический состав грунта после увлажнения, в сущности, не изменяется, то анализ этот (а равно и определение удельного веса) для повторных образцов не производится.

² Описание формы для зерен различного минерального состава и указание их процентное соотношение чешуйчатых и округлых частиц важно потому, что от формы зерен зависят многие свойства мелкозернистых пород. Для чешуйчатых частиц число точек соприкосновения на единицу объема во много раз больше, нежели для округлых зерен. Увеличение же числа точек соприкосновения ведет к возрастанию связности породы и увеличению упругости деформации.

тем рассмотрения под микроскопом или под бинокулярной лупой при большом увеличении);

г) определение предела липкости (клейкости);

д) > предела усадки;

е) > сопротивляемости сдвигу коэффициента и угла внутреннего трения (при помощи системы двух ящиков, на крупных монолитах);

ж) определение критических скоростей фильтрации (на приборе Тима Каменского);

з) определение связности (по методу Аттерберга).

Методы производства всех этих анализов описываются во многих руководствах и инструкциях (например, в инструкции Гидэп'а по водно-энергетическим изысканиям, выпуск III, Инженерная геология, Москва, 1934), а потому в данной работе они опускаются.

Следует лишь отметить, что геолог при сдаче образцов пород в лабораторию для анализа должен всякий раз точно указывать, по какому методу ему желательно произвести то или иное аналитическое определение и в какой форме получить результаты анализа. Подобного рода указания необходимо делать для того, чтобы обеспечить единообразие метода определений и полноту характеристики.

Некоторые определения могут быть произведены и непосредственно в поле, для чего следует иметь полевую лабораторию отрядного типа. Из анализов, могущих быть с успехом произведенными в полевой обстановке, можно отметить определение удельного и объемного веса, пористости, влажности, естественной связности при помощи шведского конуса и ряд других простых определений, не требующих сложной аппаратуры. Взятие образцов в виде монолитов можно производить или путем вырезывания острым ножом, или при помощи прибора Андрухина и иных приспособлений.

По всем результатам анализов должны быть составлены соответствующие таблицы, а по некоторым из них также и графики. В таблицах должен быть обязательно указан также и метод, по которому произведено то или иное определение. Помимо отдельных таблиц, рекомендуется составить еще и сводную таблицу, которая отражала бы все физико-механические и химические свойства и состояния породы и их изменения после замочки по горизонтальному и вертикальному распространениям.

20. Кроме аналитических определений по образцам грунта, должны быть сделаны 2 полных химических анализа проб воды, взятых в начале и в конце замочки; в этих же пробах должны быть определены процентное содержание (по весу) взвешенных частиц и их гранулометрический состав.

21. Приведенным в пункте 19 перечнем определений различных свойств грунта не исчерпывается весь комплекс операций, который необходимо произвести для полного выяснения тех изменений, которые происходят в лессовом грунте после интенсивного промачивания его водою. Весьма важно выяснить опытным путем степень сопротивляемости грунта вертикальному давлению в сухом и во влажном состоянии. Эти опыты должны быть обязательно произведены не на образцах, а непосредственно в поле, в условиях естественного залегания грунта, путем постановки прибора ВИОС'а или Лемана. Первый опыт надлежит поставить перед замочкой, а второй по окончании замочки грунта. Оба опыта следует провести поблизости от котлована или, еще лучше, непосредственно на дне котлована в одном и том же шурфе, открытом на глубину 1,5 — 2,0 м, при чем для проведения второго опыта штами

должен быть установлен на 0,5 — 0,8 м в сторону от того места, где стоял штамп при первом опыте. С целью получения сравнимых результатов оба раза опыт должен быть проведен одинаково во всех деталях. В виду сжатости данной статьи, порядок проведения опыта опускается¹.

Результаты наблюдений над осадкой грунта заносятся в особый журнал, после чего вычерчиваются 2 графика, характеризующие ход осадки во время испытания.

Примерное расположение и форма графиков, а также геологического разреза шурфа показаны на рис. 3.

24. Помимо производимых в поле испытаний степени сопротивляемости породы действию вертикальной нагрузки, чрезвычайно желательно подвергнуть эту породу также и испытанию в насыщенном водою состоянии в лабораторных условиях на приборе типа К. Терцаги (пресс) для определения зависимости между степенью сжимаемости породы и ее влажностью. Испытанию должны подвергнуться образцы, взятые в виде монолитов, по возможности, из тех же мест, где производилось полевое испытание пробной нагрузкой, и в то же самое время, что и образцы для аналитических определений при полевом испытании.

При проведении опыта на прессе Терцаги определяются следующие показатели: коэффициент сжимаемости породы, коэффициент уплотнения и коэффициент фильтрации. Последний коэффициент определяет скорость удаления воды из сжимаемой породы.

В то время, как при испытании пробной нагрузкой в открытом шурфе осадка породы под штампом складывается из двух частей — осадки от сжатия и осадки от выпирания из-под штампа, в результате лабораторного испытания прессом получает освещение вопрос о величине той части осадки, которая является следствием лишь сжимаемости породы. Сопоставление графика хода осадки грунта под нагрузкой на приборе Лемана и результатов аналитических определений по образцам, взятым до и после этого испытания, с компрессионными кривыми, построенными по данным испытания на прессе Терцаги, дает возможность судить:

а) каково соотношение между осадкой, зависящей от сжатия породы и осадкой от перегруппировки частиц и выпирания из-под штампа;

б) происходило ли сжатие под штампом за счет вытеснения воды, или же за счет сжатия незаполненных водою более крупных пустот в породе;

в) достигло ли сжатие предельной величины.

Выводы из этого сопоставления имеют важное практическое значение.

25. Большой интерес представляет также определение (непосредственно в полевых условиях) высоты и скорости капиллярного поднятия воды в лессовых породах до замочки и после замочки их водою. Принимая во внимание довольно большую длительность этих опытов (не менее 1,5—2 месяцев для получения более или менее полной характеристики водоподъемной способности породы), опыт с сухой породой рекомендуется проводить параллельно с замочкой котлована. При условии полной однородности состава и свойств лесса данного участка по горизонтальному распространению опыт этот можно поставить за пределами ожидаемой зоны деформаций грунта при замочке котлована.

Ограниченность места принуждает описание хода опыта и приведение формы журнала из данной статьи исключить. Следует лишь отметить, что результаты наблюдений, помимо записей в журнале, должны

¹Порядок определения степени прочности грунтов описан в ряде инструкций (например, инструкция КОМСТО (10), инструкция ВНОС и др.).

Результаты

испытания прочности грунта прибором системы КОМСТО на опытном участке №1

Местоположение

Глубина установки штампа - 2,00 м. Размер штампа - 40x40=1600 кв.см.

Геологический разрез шурфа и
сважины с записями прибора.

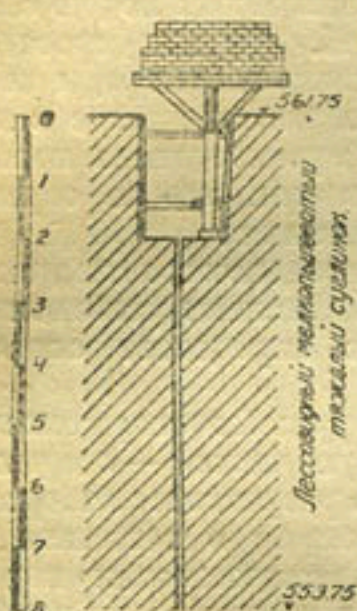


График хода осадки при нагрузке и разгрузке прибора
Удельные нагрузки в кг/см²

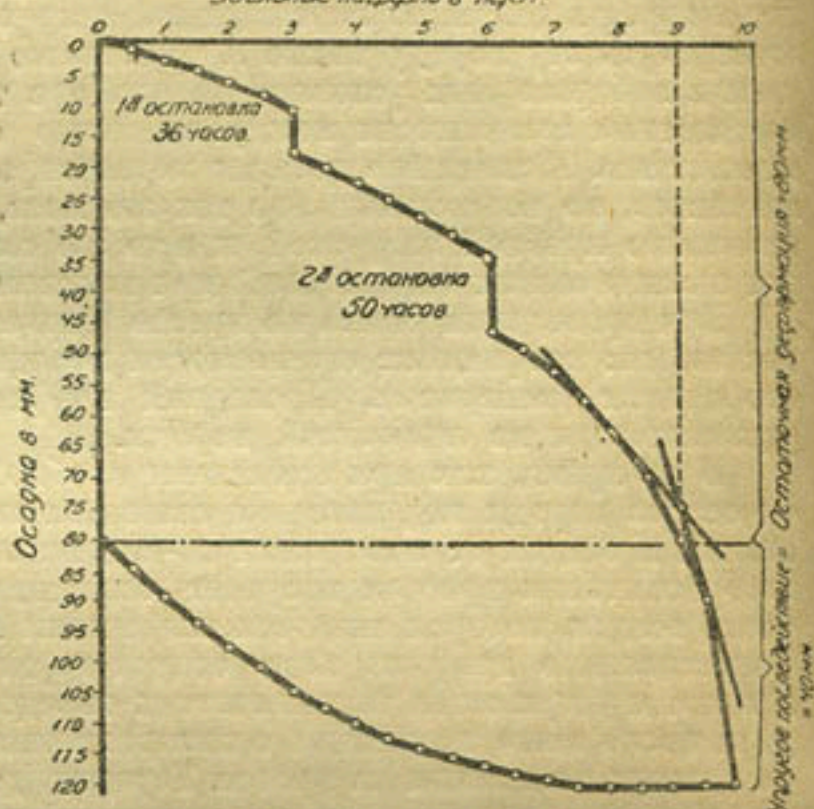
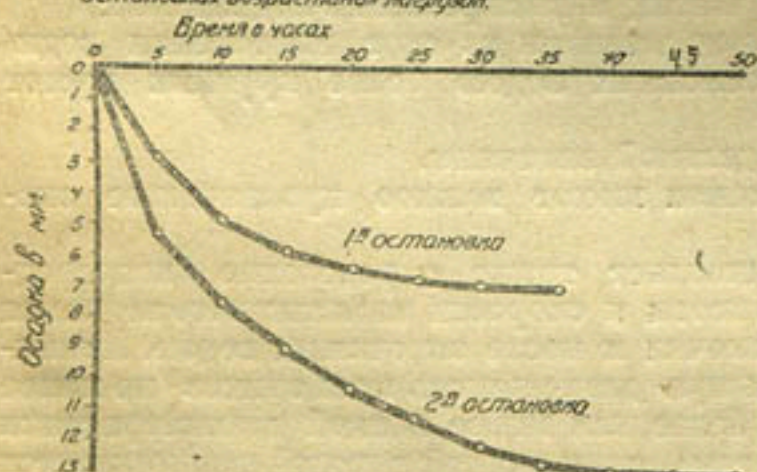


График затухания осадки при
остановках возрастания нагрузки.



Приблизительная нагрузка (при влажности
грунта 8,5%) 9 кг/см²

Допустимая безопасная нагрузка
(с трехкратным запасом прочности) 3 кг/см²

Коэффициент поправки для момента
приблизительной нагрузки 1,2 кг/см²

Общая продолжительность нахождения
прибора под нагрузкой 132 часа

Продолжительность разгрузки прибора 36 часов

Испытания начаты 5 VIII.35 в 18,00

Испытания окончены 17 VIII.35 в 18,00

Инженер-геолог

Рис. 3. Образец графического изображения результатов испытания прочности
грунта

быть также отражены и графически. При построении графика по оси абсцисс откладывается время в часах, а по оси ординат снизу вверх—величина капиллярного поднятия в сантиметрах.

26. В том случае, когда ограниченность срока исследований или недостаток денежных средств лишают возможности проведения полного комплекса рекомендуемых опытных работ, изучение просадок может быть произведено в меньших масштабах как по объему котлованов, так и общей длительности их замочки. В этих случаях неизменным условием получения достаточно ценных материалов является восполнение недостатков полевых исследований возможно более полными лабораторными определениями различных свойств и состояний породы до и после замочки ее водою.

27. При исследованиях для целей мелкого ирригационного строительства, помимо замочки котлованов небольших размеров, весьма желательно производить также замочку грунта на деланках различных типов — целинных, пропашных и пропашных с бороздками (по примеру опытных работ, проведенных Санири в 1932 г. на плато Ак-газа).

28. При изучении явлений просадок на существующих гидротехнических сооружениях исследовательские работы сводятся преимущественно к описанию наблюдающихся деформаций и взятию образцов пород с различных глубин для последующего лабораторного анализа. При описании деформаций надлежит в поле отмечать самым тщательным образом:

1. Характер распространения просадок по отношению к длине магистральных, второстепенных и третьестепенных каналов (прерывистый, непрерывный).

2. Количество террас оседания, амплитуду их смещения, размеры и характер трещин, ширину зоны деформаций по каждому берегу.

3. Явления размыва и карста по берегам, приуроченность их к тем или иным пунктам и зависимость от условий работы ирригационной сети и других факторов.

4. Размеры и форму повреждений бетонных, железобетонных и иных сооружений на каналах.

5. Форму и размеры различных нарушений первоначального рельефа на полях орошения и связь их деформаций с норами землероев и другими продуктами жизнедеятельности организмов.

Все основные моменты описания должны быть богато иллюстрированы зарисовками, фотоснимками и планами в горизонталях (по данным инструментальных съемок и нивелировок).

29. Отчет о результатах всех произведенных испытаний и наблюдений должен в себе заключать:

1. Подробное геоморфологическое, геологическое и гидрогеологическое описание не только опытного участка, но и всего окружающего его района в радиусе не менее 2-3 км, с приложением геологической карты этого района, карты глубин залегания уровня грунтовых вод и карты гидроизогин в возможно более крупном масштабе, и геологических разрезов всех разведочных выработок.

2. Подробное и тщательно исполненное описание всего хода опыта с замочкой котлована и наблюдающихся в процессе его проведения различных деформаций грунта, иллюстрированное журналами наблюдений, планами участка в горизонталях, таблицами, графиками, зарисовками и фотоснимками.

3. Выводы о степени и характере развития просадок и иных нарушений первоначального залегания пород участка и зависимости их от продолжительности и интенсивности промачивания водой и ряда других условий.

4. Рекомендуемые строительные мероприятия по предотвращению или ослаблению вредных для целостности проектируемых сооружений последствий деформации грунта.

5. Подробную программу дополнительных исследований (в случае недостаточности произведенных).

В результативной части отчета желательно привести сопоставление наблюдаемых деформаций с подобными же явлениями в других районах, описанными в литературных или архивных материалах, и указать применявшиеся в этих районах меры борьбы и достигнутый ими успех. Не следует пренебрегать также и приведением данных, почерпнутых при опросе местного населения, так как последнее в некоторых районах накопило ценный опыт в борьбе с различными деформациями грунтов.



Так как просадки представляют собой один из типов современных физико-геологических процессов, то при изучении их необходим естественно-исторический подход. Поэтому изучение просадочных явлений должно производиться обязательно геологом, как владеющим методами естествознания. Между тем, в настоящее время эти исследования иногда ведутся почвоведом или гидротехниками. Поэтому получаемые в результате этих работ данные обычно не дают ответа на целый ряд существенно важных вопросов.

В результате же надлежащего изучения явлений просадок в разнообразных условиях должен быть накоплен материал, дающий возможность с достаточной полнотой и точностью предсказывать просадки, ход их развития и конечную величину, не прибегая к длительным, сложным и дорогостоящим опытным замочкам в котлованах. В данный момент, при современном состоянии наших знаний о просадках в лессе, такой прогноз может быть дан лишь с точностью, далеко не всегда могущей в достаточной мере удовлетворить составителей проекта постройки того или иного сооружения. Прогноз этот дается геологом на основе изучения геоморфологического облика, геологического строения и гидрогеологических особенностей участка, выяснения степени и характера развития современных физико-геологических процессов и лабораторного определения наиболее характерных свойств и состояний лессовых пород, развитых на участке.

Как уже указывалось ранее, результаты изучения просадок показывают, что просадки проявляются главным образом на целинных массивах слабо покатых предгорных равнин, сложенных лессовыми породами пролювиального или делювиального происхождения. При этом общая интенсивность просадок на повышенных участках больше, нежели на пониженных. Площади с плоскоравнинным рельефом (при условии однородности состава пород по горизонтальному распространению и равномерности распределения макропустот), как правило, дают равномерные просадки; на участках же, характеризующихся расчлененностью рельефа, наблюдаются в отдельных пунктах резкие колебания как в отношении скорости процесса, так и в отношении конечной величины просадки.

Наличие многочисленных следов жизнедеятельности организмов в виде нор землероев, ходов термитов и т. п. может служить всякий раз указанием на неизбежность неравномерных просадок. Указанием на возможность появления просадок могут служить хотя бы и незначительные проявления процессов карстообразования. Легкая размокаемость образцов породы, высокая пористость и в особенности некапиллярного характера (что ясно обнаруживается и невооруженным глазом), являют-

ся наиболее характерными признаками, указывающими на просадочность пород.

При наличии полевой лаборатории возможно производство определений ряда характерных показателей пород. Результаты этих определений осветят те стороны явлений, которые не могут быть уловлены при полевом (макроскопическом) рассмотрении пород.

3. Меры борьбы с вредными последствиями деформаций грунтов

Вполне действительные мероприятия по предотвращению во всех случаях вредных последствий просадочных явлений в лессовых породах еще до сих пор не выработаны. Следует считать, что меры борьбы с вредными влияниями просадок на прочность и устойчивость сооружений не могут носить универсальный характер, находясь в зависимости от типа и конструкции сооружений, количества проникающей в грунт воды и характера этого проникновения, мощности лессового покрова, величины его исходной пористости и целого ряда других факторов.

Мероприятия, заключающиеся в создании какой-либо водонепроницаемой оболочки, непригодны, так как они не останавливают, а только задерживают естественный процесс проседания, отодвигая полное освоение участков на более долгий срок. Гораздо целесообразнее всемерное ускорение естественного процесса, к чему и следует всякий раз стремиться, сводя процесс просадки от нескольких лет к нескольким месяцам.

1. Многочисленными наблюдениями установлено, что в условиях равнинной местности с очень спокойным рельефом просадки грунтов на началах не представляют сколько-нибудь серьезной угрозы для их работы при эксплуатации. В условиях же пересеченного рельефа даже небольшие деформации легко приводят к прорывам бортов каналов, особенно в тех местах, где последние проходят в полунасыпях — полувыемках или полностью в насыпях и построены из того же лессового грунта, что составляет и основной массив, но отличающегося даже после утрамбовки весьма высокой пористостью и значительной рыхлостью сложения вследствие влияния остаточной разрыхляемости. Поэтому проложение каналов в насыпях или полунасыпях требует уплотнения не только насыпного грунта посредством его послойного промачивания и утрамбовки, но также и целинного грунта в основании насыпи путем предварительной обильной его замочки.

На каналах, проходящих в полунасыпях — полувыемках и построенных без предварительной замочки целинного грунта в основании насыпи и со слабой утрамбовкой насыпного материала, часто параллельно с оседанием грунта наблюдаются и явления карста, выражающиеся в образовании провальных воронок и шахт. Вода, устремляясь в эти провалы, производит размыв грунта и приводит к прорывам в бортах каналов. Засыпка прорывов сухим или влажным лессовым грунтом с последующей утрамбовкой насыпаемого материала оказывается недействительной, ибо вслед за заделкой промоины последняя вновь немедленно возникает на том же месте. Как показал опыт борьбы с прорывами на Джуне и Хазар-баке, наиболее действительным средством в этом случае является заливка прорванных участков совершенно разжиженным лессовым грунтом с последующим заполнением их грунтом полужидкой консистенции. В случае своевременного обнаружения прорывов ликвидация их производится быстро и не требует особых усилий. Поэтому одним из обяза-

тельных условий борьбы с прорывами на каналах является постоянное наблюдение за состоянием их берегов и правильная организация системы мероприятий по немедленной ликвидации всех обнаруживающихся разрушений. Для предотвращения прорывов рекомендуется в дамбах на каналах давать возможно больший запас.

2. Для сокращения объема дополнительных земляных работ, неизбежных при реставрации канала после деформации его дна и откосов, рекомендуется первоначальное отрытие выемки канала производить не на полную проектную глубину, а с недобором, учитывая вероятную величину просадки грунта по дну (на основании результатов опытных исследований). При этом сооружения на каналах целесообразнее устраивать не постоянные, а временного типа, из дерева. Первый пропуск воды по магистральному каналу и отходящим от него распределителям должен производиться медленно и расход воды лишь постепенно доводиться до предельно допустимого. По свидетельству М. М. Решеткина (8 и 17), эта мера с полным успехом была применена на Джуне при строительных работах по опрямлению некоторых крупных извилин канала.

3. Для ускорения процесса оседания грунта по вновь сооруженному каналу пропуск воды следует производить с перерывами до 5—7 дней. Помимо того, можно рекомендовать устройство по дну и откосам ряда шурфов и скважин. Выработки эти следует располагать в шахматном порядке, на расстоянии от 10 до 15 м друг от друга (считая радиус их действия равным 5—7,5 м). При этом скважины на откосах желательно задавать не вертикально, а наклонно, перпендикулярно к поверхности откосов. Такое направление скважин будет способствовать расширению полосы равномерной просадки. Глубину шурфов по дну канала желательно доводить до 5—7 м, а глубина скважин на дне и откосах должна быть не менее 12—15 м (при условии глубокого залегания уровня грунтовых вод). Чем больше задано этих выработок на каждый погонный километр канала, чем больше диаметр буровых скважин и чем они глубже, тем больший эффект можно ожидать от их действия. Для предохранения скважин от заиливания их полезно заполнять до самого верха гравием и крупнозернистым песком.

4. Окончательная разработка выемки канала до проектной отметки и замена временных деревянных сооружений постоянными бетонными или железобетонными должна быть произведена через более или менее продолжительный отрезок времени (в среднем около 1 года), когда дальнейшее оседание грунта будет происходить настолько медленно и в таких ничтожных размерах, что практически может считаться закончившимся.

5. В глубоких выемках рекомендуется откосы делать более пологими (1:1,25 или 1:1,5) или же устраивать ряд берм (через каждые 1,5—2 м по высоте).

6. При сооружении водохранилищ полезно, в целях придания водоудерживающей способности лессовым грунтам, слагающим ложе и борта водохранилища (а при земляных плотинах также и тело их), засыпать в воду поваренную соль и другие химические соединения, обладающие свойством диспергирования частиц грунта. Уменьшение потерь воды на фильтрацию может быть достигнуто также и вливанием в воду перед плотиной сильно разжиженного лессового грунта. В этом случае будет происходить быстрый колыматаж пор.

7. При возведении капитальных гражданских сооружений на лессовых породах, способных давать просадки, в неорошаемых районах надлежит принимать всяческие меры предохранения породы от обильного промачивания их водою. Это может быть достигнуто рациональ-

ним устройством канализационной системы, обеспечивающей быстрый и надежный отвод всех поверхностных вод за пределы строительного участка.

Вокруг зданий должны быть устроены широкие водонепроницаемые тротуары с водоотводными лотками, а улицы и дворы хорошо замощены и иметь водоотводную систему для вывода ливневых вод. В орошаемых же районах, где промачивание породы будет неизбежно, следует воздерживаться от возведения этих сооружений без предварительной замочки котлована в течение достаточно длительного срока. При замочке весьма важно добиться распространения равномерной осадки на возможно большую площадь. Для достижения этой цели, а также для максимального ускорения процесса деформации грунта, следует рекомендовать отрытие вокруг котлована под сооружение неглубокой выемки с заложением на ее дне и откосах ряда буровых скважин. Размеры этой выемки, кольцом опоясывающей котлован и соединенной с последним посредством прокопа, ее удаленность от котлована, количество и глубина выработок по ее дну и откосам должны определяться в каждом отдельном случае особо, в зависимости от различных факторов, в первую очередь от размеров и конструкции сооружения и степени подверженности грунта просадкам. Замочку рекомендуется вести в несколько приемов, держа котлован и окружающее его кольцо под водой в течение 20—25 дней, а затем 5—10 дней без воды. Перерывы в замочке должны быть использованы для очистки дна и стенок замачиваемой выемки от верхнего разжиженного слоя, представляющего собою колымающую материал.

8. Следует отметить, что рекомендуемая предварительная замочка котлована не всегда полностью предохраняет от последующих просадок. В некоторых случаях, в особенности при тяжелых сооружениях, породы после приложения добавочной нагрузки (от веса сооружения) могут давать некоторую дополнительную просадку. Величина этой дополнительной просадки находится в зависимости от степени просадочности лесса на данном участке, длительности и характера предварительной замочки котлована и размера нагрузки строительного основания на грунт. Поэтому при проектировании сооружений преимущество должно быть отдано таким компоновкам, которые допускают возможность легко разделить здание достаточным количеством осадочных швов (1). Фундаменты рекомендуется возводить не на отдельных столбах с перемычками, а сплошные, при чем после замочки котлована по слегка подсушенному грунту должна быть сделана подготовка из гравия или кирпичного щебня с утрамбовкой и заливкой тощим цементным раствором толщиной в 5—10 см.

9. Для предотвращения или смягчения явлений деформации на участках, предназначенных под орошение, в условиях плоско-равнинного рельефа может оказаться достаточным средством предварительная замочка грунта путем нескольких кратковременных затоплений полей тонким слоем воды. Однако, это мероприятие, в случае наличия сколь угодно значительного количества крупных нор землероев, оказывается совершенно недействительным, так как норы превращаются в водопоглощающие отверстия, вокруг которых вскоре же возникают участки интенсивного проседания. Заливка этих нор разжиженным лессовым грунтом, предшествующая обработке участка к первому поливу, может явиться практически наиболее рациональным и экономически наиболее выгодным мероприятием, приводящим к равномерному распределению просадок по всей орошаемой площади.

Ташкент

Список

главнейших использованных литературных и архивных материалов

1. Абелев Ю. И. Временная инструкция по проектированию и возведению гражданских и промышленных сооружений на лессовидных грунтах. Строительная промышленность, № 7, 1931.
2. Андрухин Ф. Л. Вопросы методики гостехнических исследований лессовидных пород (грунтов). Материалы по гидрогеологии и инженерной геологии УзССР, вып. 1, Ташкент, 1935.
3. Батыгин В. И. К методике оценки просадочности глинистых грунтов. Геология на фронте индустриализации, № 2, 1933 (Новочеркасск).
4. Воронов Ф. И. и Ермаков Н. П. — Инженерно-геологическая характеристика строительной площадки Бурджарской гидроэлектростанции в г. Ташкенте (Машинопись). Ташкент, 1933. (Технический архив Бурджарстроя.)
5. Гвоздев В. С. Просадки на Малокабардинской оросительной системе. Изв. госуд. научно-мелиор. института, вып. XX, Ленинград, 1930.
6. Глебов П. Д. Наблюдения над уплотнением лесса и осадкой каналов на опытном участке в Золотой орде в Голодной степи. Изв. научно-исслед. инст. гидротехники, том V, Ленинград-Москва, 1932.
7. Димо Н. А. Роль и значение термитов в жизни почв и грунтов Туркестана. Почв. экспедиция в бассейнах рек Сыр-дарьи и Аму-дарьи, вып. II, 1916.
8. Замарин Е. А. и Решеткин М. М. Просадки и водопроницаемость лесса. Труды Среднеазиат. научно-исслед. инст. ирригации, вып. 5, Москва-Ташкент, 1932.
9. Иванов Н. Н. Строительные свойства грунтов в зависимости от влажности. Первый всесоюзный гидрогеолог. съезд. Сборн. седьмой, секция ниж. геологии, 1934.
10. Инструкция по испытанию и исследованию грунтов на месте работ КОМСТО. Москва, 1930.
11. (Кенесарин) Гидрогеологические исследования опытного участка „Земли и труд“ в 1934 г. Упругол. (Машинопись). Ташкент, 1935. (Архив Упругола).
12. (Крылов М. М.) Режим грунтовых вод района реконструкции орошения Голодной степи. Упругол. (Машинопись). Ташкент, 1935. (Архив Упругола).
13. Лисецкий К. И. О просадочных явлениях на Северном Кавказе. Первый всесоюзный гидрогеолог. съезд. Тезисы доклада, Москва—Ленинград, 1931 г.
14. Лютгарстаузен Ф. В. Аб „лессавым карсье“ и аб асобным типе равочкау. Працы Навуковаго т-ва на вывученьню Беларусі, том I, 1926, стр. 143—146.
15. (Попов Г. П.) Результаты исследований свойств почвогрунтов и изменений, происходящих в них под влиянием замочки на равнине Алгаза. Среднеазиат. инст. удобрения и агропочвоведения (Машинопись). Ташкент, 1932. (Архив Санири).
16. Пышкин В. А. Семхоз Пахта-арал. Осадка грунтов на каналах в северо-западной части Голодной степи. Вестник ирригации, 1928, № 1, стр. 39—44.
17. Решеткин М. М. Осадки лессовидных грунтов на ирригационных системах. Первый всесоюзный гидрогеологический съезд. Сборник седьмой, секция инженерной геологии, 1934.
18. (Туркин Г. И.) Технический отчет результатов работ Вахшской экспедиции по изучению просадок грунтов на Вахшстрое (опыты с замочкой) (Машинопись). Санири, Ташкент, 1932 (Архив Санири).
19. Хеладзе И. Е. Явления образования трещин и осадки грунтов вдоль оросительных каналов. Труды второго всесоюзного гидрологического съезда, ч. II, 1929.
20. Щетлов Н. И. К вопросу изучения просадок грунта. Геология на фронте индустриализации, № 7—9, 1933.

Электронасосные оросительные установки

Развитие электростроительства в ирригационных районах СССР и совершенно естественный для этих районов комплексный характер разрешения водохозяйственных проблем, связующий ирригацию и энергетику (гидроэлектроэнергетику), обуславливают актуальность изыскания оптимальных техникоэкономических схем электрификации механического под'ема воды для оросительных целей.

Народохозяйственное значение этой задачи определяется масштабами наличного и возможного в перспективе машинного орошения.

Мощность свыше сотни наличных машинооросительных установок СССР (преимущественно с двигателями внутреннего сгорания) уже на начало второй пятилетки достигала свыше 15.000 лощ. сил: в Закавказье — 46 насосных станций мощностью около 8,5 тыс. л. с. и в Средней Азии — 57 станций общей мощностью свыше 6,8 тыс. л. с.

Конечная мощность только главнейших исключительно электрифицированных ирригационных насосных установок Закавказья и Средней Азии, проекты которых на тот же период были уже проработаны, намечалась до 100.000 лощ. сил, при суммарной площади орошения этих установок в 850.000 га.

Размах предстоящего строительства электронасосных установок вполне вырисовывается, если к названным цифрам приплюсовать гораздо более значительные цифры электроорошения (преимущественно по методу дождевания) Закавказья по проекту „Большой Волги“: 3—6 (по разным вариантам) млн. га, при суммарной установленной мощности порядка 2,8—3,2 млн. лощ. сил.

При всей значительности предстоящих техникоэкономических задач электроорошения, в советской технической литературе до сего времени отсутствуют какие-либо специальные работы, достаточно полно выявляющие и охватывающие все инженерно-технические моменты данной проблемы.

Настоящая статья является попыткой систематизации накопившихся данных, идей и неразрешенных вопросов инженерно-технического (и, в частности, электротехнического) порядка, в целом составляющих основные элементы уже назревшего нового крупного раздела науки ирригации — раздела „Электронасосные оросительные установки“.

Все возможные электронасосные ирригационные установки, т. е. установки электрифицированного под'ема воды для оросительных нужд, можно подразделить: по источникам питания — на установки, поднимающие

воды открытых потоков, либо озер, и установки, поднимающие подземные воды (калифорнийские колодцы), и по характеру обслуживаемых ирригационных систем — на установки, питающие магистральные оросительные каналы, и установки, питающие сети трубопроводов дождевания.

Электронасосные станции

Электронасосные оросительные станции — водоподъемные для ирригационных целей стационарные установки, основным оборудованием которых являются агрегаты, состоящие каждый из насоса и приводящего его в движение электромотора. Сооружение первых электронасосных оросительных станций относится к началу текущего века; развитие электрификации и усовершенствование конструкций насосов обусловили быстрый рост электроорошения в Египте, Испании, Италии, США и Германии, так как электронасосные станции оказались экономически эффективными и конкурентноспособными при сравнении с неэлектрифицированными ирригационными насосными станциями, давая стоимость подема воды, приемлемую даже и не для особо высокоценных технических культур.

Электронасосные оросительные станции, естественно, располагаются на берегу своего источника питания (реки, озера, водохранилища, ирригационного канала), в непосредственной близости от головы питаемых ими магистральных каналов электрооросительных сетей. Оптимальное местоположение всякой электрооросительной насосной станции, в конечном счете, определяется из сопоставления и технически и экономически наиболее целесообразной увязки следующих трех моментов:

1. Наилучшего местоположения головы магистрального канала сети электроорошения.

2. Наивыгоднейших гидравлических параметров самой электронасосной станции.

3. Длины и характеристик передачи электроэнергии, питающей насосную станцию. Известная роль при этом принадлежит также и вопросам объема и стоимости возможных строительно-монтажных работ при сооружении электронасосной станции. Таким образом, за оптимальный вариант местоположения электрооросительной станции должно принять такой, который обеспечит минимум приходящихся на гектар орошаемой площади и начальных капиталовложений и эксплуатационных расходов по транспорту электроэнергии насосной станции, и по подему и по распределению поднятой насосной станцией воды.

Площадки, необходимые для зданий электронасосных оросительных станций, определяются в основном суммой площадей, необходимых для агрегатного зала и для распреустройств.

Удельная площадь, необходимая в среднем на каждый электронасосный агрегат при производительности такового от 0,1 до 0,5 куб. м/сек., колеблется в пределах от 2 до 1 м² на 0,1 куб. м/сек. производительности; нормальное отношение длины электронасосного агрегата к его ширине колеблется в пределах от 2,5 до 2,8. Между отдельными главными агрегатами, между ними и другими вспомогательными машинами, между машинами и стенами обязательны проходы в 1,5 м.

Высотное расположение пола здания станции (вернее — осей насосов) определяется лимитом высоты всасывания (5—6 м при температуре воды до 20°C¹), зависящим, между прочим, и от конструкции насоса.

¹ При $t > 20^\circ\text{C}$ допустимая высота всасывания, не грозящая явлениями кавитации, ниже 5 м.

Высота агрегатного зала станции определяется возможностями маневрирования мостового крана; во всяком случае, эта высота ниже, чем для машинных помещений дизельнасосных станций (в особенности в случае вертикальных дизелей).

Оросительные насосные станции характерны значительными колебаниями во времени своих основных параметров—дебита (Q кб. м/сек.) и напора (H м).

Величина дебита для каждого отдельного дня работы насосной станции, а в совокупности за год—директивный график производительности установки, предопределена директивным графиком расходов воды в голове машинного канала, питаемого установкой, в свою очередь определяемого графиком полива орошаемой территории и коэффициентом полезного действия ирригационной сети, колеблющимся в пределах от 0,35 до 0,90. За директивный график поливов надлежит принимать перспективный плановый график, при чем „укомплектование“ графиков поливов в интересах максимальной рентабельности насосной установки должно проводить так, чтобы обеспечить максимально возможное постоянство потребной для установки мощности (т. е. примерное постоянство произведения величин двух основных гидравлических параметров— Q и H); при дебите установки, составляющем значительную долю расхода питающего водного источника, приходится учитывать обязательность синхронизма режимов установки и источника (увязка гидрографа реки с кривой расходов магистрального канала насосной установки).

При проектировании за расчетный (годовой, сезонный) календарный график колебаний дебита (Q) электронасосной установки должно принимать график, окончательно прокорректированный в соответствии со всеми отмеченными выше моментами, что может быть выполнено лишь после построения параллельно и графика колебаний напора (H).

Колебания величины манометрического напора, который придется преодолевать насосной установке, зависят от колебаний величины геометрического напора (разности уровней воды верхнего и нижнего бьефов) и от колебаний дебита отдельного агрегата¹, поскольку от величины расхода воды, прогоняемого насосом через всасывающий и нагнетательный трубопроводы, зависят величины гидравлических потерь в трубопроводах и в насосе.

График колебаний величины геометрического напора строится путем графического сопоставления вычерченных в одинаковых масштабах графиков колебаний уровней верхнего и нижнего бьефов, вычитанием из ординат графика верхнего бьефа (отметки уровня) ординат нижнего; графики же колебаний уровней обоих бьефов строятся на основе соответствующих для источника питания и для машинного канала графиков колебаний расходов и кривых расходов (зависимостей $Q=f(H)$).

Что же касается величин суммарных гидравлических потерь, то они могут быть окончательно исчислены лишь после выбора числа агрегатов и производительности отдельных насосов, а равно и после установления схемы трубопроводов. Предварительно же для насосных установок с геометрическим напором до 20 метров можно принимать

$$H_{\text{ман}}=(1,4-1,6) H_2.$$

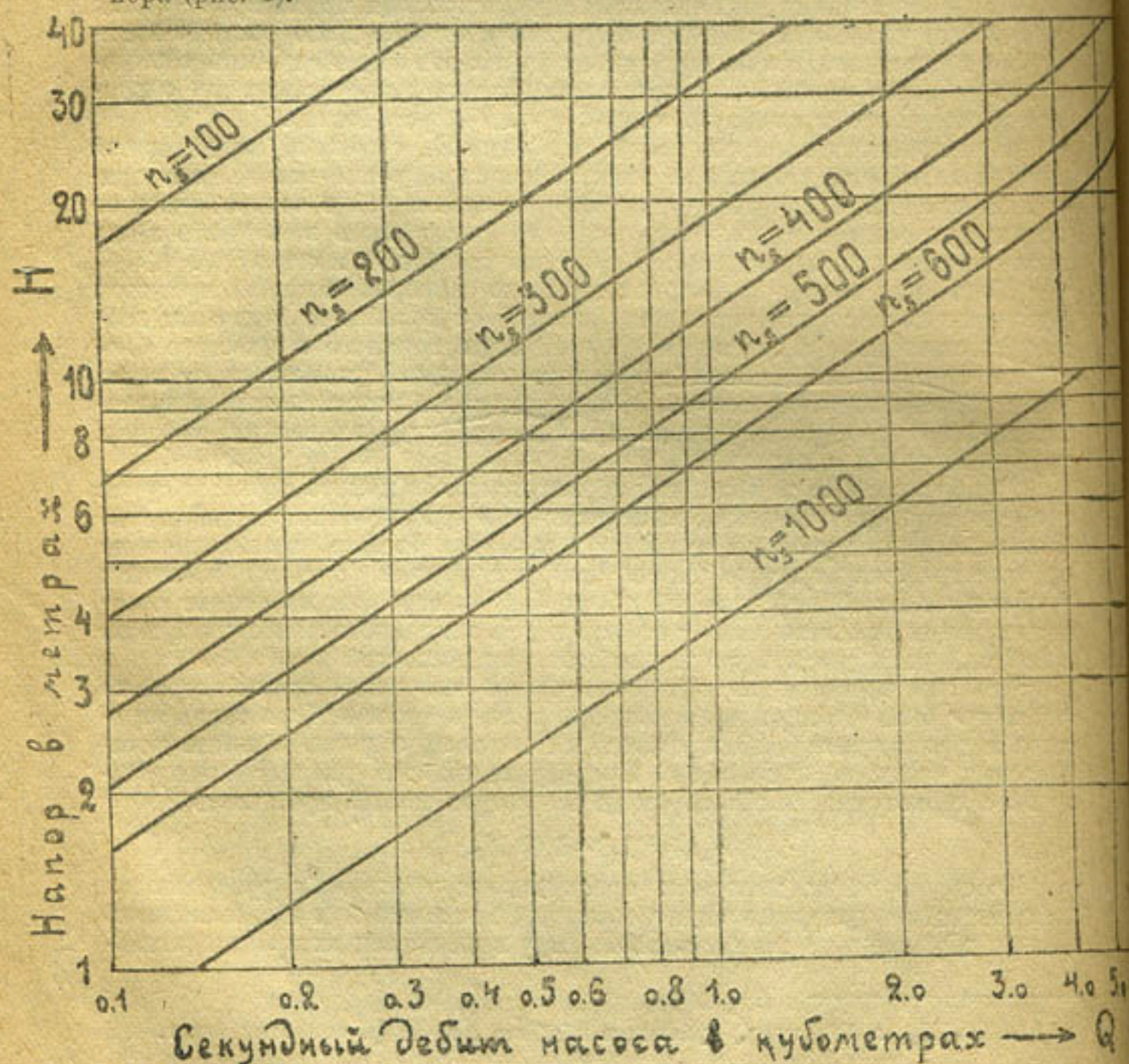
На современных насосных оросительных установках применяются исключительно роторные (центробежные, винтовые или пропеллерные) насосы, характерные взаимосвязью между величинами их производи-

¹ $H_{\text{ман}} = H_2 + g \cdot Q^2$, где Q —расход в кбм/сек, а g —коэф. сопротивления.

ности (Q) и напора (H), при определенном числе оборотов. Так как насосные оросительные установки отличаются значительными колебаниями их гидравлических параметров, то для возможности рационального подбора насосов при проектировании установки необходимо фиксирование некоторых расчетных значений дебита и напора, характерных для директивного режима проектируемой станции; за расчетные значения дебита и напора надлежит принять наиболее часто повторяющиеся комбинации этих значений.

Очень удобным для установления расчетных значений дебита и напора является метод построения соответствующих графиков продолжительности расходов станции и манометрических напоров; базами для построения этих графиков служат календарные хронологические графики дебита и напора, их ординаты располагаются не хронологически но по ниспадающим значениям, а абсциссы перестают быть осями календаря, делаясь просто осями времени.

Графики продолжительности дебита и хронологические графики колебаний дебита и напоров дают возможность построить комбинированный график продолжительности дебита при различных значениях напора (рис. 1).



Анализ всех трех названных графиков продолжительности, особенно последнего—комбинированного, дает основание для установления расчетных значений Q и H .

При этом на установление значения (одного или нескольких) расчетного манометрического напора влияет намечаемый метод регулировки насосных агрегатов,—будут ли агрегаты работать с регулировкой числа оборотов, или при неизменном числе оборотов (регулировка задвижкой в напорном трубопроводе).

Для выбора числа и мощности электронасосных агрегатов следует воспользоваться графиком продолжительности дебита установки и графиком продолжительности потребной для установки мощности; этот последний график может быть построен путем соответствующего преобразования хронологического графика мощности, являющегося производным хронологических графиков расчетного дебита и расчетных напоров. В основу выбора числа и мощности агрегатов кладется принцип обеспечения максимально высоких эксплуатационных показателей: максимального использования насосов по производительности и максимального использования электромоторов по мощности (максимум коэффициента включения и, самое главное¹, максимум коэффициента загрузки).

При этом совершенно естественно стремление к выбору агрегатов возможно высокой производительности, поскольку это адекватно снижению до минимума числа агрегатов, а следовательно, и габаритов здания станции и связанных с ней сооружений, с одной стороны, и поскольку коэффициент полезного действия более мощных агрегатов выше, а стоимость их, равно как и расходы по эксплуатации их, ниже, с другой.

Так как насосные оросительные установки по самой сущности своей являются сезонными предприятиями, работая в общем примерно шесть месяцев (IV—X) в году, должно установить два параллельных понятия эксплуатационных показателей—годовых и сезонных.

Для прямой эксплуатационной характеристики электронасосной оросительной установки необходима следующая система показателей (годовых и сезонных) для отдельных агрегатов, для всей совокупности рабочих агрегатов и для всех установленных (рабочих и резервных) агрегатов: коэффициенты включения агрегатов, коэффициенты загрузки насосов по производительности, коэффициенты загрузки электромоторов по мощности и коэффициенты использования агрегатов по производительности и по мощности.

Специфические требования, которые предъявляются к насосам электрооросительных станций, сводятся к следующему: насосы должны, по большому числу, иметь значительный дебит, при относительно малых значениях напора², насосы должны иметь высокий коэф. пол. действия при большом диапазоне колебаний дебита и напора, насосы должны быть нечувствительны к наличию наносов (мути) в воде, насосы должны быть быстроходными³ (в интересах возможности непосредственного соединения их с электромоторами). Совокупности этих условий удовлетворяют все три существующих типа ротационных насосов: центробежные, вин-

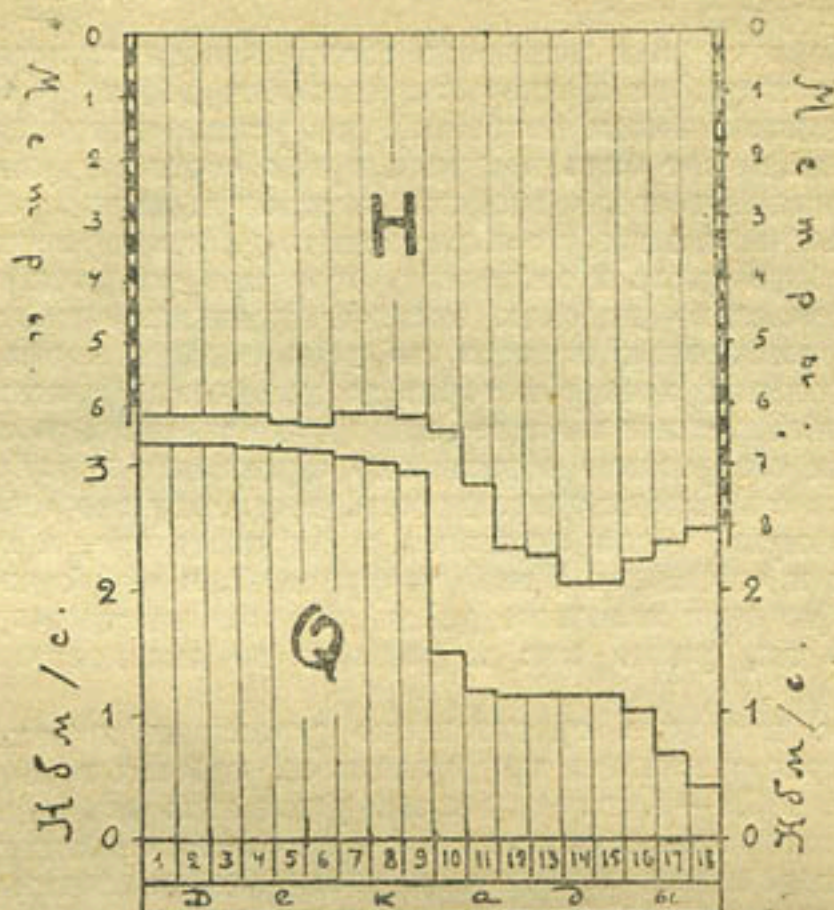
¹ Так как этим определяются и коэф. пол. действия и коэф. мощности ($\cos \phi$).

² Низконапорные насосы—при $H \leq 15$ см и средненапорные—при $H = 15—40$ м.

³ Иметь высокий коэф. быстроходности

$$n^* = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

товые и пропеллерные (первые аналогичны турбинам Френсиса, вторые — турбинам Лавачека, третьи — турбинам Каплана и, как и последние, бывают с поворотными лопатками). Для выбора того или иного типа насоса, — а выбор определяется проектными значениями гидравлических параметров отдельных агрегатов, — автор рекомендует пользоваться разработанной им логарифмической номограммой (рис. 1) значений коэффициен-



тов быстроходности (n_s) для насосов, имеющих 730 об/м, и приводимой проф. Чернышевым таблицей классификации насосов: по номограмме определять для проектных Q и H значение n_s , а по таблице выбирать тип насоса, соответствующий найденному значению.

Таблица 1
Классификация насосов

Класс	Наименование насосов	n_s
1	Тихоходные	100—200
2	Нормальные	100—300
3	Скороходные	300—500
4	Быстроходные—винтовые	400—600
5	Экспрессные—пропеллерные	600—1000 и более

При этом должно иметь в виду, что пропеллерные насосы пока не конструируются для работы на напоры свыше 10 м¹, а обычные цен-

¹ При напорах до 6 м пропеллерные насосы делаются с одним пропеллером, при более значительных напорах — с двумя.

гребные насосы для напоров ниже 10 м, будучи тихоходными, требуют при электроприводе применения трансмиссий, что, помимо технических неудобств в эксплуатации и излишних потерь энергии, влечет удорожание установки за счет повышения габаритов здания станции.

Из предложенной автором номограммы (рис. 1) совершенно ясно, что бесспорная тенденция к конструированию и установке все более и более мощных насосных единиц¹ означает вместе с тем и определенную тенденцию к повышению коэффициента быстроходности ротационных насосов.

Наличие этих тенденций и ряда новых идей в области конструирования насосов чревато на ближайший период ускорением моральной амортизации насосного оборудования, что надлежит особо учитывать при проектировании мощных насосных установок.

Специфические особенности электропривода (постоянная готовность к пуску, простота, возможность автоматизации и быстрота пуска, кривые к.п.д. и $\cos\phi$ электромоторов и т. д.) исключают целесообразность компоновки электронасосных агрегатов, содержащих более одного насоса. Агрегаты же, состоящие из одного насоса и двух различных по мощности и числу оборотов электромоторов, предназначенных для попеременной работы на различные дебит и напор, в отдельных случаях могут быть объектами рассмотрения при проектировании электронасосных оросительных станций.

Вопрос о резервной производительности насосных оросительных установок должен решаться в зависимости от наличия водохранилища в вершине оросительной системы, от аккумулирующей способности совокупности каналов системы в случае отсутствия водохранилища, от засухоустойчивости сел.-хоз. культур обслуживаемых установкой территории, и от степени народнохозяйственного значения орошаемых плантаций. Нормальный процент установленной резервной производительности насосов на оросительной станции, по мнению автора, должен быть порядка не выше 15—20, имея в виду, что сезонность работы ирригационных насосных станций дает возможность очень тщательных проверки и ремонта оборудования за период останова, что значительно снижает угрозы аварий в рабочий период. Практически, однако, в связи с тенденцией к повышению производительности отдельных агрегатов установки, размер резерва производительности определяется соотношением общего номинального дебита установки и номинальной производительности отдельного агрегата на ней, ибо резервные агрегаты (резервный агрегат), естественно, в интересах унификации основного оборудования, должны быть аналогичны по типу и производительности агрегатам рабочим.

Требования, которыми обуславливается выбор электромоторов при компоновке электронасосных агрегатов оросительных установок, достаточно широки и многообразны:

а) общие: соответствующая лимитным гидравлическим параметрам насоса мощность, возможно малые габариты и вес, максимальная дешевизна;

б) по отношению к пуску: возможность быстрого и плавного пуска под нагрузкой без чувствительных для внешней электросети и для рабочих агрегатов и механизмов установки толчков, ненадобность или возможная простота и дешевизна пусковой аппаратуры, минимальные потери энергии при пуске, возможности автоматизации пуска;

¹ В Европе существуют установки с насосами производительностью до 16 и даже 20 куб.м/сек.

в) по отношению к рабочему режиму: надежность в работе (устойчивость при определенной амплитуде колебаний напряжения в питающей сети, неперегреваемость при определенной длительной нагрузке и т. п.), высокие, при возможно значительном диапазоне режима, нагрузки, коэффициент полезного действия и коэффициент мощности ($\cos\varphi$) и низкий удельный (на кубометр поднятой воды) расход электроэнергии, возможности в соответствии с требованиями режима станции быстрой и плавной регулировки числа оборотов, максимальные возможности автоматизации регулировки, простота и дешевизна обслуживания;

г) по отношению к останову: возможность быстрого и плавного останова агрегата, минимальные при этом потери энергии, возможности автоматизации останова по тем или иным импульсам.

При условии неизбежности по большинству питания современных электронасосных установок в СССР при посредстве электропередач от станций трехфазного тока и отсутствии повышенных требований по части регулировки оборотов, выбор ограничивается выбором того или иного типа электромотора трехфазного тока.

Что касается напряжения, то при мощности электромоторов насосных агрегатов до 40 квт. рекомендуются напряжения 220 и 380 в., при мощности в пределах от 40 до 300 квт.—напряжение в 3000 в., по приемлемо и 6000, и при мощности свыше 300 квт.—наиболее целесообразно напряжение 6000 в., хотя допустимо и 3000 в.

Необходимая мощность моторов определяется по известной формуле

$$W = K \cdot \frac{Q \cdot H \cdot 1000}{102 \cdot \eta_{\text{нас.}} \cdot \eta_{\text{мот.}}}$$

при чем величина коэффициента запаса K принимается в зависимости от амплитуды возможного снижения напряжения в питающей электросети (за допустимый максимум падения напряжения принимается снижение его до 60% от нормального). При этом обыденно рекомендуется для значения Q в формуле принимать максимально возможный дебит, а для H — минимальный напор., однако, автор полагает более обоснованным принимать вышеупомянутые „расчетные“ величины значений Q и H .

На оросительных насосных установках мыслимо, в соответствии с перечисленными выше специфическими требованиями при компоновке электронасосных агрегатов, применение: асинхронных моторов (короткозамкнутых и фазовых с контактными кольцами), синхронных (с асинхронным пуском) и коллекторных.

При мощности насосных агрегатов до 350 квт. наиболее распространенными на существующих насосных станциях являются моторы асинхронные: до 150 квт.—преимущественно короткозамкнутые, свыше 150 квт.—фазовые.

Общее сравнение короткозамкнутых моторов с фазовыми приводит к ряду явных и значительных преимуществ первых: короткозамкнутые моторы дешевле (нет устройств скользящих контактов, ротор короче, в качестве материала обмотки ротора возможно применение алюминия и без изоляции), короткозамкнутые моторы надежнее в эксплуатации, имеют более благоприятную пусковую характеристику, не требуют пусковых приспособлений, имеют лучший $\cos\varphi$, удобнее для дистанционного управления, могут применяться на насосных станциях открытого типа.

Слабым местом короткозамкнутых моторов является значительный коэффициент пускового тока, что при непосредственном включении мотора в сеть влечет за собой толчки и падение напряжения во внешней электросети. Однако, при большой общей мощности приключенной

в сети мощность электромоторов, которые возможно включать в сеть без пусковых приспособлений, может быть достаточно значительной.

Соответствующий лимит мощности двигателя определяется исключительно допустимой величиной колебания (падением) напряжения, возникающего при пусковом толчке тока. Если $e_{\text{пуск}}$ — допустимое для приемников тока падение напряжения во внешней сети в процентах от номинального напряжения сети, $e_{\text{кат}}$ — напряжение короткого замыкания (в процентах от норм. напряжения) трансформатора, $I_{\text{пуск}}$ — пусковой ток мотора и $I_{\text{нт}}$ — номинальный ток трансформатора, питающего сеть, то

$$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{нт}}} = \frac{e_{\text{пуск}}}{e_{\text{кат}}}$$

Отсюда — предельная мощность допустимого к непосредственному включению в сеть мотора в зависимости от мощности питающего трансформатора определяется по следующей формуле:¹

$$P_{\text{лм}} = \frac{e_{\text{пуск}} \cdot P_{\text{кат}}}{100 \cdot K}$$

где $P_{\text{кат}}$ — мощность короткого замыкания трансформатора,

а $K = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{лм}}}$ — коэф. пускового тока.

Если трансформатор имеет исключительно силовую нагрузку, то $e_{\text{пуск}}$ может быть до 10%, а если трансформатор питает и осветительные фидера, то $e_{\text{пуск}}$ не может быть выше 4%.

Таким образом, при исключительно силовом трансформаторе предельная мощность мотора, который допустимо включать непосредственно в сеть без тех или иных пусковых приспособлений, может достигать до 40% номинальной мощности соответствующего группового трансформатора.

Изложенное говорит за то, что ранее ограничивавший сферу распространения и конструирование мощных асинхронных короткозамкнутых моторов коэффициент пускового тока на сегодня потерял свое значение и даже за границей уже имеются примеры выпуска² и применения короткозамкнутых асинхронных моторов мощностью до 1200 квт. (6000 в.).

В последнее время в коммунальных и промышленных насосных установках находят распространение короткозамкнутые асинхронные моторы с углубленным пазом, отличающиеся пониженным пусковым током при значительном пусковом моменте; подобные моторы в СССР строятся мощностью в 100 квт. и выше, за границей — до 2000 квт. Этот тип короткозамкнутых моторов вполне, конечно, применим и для оросительных насосных установок.

Момент вращения такого двигателя в период пуска после начала открытия задвижки (при 75% оборотов) нарастает постепенно, параллельно кривой момента центробежного насоса: в результате — плавное, без толчков, ускорение агрегата.

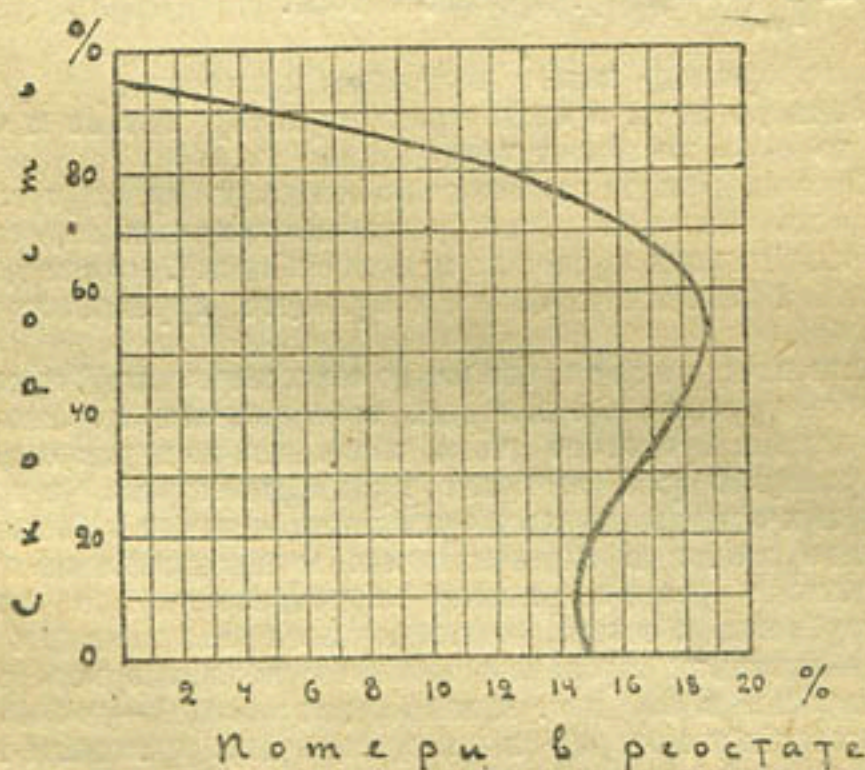
¹ Вывод: $\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{нт}}} = \frac{E \cdot I_{\text{пуск}} \cos \varphi}{E \cdot I_{\text{нт}} \cos \varphi} = \frac{P_{\text{пуск.м.}}}{P_{\text{нт}}} = \frac{P_{\text{лм}}}{P_{\text{нт}}} \cdot K$
 $P_{\text{нт}} = \frac{P_{\text{кат.}}}{100} \cdot e_{\text{кат}}; \quad \frac{e_{\text{пуск}}}{e_{\text{кат}}} = \frac{P_{\text{лм}} \cdot K}{P_{\text{кат}} \cdot e_{\text{кат}}} \cdot 100 \text{ и } e_{\text{пуск}} = \frac{P_{\text{лм}} \cdot K}{P_{\text{кат}}} \cdot 100$

² Сименс-Шункерт.

При необходимости снижения пускового тока пуск короткозамкнутых моторов можно осуществлять понижением подводимого напряжения: либо применением переключения со звезды на треугольник (при малых мощностях), либо применением автотрансформатора (при значительных мощностях).

Минусом короткозамкнутых моторов по сравнению с фазовыми является почти полная невозможность регулировки числа оборотов их. Однако, для электронасосных агрегатов это обстоятельство имеет лишь относительное значение.

Регулировка оборотов агрегата в целях регулировки его дебита при пологой Q/H характеристике насоса вполне заменима регулировкой напора при помощи задвижки в напорном трубопроводе (вентильная регулировка), хотя в оросительных установках в силу того, что их манометрический напор имеет большую статическую составляющую, потери, вызванные с задвижкой, довольно чувствительны. При сравнении экономичности регулировки дебита задвижкой, с одной стороны, и изменением числа оборотов агрегата реостатом в цепи ротора фазового асинхронного мотора, с другой, надлежит учитывать, что при изменении числа оборотов (возможно только в сторону снижения) одновременно падает и полный коэф. полезного действия мотора и дебит насоса; при регулировке же задвижкой имеет место лишь снижение дебита при сохранении высокого коэф. полезного действия электромотора; потери



Фиг. 3

в реостате (рис. 3) при первом методе и потери в задвижке при втором зависят, конечно, от диапазона регулировки.

При применении пропеллерных насосов с поворотными лопатками, угол поворота которых при данной скорости определяет величину дебита, в регулировке числа оборотов агрегата нет надобности и полная пригодность для привода короткозамкнутых моторов бесспорна.

В отдельных случаях для насосных оросительных установок могут оказаться особо приемлемыми двух-или трехскоростные индукционные

моторы; при этом, однако, нужно иметь в виду, что изменение (снижение) числа оборотов за счет изменения (увеличения) числа полюсов ведет и к изменению (снижению) мощности мотора.

В случае особо мощных электронасосных агрегатов, при необходимости обеспечения двух (или более) заранее определенных чисел оборотов, может быть применена та или иная схема каскадного включения асинхронных моторов.

Синхронный двигатель, неоспоримым плюсом которого для всякой сети является его свойство, при работе с перевозбуждением обеспечивать компенсацию сдвига фаз, хорошо подходит для привода тихоходных насосов низкого и среднего напора при мощности порядка 200 квт. и выше.

Обыденное главное затруднение к применению синхронных моторов с асинхронным пуском, заключающееся в разрыве между величинами пускового и подсинхронного моментов (по большинству пусковой момент значительно ниже подсинхронного), в электронасосных агрегатах при пуске с закрытой задвижкой не имеет значения, поскольку подсинхронный момент при этом составляет около 50—60% и синхронные двигатели такой момент развивают без чувствительного толчка тока.

Следует отметить, что проектом Волга—Москва для насосных станций предусмотрены синхронные моторы мощностью в несколько тысяч киловатт каждый.

К преимуществам применения синхронного мотора в электронасосных агрегатах следует отнести меньшую, при достаточном возбуждении, чувствительность двигателя к снижению напряжения.

Минусом синхронных моторов является необходимость для питания индукторной обмотки их постоянного тока; однако, генерирование на электронасосных оросительных станциях постоянного тока и без того неизбежно для питания всякого рода защитных и др. реле. Генерация постоянного тока, в зависимости от масштаба потребности в ней, может осуществляться при посредстве преобразовательной установки (проще всего оборудованной ртутниками).

Применение дорогих коллекторных моторов¹ при компоновке электронасосных агрегатов экономически может быть оправдано лишь в случае наличия непреложного требования большого диапазона плавной регулировки числа оборотов; на оросительных установках такой случай едва ли может иметь место.

Электронасосные агрегаты оросительных установок могут быть либо горизонтальными, либо вертикальными; преимуществом последнего типа являются меньшая потребность в месте (значительно уменьшенная квадратура) и возможность пониженной установки насоса (при установке электромотора в безопасном для затопления месте) и, тем самым, возможность уменьшения высоты всасывания.

В пределе при вертикальных агрегатах высота всасывания может быть сведена к нулю — насос может быть установлен ниже уровня воды нижнего бьефа („затопленный“ насос). Распространению вертикальных насосов в СССР до сих пор препятствовал факт неизготовления на советских заводах агрегатов вертикальных насосов и слабого развития строительства нашей электропромышленностью вертикальных моторов (в особенности — достаточно мощных).

¹ В СССР значительной мощности электронасосные агрегаты с коллекторными последовательного возбуждения моторами применены на насосной станции городского водопровода в Ростове-на-Дону.

При очень малом напоре возможна сифонная установка агрегатов оросительных станций.

Центробежные насосы могут быть пущены лишь при условии предварительной заливки, т. е. заполнения водой их корпуса и всасывающего трубопровода; такая заливка для всех случаев незатопленных насосов на коммунальных и промышленных насосных станциях осуществляется либо особым трубопроводом из верхнего бьефа, либо при помощи специального вспомогательного насоса. Недопустимость на всасывающих трубопроводах оросительных установок обратных клапанов делает такой метод заливки неприемлемым и вызывает необходимость применения при установке насоса выше нижнего бьефа особых вакуум-насосов („самовсасывающих“ насосов), создающих во всасывающем трубопроводе вакуум, обуславливающий заполнение этого трубопровода и корпуса водой из нижнего бьефа.

Наилучшими по конструкции из современных вакуум-насосов являются ротационные водокольцевые насосы типа Э л ь м о, изготавливаемые в СССР на заводах Всесоюзного насосно-компрессорного объединения (ВНКО). Высота всасывания для этих насосов до 7—7,5 м, к.п.д.—от 0,35 до 0,50.

Необходимый дебит насоса Э л ь м о для обслуживания того или иного электронасосного агрегата определяется в зависимости от времени, в течение которого агрегат должен быть пущен (обычно 2—3 минуты), и от внутренней кубатуры всасывающего трубопровода и корпуса главного насоса. Насосы Э л ь м о обычно спарены на общем валу с электромотором. Насосы Э л ь м о на оросительной станции могут быть установлены отдельно для каждого агрегата, либо групповые для нескольких агрегатов, либо один для всех агрегатов станции; в последнем случае обязательно наличие резервного агрегата Э л ь м о, во всех прочих случаях обязательно наличие схемы специального воздухопровода, обеспечивающего возможность приключения любого Э л ь м о к любому главному насосу.

Ротационные водокольцевые вакуум-насосы, изготавливаемые в СССР
(сводка характеристик)

Таблица 2

№ п/п.	Т и п	Q м ³ /м воздуха	h мм ртут. столба	Мощн. мотора (квт)	Габариты (мм)			Число обор. в мин.
					шир.	дл.	выс.	
1	180×25	0,4	515	1,47				
2	180×50	0,8	515	2,2				
3	РМК—1 200×90	1,15	600	4,5		570	1080	1450
4	РМК—2 200×200	4,0	500	10,0		680	1080	1450
5	РМК—3 320×320	12,0	700	29,0	1035	1225	1020	960
6	РМК—4 450×520	30,0	700	55,0	2036	1075	1480	720

Основным бесспорным преимуществом электрификации подема воды для оросительных целей является широкая возможность автоматизации работы электронасосных ирригационных установок: автоматизация

зация всех процессов пуска, автоматизация регулировки дебита по директивному графику при изменяющейся величине напора (при одновременном различном колебании уровней верхнего и нижнего бьефов) всей станции в целом и отдельных агрегатов и автоматизация останова агрегатов, если это требуется по графику, либо это вызывается аварийными обстоятельствами, автоблокировка отдельных элементов оборудования станций, устройство дистанционного управления насосной станцией и т. д., и т. д.

Электронасосные оросительные станции могут быть либо полностью автоматическими (работающими без постоянного людского персонала), либо полуавтоматическими (с кнопочным запуском и остановкой агрегатов, сблокированных с насосом Эльмо, задвижкой и электропусковой и регулирующей аппаратурой, если таковая имеется).

Полностью автоматизированные насосные станции, требующие тщательной инспекции¹ всего лишь 1—2 раза в декаду и обычно работающие без всякого обслуживания, появились и получили за границей широкое распространение² по окончании мировой войны. Несколько подобных станций имеется и в СССР.

Полная автоматизация ирригационных электронасосных станций в ближайшей перспективе, нужно думать, будет иметь место прежде всего для установок малой и средней мощности, особенно при наличии куста подобных установок в каком-либо районе, что будет служить импульсом к дистанционному управлению этих установок из единого диспетчерского центра, являющегося таковым же центром и для всей обслуживаемой насосными установками ирригационной сети. Единственным тормозом к форсированному развитию автоматизации электронасосных оросительных станций может явиться задержка в развитии производства соответствующих приборов автоматики на заводах электроаппаратуры.

При автоматизации электронасосных оросительных установок с дистанционным управлением особо должны быть разрешены следующие частные задачи:

1. Автоматизация устройств, гарантирующих бесперебойность электроснабжения установки.
2. Автоматизация включения, выключения и контроля работы отдельного насосного агрегата (вакуум-насос, рабочий насос, задвижка).
3. Автоматизация работы всех агрегатов (перевод нагрузки с одного агрегата на другой, приключение либо отключение резерва). Для максимального успеха автоматизации должна быть обеспечена взаимозаменяемость одноименных элементов оборудования, что может иметь место лишь при унификации (однотипности) этого оборудования, возможного укрепления агрегатов и, следовательно, уменьшения их количества.

Ради бронировки бесперерывности электроснабжения насосных ирригационных станций они должны получать электроэнергию обязательно по двум цепям электропередачи (рабочей и резервной) и желательно даже от различных источников (ГЭС, подстанций). В общем случае эти электропередачи будут подавать энергию высокого напряжения (35 кв., 100 кв.). Таким образом, на насосной станции неизбежны устройства (подстанции) по трансформации энергии на рабочее напряжение станции (чаще всего 6 кв., иногда—3 кв.). Высоковольтную часть подстанции с главными (силовыми) трансформаторами естественно расположить

¹ Осмотр всех машин, приборов автоматики и др.; особенно трущихся деталей, анализ масла масляников, проверка контактов.

² Преимущественно коммунальное.

на открытом воздухе, а часть рабочего напряжения в особом помещении¹ здания насосной установки; функции устройства по гарантии бесперебойности электроснабжения детализируются так:

1. Автоматическое замыкание масляника между рабочей цепью электропередачи и шинами высокого напряжения распредустройства электронасосной установки всякий раз, как только рабочая цепь электропередачи окажется под напряжением.

2. Автоматическое выключение масляника рабочей цепи электропередачи в случае аварии на ней и немедленное автоматическое включение масляника, соединяющего с шинами высокого напряжения подстанции резервную цепь электропередачи.

3. Автоматический обратный процесс — выключение резервной и включение рабочей цепи на те же шины высокого напряжения по ликвидации аварии в рабочей цепи и появлении на ее концах нормального напряжения.

4. При коротком замыкании на шинах высокого напряжения или в сети установки — автоматическое выключение масляника рабочей цепи без последующего включения масляничка резервной.

5. Автоматическое выключение или включение любого из до сих пор названных масляников по нажатии соответствующих кнопок командного контактора на диспетчерском пункте.

6. Автоматическое приключение к шинам высокого напряжения первичных обмоток рабочего (рабочих) трансформатора (трансформаторов).

7. Автоматическое выключение аварийного трансформатора с последующим включением резервного, и т. д.

Пуск отдельного агрегата автоматической электронасосной установки может осуществляться либо без импульса с диспетчерского пункта при посредстве особо настроенного часового механизма, либо по нажатии пусковой кнопки контактора на диспетчерском пункте. Процесс автопуска в деталях протекает в следующей последовательности: прежде всего замыкается цепь промежуточного реле, включающего пусковой контактор вакуум-насоса и одновременно контрольное реле времени; главный насос заливается и, по достижении в трубопроводе соответствующего уровня, поплавков, помещенный в трубопроводе, размыкает цепь вакуум-насоса (вакуум-насос останавливается) и включает масляник мотора агрегатора и пускатель реверсивного мотора задвижки (асинхронный, быстроходный, 0,5—3 квт.); полное число оборотов агрегата (если мотор асинхронный) достигается весьма быстро, открытие же задвижки продолжается 1,5—2 минуты; в случае фазного мотора в составе агрегата, последний контакт реостата (конец пуска) замкнет цепь пускателя задвижки, поднимающийся шпиндель задвижки разомкнет цепь пускателя и цепь реле времени; если в течение определенного времени (выдержка времени 5 минут) открытие задвижки не последовало, то реле времени сработает и дает импульс к закрытию задвижки и к останову мотора, все механизмы придут в исходное положение, а диспетчерский пункт получит сигнал отказа; блокировочное реле предотвратит возможность вторичного пуска.

Аналогично осуществляется и автоматический запуск агрегата с синхронным мотором, при чем либо синхронный мотор приключается к сети как асинхронный мотор без возбуждения и разворачивается до подсинхронного числа оборотов и вхождение в синхронизм достигается

¹ Помещение в два этажа: в первом — ряд камер для масляных выключателей, во втором — собирательные шины, раз'единители и т. п.

автоматически при приключении возбуждения (самосинхронизирующий метод включения), либо при запуске применяется автотрансформатор.

Автоматическое оборудование должно контролировать правильную последовательность операций и блокировать установку при нарушении нормального режима пуска; пуск не должен осуществляться (и автоматика должна предотвращать подобную возможность) при недостаточном напряжении, однофазном режиме, реверсе фаз, обрыве цепи, возбуждения, перегреве подшипников или обмотки, перегрузке и т. п.

Автоматическая остановка агрегата осуществляется либо по сигналу диспетчерской, либо в случае какой-либо аварии в агрегате, либо по достижении определенного уровня в верхнем бьефе; процесс остановки складывается из закрытия задвижки и затем выключения мотора (с предварительным введением в цепь ротора реостата в случае фазового асинхронного мотора с контактными кольцами).

При наличии диспетчерского управления автоматическими электронасосными установками центру должна быть обеспечена возможность постоянного наблюдения за работой связанных между собой механизмов установки и за уровнями верхнего и нижнего бьефов; средством для этого могут быть телеизмерительные устройства, наиболее дорогой частью которых являются линии связи (можно воспользоваться существующими телефонными, телеграфными и другими линиями путем наложения соответствующих частот). Диспетчерский пункт должен быть обеспечен получением сигналов о всякого рода авариях на установках (телесигнализация).

Экономический эффект автоматизации электронасосных оросительных установок выражается прежде всего в значительном снижении стоимости зданий и сооружений при незначительном повышении общей стоимости оборудования и в резком снижении эксплуатационных расходов. Снижение стоимости зданий обуславливается:

1. Отсутствием потребности в бытовой площади для обслуживающего персонала.
2. Сокращением норм площади для отдельных агрегатов за счет уменьшения проходов между оборудованием до пределов минимальных требований периодической инспекции и возможностей демонтажа и ремонта.
3. Допустимостью понижения высоты машинного зала.
4. Отсутствием нужды в дневном освещении. Общая кубатура зданий автоматизированной электронасосной установки составляет примерно 55—60% кубатуры той же производительности неавтоматизированной.

Уменьшение эксплуатационных расходов при автоматизации является следствием резкого сокращения обслуживающего персонала.

Напоропреобразовательные станции

В случае, если голова машинного канала может быть расположена в таком пункте источника орошения, где возможно устройство перепада или где он уже имеется, для насосных оросительных установок в последнее время применяются так называемые „напоропреобразователи“. Напоропреобразователь представляет собой агрегат из спаренных на одной вертикальной или горизонтальной оси гидротурбины и ротационного насоса; при посредстве этого агрегата энергия водного потока, преобразуясь в турбине при падении некоторого расхода Q с высоты H в энергию вращения и вращая колесо насоса, поднимает меньшее ко-

личество воды Q_1 на большую высоту H_1 . Учитывая сезонный характер работы насосных ирригационных установок, автор полагает целесообразной электрификацию напоропреобразовательных станций. Подобная электрификация, по мысли автора, должна быть осуществлена путем сконструирования агрегата, состоящего из напоропреобразователя и электрогенератора, т. е. скомпонованного из насаженных на общем валу гидротурбины, ротационного (пропеллерного) насоса и электрогенератора (либо динамомашины постоянного тока, либо генератора трехфазного тока, лучше всего — асинхронного).

Конструкция подобного агрегата должна допускать привод при посредстве турбины или только насоса, или только генератора, или, наконец, одновременно и насоса и генератора. Такая конструкция обеспечивает возможность достижения максимального использования энергии потока с обращением этой энергии, в зависимости от потребности момента, либо для подема воды, либо для генерации электроэнергии, либо, наконец, одновременно и для подема воды и для генерации энергии (в той или иной пропорции). При включении в состав агрегата асинхронного генератора¹ и обеспечении возможности отключения соединенных между собой генератора и насоса от турбины возможно использование агрегата в качестве электронасоса при работе асинхронной машины на режиме мотора.

Предлагаемая схема установки, таким образом, является универсальной—это и насосная станция с приводом и гидравлическим и электрическим, это одновременно и гидроэлектростанция. Универсальность, обеспечивая чрезвычайную эластичность работы установки, как насосной станции, в сезон дает, помимо того, возможность по меньшей мере удвоить коэффициент использования зданий и сооружений, а равно и турбин, за счет эксплуатации установки в качестве гидроэлектростанции.

Все, что было сказано по части автоматизации электронасосных оросительных установок, полностью приложимо и к электронапоропреобразовательным оросительным установкам.

Электронасосные станции дождевания

Под дождеванием понимается метод ирригации, при котором оросительная вода разбрызгивается на орошаемой площади при посредстве особых приспособлений (аппаратов), к которым она из того или иного источника подается под давлением по трубам.

При дождевании вся орошаемая территория разбивается на большие прямоугольники (очереди до 140 га), обслуживаемые переносными дождевальными устройствами поочередно. Комплект дождевального оборудования состоит из двигателя, насоса, некоторого количества переносных труб с необходимыми фитингами и нескольких „вакфат“ (воздушных разбрызгивательных вращательных насадок²).

Значительная экономия воды при дождевании по сравнению с обычным арычным способом орошения, отсутствие необходимости мелкой оросительной сети и тем самым упрощение задач механизации обработки полей орошаемых культур обещают дождеванию в СССР большой масштаб развития.

¹ При работе на сеть, питаемую еще и другой станцией, оборудованной синхронными альтернаторами.

² Имеется ряд самых разнообразных конструкций дождевальной аппаратуры.

Проект Большой Волги намечает применение дождевания на грандиозной площади в 4.000.000 га с использованием для питания дождевальных устройств исключительно электронасосов, с затратой ежегодно 5,3 млрд. квтч. электроэнергии для их привода и под'ема до 10,5 млрд. кубометров воды.

При дождевании применяются обычные центробежные насосы высокого давления (5—8 ат)—многоступенчатые. Для привода их вполне приемлемы асинхронные моторы (непосредственное соединение).

Специальными электротехническими проблемами дождевания являются проблема экономически оптимальной схемы электросети для питания передвижных электронасосных агрегатов дождевания и проблема оптимальной (более экономичной, мобильной и простой в эксплуатации) конструкции этих агрегатов.

Электродренажные установки

До 80% всей искусственно орошаемой площади США орошается водами колодцев и родников.

Распространенные в США ирригационные так называемые калифорнийские колодцы преследуют две цели — снижение уровня грунтовых вод в интересах предотвращения засоления и использование части этих вод для оросительных нужд. Откачка воды из калифорнийских колодцев осуществляется при посредстве насосов, приводимых в движение электромоторами, поэтому этот метод дренирования носит название электродренажа.

Площади ирригационных районов СССР, мыслимые для электродренажа, исчисляются миллионами га: Южный Хорезм—1000 тыс. га, Голодная степь—500 тыс. га, Муганская степь—430 т. га, Араздаянская степь и Зангибассар-Карасуинский район—до 30 т. га и др.

Число и расположение колодцев зависят от гидрогеологических условий, от директивной нормы понижения уровня грунтовых вод, от дренажного модуля и т. д.; вопрос о числе и локализации колодцев должен решаться с учетом вопросов экономики и технических условий электроснабжения — вопросов конфигурации электросетей, вопросов экономической мощности колодезных электромоторов (реже колодцы — более мощные моторы, и наоборот); для оптимального решения задачи о числе и местоположении электродренажных колодцев, по мнению автора, целесообразно применить метод проф. Хрущева для выбора числа и расположения питательных пунктов при расчете электрических распределительных сетей.

Глубина калифорнийских колодцев, существующих в США и за проектированных в СССР, колеблется в пределах от 30 до 150 м, дебит—от 0,03 до 0,14 куб. м/сек; мощность моторов для привода обслуживающих колодцы насосов—от 1,5 до 500 HP (в СССР — от 9 до 38 HP).

В практике США в настоящее время электродренажные колодцы оборудуются почти исключительно вертикальными турбинными насосами с электромоторами на общем валу. В самое последнее время появились новые колодезные „глубокие“ насосы (в Германии Uta, в США Reda), опускаемые в колодец вместе с электромотором особой конструкции¹ в специальном кожухе.

Работа колодезных электронасосных агрегатов может быть вполне автоматизирована.

¹ Тонкие и длинные электромоторы.

Диспетчерское телеуправление колодезными агрегатами электродренажной сети, в виду значительного числа колодцев на отдельном ирригационном массиве и разбросанности колодцев, потребует очень развитой сети электропроводов.

Библиография

1. Сидоров А. Н. — Технические условия и нормы проектирования ирригационных насосных станций (проект). Саратов. Огиз РСФСР, 1934. ГПБ (Уз-107229)0
2. Чернышев М. Я. — Мелиоративные насосные станции. Гос. изд. колхоз. и совхоз. литературы. М. Л. 1933.
3. Давыдов Ю. К. — По вопросу о проектировании электронасосных станций для оросительных целей. (Журн. „Туркест. сел. х-во“, 1916, № 9).
4. Сидоров А. Н. — Техническая эксплуатация ирригационных насосных станций. Саратов. Огиз РСФСР, 1934. ГПБ/Уз — 103114/1.
5. Перельман И. Я. — Электроорошение и электрификация хлопководства. Соц.-Экгиз. М. 1934.
6. Азерьер С. Х. — Элементы рационализации в проектировании и эксплуатации насосных станций. Гл. ред. стройлитературы. 1934.
7. Азерьер С. Х. — Современные насосные станции. Ростов н/Д. Вс. НИИ водоснабжения. 1934.
8. Костяков А. Н. — Основы мелиорации. М. 1933.
9. Малишевский Н. Г. — Насосные станции. ДНТБУ. Харьков. 1934.
10. Есьман И. Г. — Центробежные насосы. ОНТИ. М — Л. 1927 г.
11. Бурдаков А. А. — Из практики с центробежными насосами. М. 1931 г.
12. Проскура Г. Ф. — Центробежные и пропеллерные насосы. М. 1932. ГПБ/Уз — 51718/3.
13. Pfeleiderer C. — Les pompes centrifuges, Paris, 1929.
14. Реммаштрест — Справочник-ценник по пром. оборудованию. Гос. к-ра справочников и каталогов. М — 1934.
15. Каталог-справочник Химмаштреста — Том. 1, 1935 г. Гос. к-ра справочников и каталогов. М. 1935 г.
16. Гормашнабсбыт. — Номенклатура — справочник: насосы, компрессоры и вакуум-насосы. М — 1935 г. ГПБ/Уз — 139602/0.
17. Mortensen S. H. — Synchronous Motors for Driving Centrifugal Pumps. Power, pp. 89, 108, 603, 1920.
18. Bye N. S. — Centrifugal Pumps with Automatic Equipment. Iron and Steel Eng., p. 279 1-28-9.
19. Тикуннов Б. С., Лукин А. Н., Турк В. И. и Швецов Е. Д. — Автоматические насосные станции. Труды Академии комм. х-ва. Госстройиздат. 1934.
20. Будников А. И. и Бромлей Е. С. — Насосные станции городских и заводских водопроводов. М — 1927.
21. Геннев Н. Н. — Водоснабжение городов и промышленных предприятий. М. 1931.
22. Полоцкий С. М. и Слесарев М. Н. — Нормирование монтажных работ при оборудовании насосных, водопроводных и канализационных станций. (Журн. „Санитарная техника“, 1935, № 5).
23. Пышкин Б. А. — Калифорнийские колодцы. ЗакГиз. Тифлис. 1935 г. ГПБ/Уз — 131951/3.
24. Нельсон-Скорняков Ф. Н. — Дренаж при помощи глубоких колодезных насосов, практикуемый на системе р. Соленой в Аризоне САСШ. Главхлопком, Тшк. 1930.
25. Дождевание. — Сборник под редакцией проф. А. Н. Костякова. Сельхозгиз. 1934. ГПБ/Уз — 119613/3.
26. Попов В. К. — Применение электродвигателей в промышленности. Часть II вып. 1, Кубуч. Лен-град, 1935.
27. НКЗ СССР Ирригация Заволжья. Заключение экспертных комиссий по оценке проектов. Изд-во „Крестьянская газета“. М. 1932. ГПБ/Уз — 54767/0.
28. Наумов И. И. — Автоматический пуск синхронных двигателей. („Вестник электропромышленности“, 1935, № 10).

Результаты исследований зимнего режима Боз-су ГЭС в 1935-36 г.

I

п. 1. Введение. Цель исследования

Перед началом постройки Боз-су ГЭС и при ведении строительных работ в отношении льда исследований не велось. Когда вспоминают историю работы станции, то одни сообщают, что о наличии льда на Боз-су знали, а другие утверждают, что этот вопрос совершенно не учитывался. Во всяком случае, хорошо известно, что ледовые затруднения с первого зимнего сезона эксплуатации застали станцию врасплох. В последующие годы станция также испытывала значительные затруднения в зимней эксплуатации.

К зиме 1935-36 г., по инициативе Уээнерго, на Боз-су ГЭС в напорном бассейне был установлен вращающийся железобетонный лоток инж. Гостунского¹. При установке лотка считалось, что станция будет работать нормально. В виду того, что при наступлении морозного периода в декабре 1935 г. станция неоднократно останавливалась из-за шуги, администрация ГЭС обратилась в Санири с просьбой произвести небольшие исследования для выяснения причин остановки станции². Настоящая статья представляет собой краткие результаты проделанной работы с основными предварительными выводами, которые получены на основании исследований 1935-36 г. и имеющегося материала Санири по зимнему режиму к. Боз-су за прошлые годы, и по литературным источникам как о нашей, так и заграничной практике³.

¹ См. ст. А. Н. Гостунского и С. Х. Абальянц — Бозеуейский шугосбросный лоток в №1 журнала Ирригация и гидротехника за 1936 год.

² На исследовательские работы было отпущено 5000 руб. и по дополнительному соглашению еще 3200 р., итого общая сумма — 8200 руб.

³ 1. „Ice Engineering Horvard Barnes“ 1928 г.

2. „Wasserkraft und Wasserwirtschaft“ 1933 г.

3. „Известия НИИГ“ №№ VII, VIII, XVI и т. д.

4. „Canadian hydraulic power development and electric power in Canadian Industry“.

§ 1. Описание Боз-су ГЭС¹

а) Схема установки

Водоприемное сооружение состоит из напорного бассейна с 5 отверстиями шириной по 3,40 м. С правой стороны к станции примыкает водосброс с двумя сифонными водосливами, с пропускной способностью $6,5 + 6,5 = 13$ м³/сек. Водосброс ступенчатый, с водобойными колодцами длиной по 13,0 м, глубиной 1,71 м и перепадом 1,95 м.

Максимальный расход, пропускаемый водосбросом, 50,0 м³/сек.

От напорного бассейна отходят 4 трубопровода, питающие турбины, длиной по 18,0 м и диаметром 2,4 м. Наибольшая скорость протекания воды 2,3 м/сек. Расчетный напор принят 13,5 м (при работе 3 турбин напор 12,7).

Турбины горизонтальные, двоянные, кожуховые, лобовые, мощностью по 1650 л. с., изготовлены германским заводом Фриц Неймейер, а третья турбина Ленинградским металлическим заводом.

Автоматический регулятор к ней конструкции Фриц Неймейер. Турбины поставлены вне здания.

Генераторы трехфазного тока по 1250 кв. каждый при 6600 в., с числом оборотов — 375 об/мин. Наибольший диаметр статора — 2,5 м. Насажены на одном валу с турбинами при помощи эластичных муфт.

б) Верхний бьеф

Вследствие создания подпора плотиной, горизонт был увеличен с отметки 466.00 до отметки 478.20, т. е. на 12,2 м. Образовалось водохранилище общей емкостью около 1.500.000 м³, подпор распространился на 6 км вверх по Боз-су, кончаясь несколько выше головы Салара.

После создания водохранилища скорости течения значительно уменьшились (в 5-7 раз), и в нем началось интенсивное отложение влекомых Боз-су донных и особенно взвешенных наносов. Получился отстойник значительных размеров. Насколько интенсивно происходит заиление водохранилища, можно судить из сопоставления следующих данных².

С 1926 по 1930 гг., т. е. за четыре года, отложилось³ 800.000 м³, или заилено — 60%.

С 1930 по 1934 гг. отложилось 180.000 м³, или заилено всего с 1926 г. по 1934 г. — 80%.

В настоящий момент водохранилище заилено на 85—90%.

Глубина русла изменилась с 15—10 м. до 3—4 м. (1936 г.). Кроме того, промеры института в 1936 году установили, что поперечное сечение русла как в плане, так и в продольном направлении имеет неправильную форму (излучины, отмели, ямы и т. д. — см. рис. 1), берега и дно покрыты растительностью, камышом, водорослями, а также корягами и пр.

¹ Подробное описание установки см. Товстолес „Гидросиловое оборудование гидроэлектрических установок.“

² Более подробная характеристика заиления бьефа Б. ГЭС будет опубликована в трудах С а н и и р и (А. Ушаков и М. Монаков. „Заиление водоема Боз-су ГЭС“).

³ По данным Ничипоровича.

По причине заиления изменился скоростной режим от ГЭС до головы Салара и выше, так например, в 1926 г. $v_{\text{ср.}}$ у ГЭС было 0,10 — 15 м/сек., а в настоящий момент $v_{\text{ср.}}$ — 0,60 м/сек.

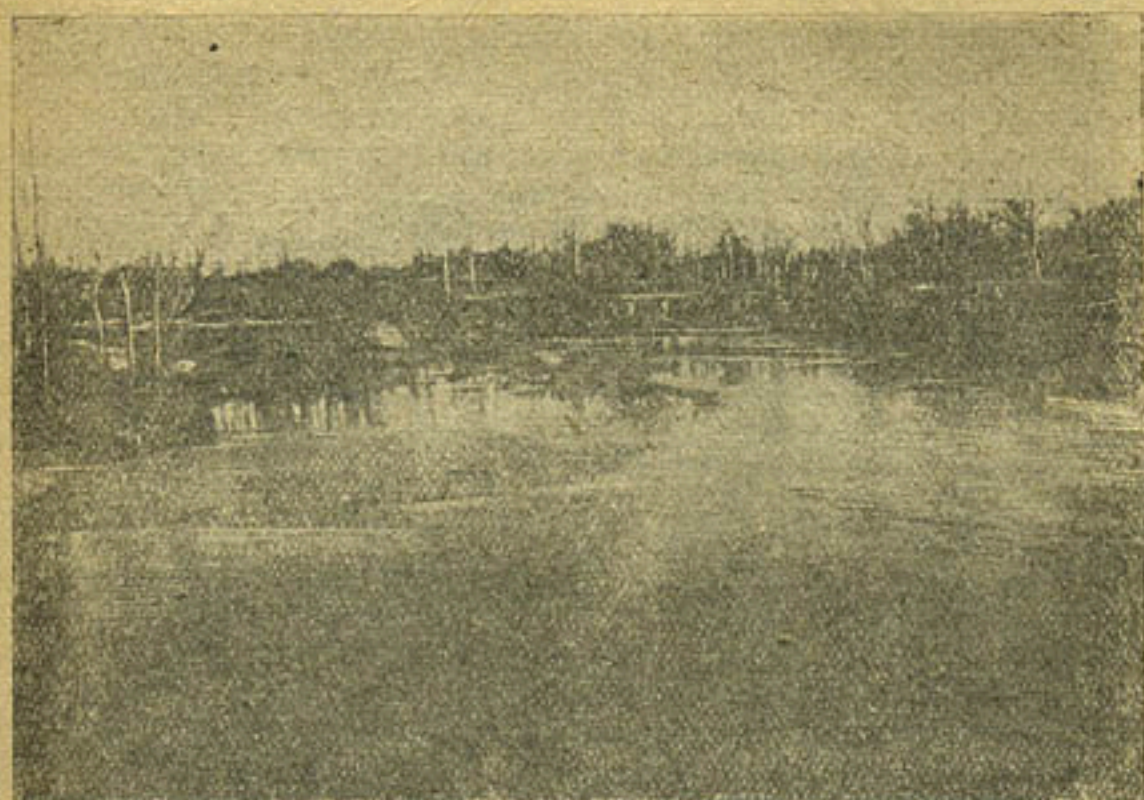


Рис. 1. Русло Боз-су (поп. № 12)

Соответственное увеличение скоростей произошло на вышележащих участках ($v_{\text{ср.}}$ у головы Салара 0,90 м/сек).

§ 2. Работа ГЭС в зимнее время за прошлые годы¹

Для обеспечения работы ГЭС к зиме 1926-27 г. никаких подготовительных работ не делалось. В ночь с 6 на 7 января 1927 г. массы льда и шуги, принесенные из р. Чирчик, образовали затор на участке от головы Салара и ниже. По причине зажора произошел подъем горизонта воды у Саларского сооружения. Создалась угроза прорыва Саларского сооружения, вследствие чего подача воды в к. Боз-су была прекращена и Боз-су ГЭС остановилась. Перебои в работе ГЭС продолжались почти весь январь 1927 года.

В общем за зиму 1926-27 г. гидростанция не работала в течение 8 дней и 16 дней работала на одной турбине (из-за недостатка воды по причине забитого шугой русла). Недовыработка гидроэнергии выразилась в 271.900 кв.

Несмотря на серьезный урок описанного года, его считали случайным и повторений не ожидали. Однако, в 1927-28 г. шугоход начался с 15 декабря. Подпертый бьеф гидростанции вскоре оказался забитым шугой и льдом. В общих чертах повторилась история зимы 1926-27 г. Станция стояла 6 дней, а неполной нагрузкой работала в течение 30 дней. Недовыработка энергии выражалась в 394.534 кв.

¹ Указанный раздел составлен на основании архивного материала, опубликованных работ (А. С. Вавилова) и личных спорадических наблюдений за работой ГЭС с 1932—33 г.

В 1928-29 г. ГЭС работала весь зимний сезон нормально. Обясняется это следующим:

В голове Салара был устроен деревянный шугосброс и установлены запони — шуга отбивалась от водохранилища в Салар¹. В эту зиму водоем покрылся льдом и ГЭС работала нормально.

В 1929-30 г. Боз-су ГЭС впервые испытала осложнения непосредственно на станции — забивка решеток поверхностным льдом.

По причине анхорского прорыва и забивки водохранилища шугой ГЭС 1 и 2 января имела полную остановку. По этой же причине она работала неполной нагрузкой до 24 января. Всего за зимний сезон 1929-30 г. станция недовыработала 895.408 кв.

Зимой 1930-31 г. на Боз-су ГЭС прибавилось новое осложнение (помимо забивки водохранилища) — забивка решеток шугой. В ночь на 3 февраля Боз-су ГЭС остановилась из-за забивки решеток, их вытащили и ГЭС работала без частых решеток. Станция в зиму 1930-31 г. недовыработала электроэнергии 424.638 кв.

С зимы 1931-32 и 1932-33 гг. эксплуатация ГЭС стала тяжелей, чем за прошлые годы.

С 1931-32 по 1933-34 г. станция испытывала уже местные затруднения, а именно:

1. Забивка турбин шугой (ГЭС работала без решеток).
2. Обмерзание сифонного клапана.
3. Обмерзание напорного трубопровода.
4. Обмерзание щитов перепада и затруднения в сбросе шуги и льда через перепад.

Начиная с зимы 1934-35 г., ледяной покров не образовывается даже у станции, хотя в прошлые годы это явление было обычным.

В зиму 1934-35 г. Боз-су ГЭС испытывала следующие затруднения:

а) механическая забивка частых решеток даже при наличии электрообогрева.

б) обмерзание и забивка шугой турбин,

в) заторы от шуги у станции.

По указанным причинам станция останавливалась до 5 раз.

Исходя из вышеописанного, основные затруднения на Боз-су ГЭС можно сформулировать так:

1. Забивка шугой подводящего русла от головы Салара до Боз-су ГЭС; вследствие этого явления уменьшается подача воды станции до 10—12 м³/сек, подводящее русло забивается шугой, когда перед головой Салара происходит затор, отбой ее нарушается и она почти целиком попадает в подводящее русло Боз-су ГЭС, забивая последние.

2. Затруднения в сбросе шуги и особенно льда через щиты перепада (с 1935-36 г. установлен лоток).

3. Замерзание воздушной щели в сифонах перепада (с 1934-35 г. устроен ручной клапан разряжения и сифоны после этого работают нормально).

4. Обмерзание и забивка шугой частых решеток трубопровода (с 1935 г. применен электрообогрев, решетки не обмерзают, но забивка их имеет место).

5. Обмерзание металлического трубопровода (с зимы 1933-34 г. это явление более не наблюдается, трубопровод утеплен).

6. Обмерзание и забивка шугой направляющего аппарата.

¹ Затора перед головой Салара не было.

Как видно из изложенного, на Боз-су ГЭС условия зимней эксплуатации ухудшаются из года в год; это ухудшение нужно отнести исключительно за счет заиливания водохранилища.

За 10 лет эксплуатации затраты по борьбе с шугой на Боз-су ГЭС выражаются следующими цифрами:

1926-27 г. около	20.000 руб.
1927-28 . . .	48.000 .
1928-29 . . .	75.000 .
1929-30 . . .	98.000 .
1930-31 . . .	220.000 .
1931-32 . . .	180.000 .
1932-33 . . .	200.000 .
1933-34 . . .	200.000 .
1934-35 . . .	180.000 .
1935-36 . . .	240.000 .

Итого . . . 1.500.000 руб.

Если учесть убытки промышленности¹ (простой заводов, трамвая, потребителя и т. д.), простой которой в 30—50 раз дороже, чем стоимость недовыработки, то общий убыток от шуги выражается миллионами рублей.

III

§ 1. Поступление шуги в верхний бьеф и шугообразование в нем

Наблюдениями установлено, что при нормальной работе сазарских запоней поступление поверхностной шуги в подводящее русло ГЭС незначительное—до 2%.

Подтверждено, что при наличии условий, способствующих теплоотдаче потока (открытая поверхность, турбулентность, отрицательная T° воздуха), происходит переохлаждение воды, т. е. понижение ее температуры ниже 0° , хотя бы на незначительную величину.

T° воды измерялась микротермометром.

За период наблюдений в 1936 году было измерено наибольшее переохлаждение воды— $0,094^\circ\text{C}$, при температуре воздуха— 14°C .



Рис. 2. Микрофотография капли охлажденной воды.

¹ Цифры до 1931-32 г.—по данным быв. зам. управл. ТашГЭС С. Д. Алдукова, за последующие годы исчисление производили ориентировочно, на основании собранного материала и по данным инж. Чупракова и Монакова.

В переохлажденной воде выделяются кристаллы льда по всему сечению (см. рис. 2).

Различные предметы, находящиеся под водой, как то: куски дерева, камыш, бетон и особенно металлические предметы, а также поверхность русла, под действием обтекающих их переохлажденных струй и местной теплоотдачи становятся очагами накопления льдообразований.

Для наблюдений за ходом льдообразовательных процессов в период наибольшего льдообразования (ночное время) опускались контрольные веревки.

К веревке длиной, равной глубине потока, привязывались через известные промежутки различные материалы — металлические корзиночки, пучки хвороста и вместо груза кусок бетона.



Рис. 3. Накопления прикрепленной шуги на контрольных веревках.

При вытаскивании на всех веревках независимо от материала, привязанного к ним, были обнаружены большие накопления рыхлой, пластинчатой шуги.

Так, на проволочных корзиночках накопления были наиболее плотные, при чем слои, непосредственно прилегающие к металлу, состояли из плотной мелкопластинчатой шуги (размеры пластинок не превышали 1 см²). Остальная масса накоплений состояла из рыхлой крупнопластинчатой массы.

На пучках хвороста накопления однородной плотности состояли из рыхлой крупнопластинчатой массы. Кроме того, до появления в потоке видимых невооруженным глазом кристаллов льда на проволочных корзиночках обнаружены мелкие ($d = 2 - 3$ мм) крупинки льда.

С началом массового образования кристаллов льда погруженные в воду предметы быстро „обрастали“ шугой крупнопластинчатого строения (указанный вид шуги характерен для рассматриваемого участка).

Перечисленные факты позволяют сделать вывод, что накопления шуги на поверхности русла и погруженных в воду предметах происходят за счет влекомых потоком кристаллов льда и образование таковых

непосредственно на переохлажденных поверхностях весьма незначительно.

Накопление кристаллов льда на русле достигает значительных размеров. Эти накопления отрываются от дна под действием пловучести или под действием солнечных лучей. Всплывшие куски содержат значительное количество (до 6%) наносов, слагающих русло Боз-су (см. рис. 4). В силу увеличения удельного веса, указанные куски слегка видны на поверхности воды.

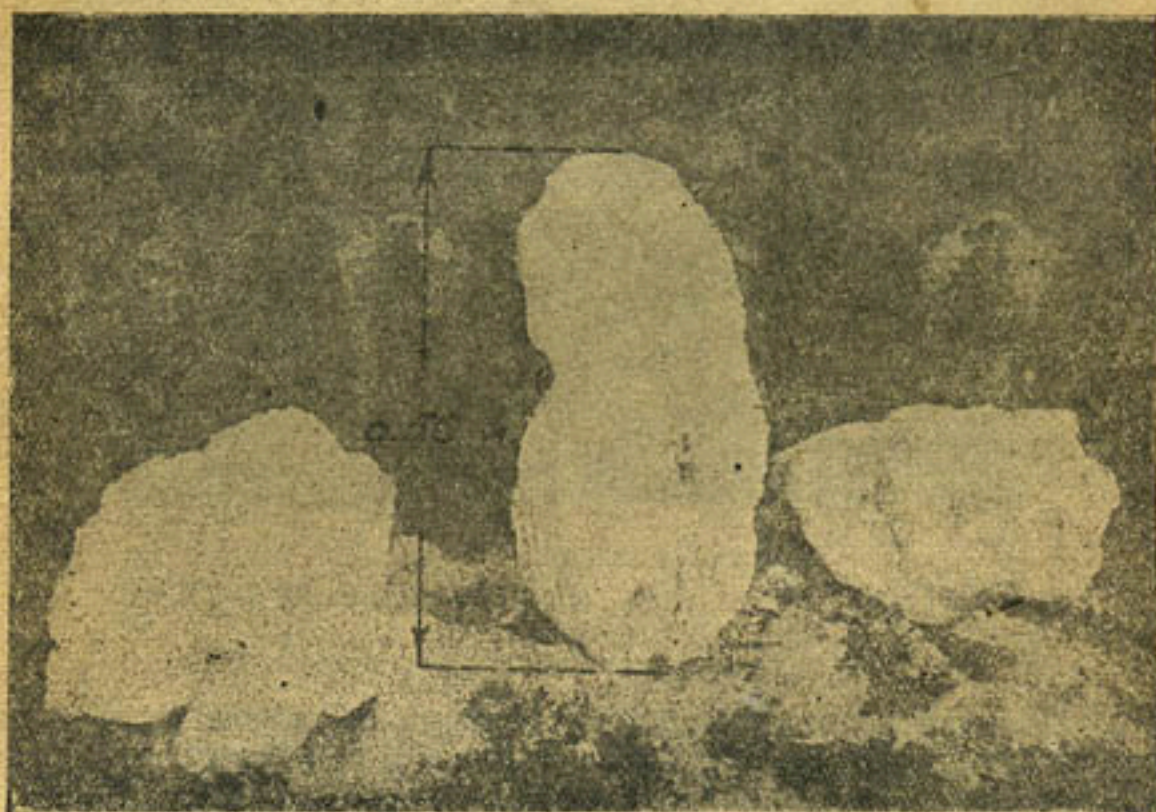


Рис. 4. Накопления прикрепленной шуги, всплывшие на поверхность.

Но не все кристаллы льда потока обволакивают подводные предметы, часть из них всплывает на поверхность воды, смерзается в более крупные кристаллы, образующие пластинки шуги размером до 2—2,5 см² и толщиной в лист писчей бумаги; скопление этих пластинок на поверхности образует ковры шуги.

Наблюдениями отмечено, что на участке от 3-го до 14-го поперечника всплывание кусков прикрепленной шуги чаще и накопления по размерам больше, чем на других участках подводящего русла. Это особенно характерно наблюдалось в местах с вихревыми и обратными течениями. На протяжении от головы Салара до ГЭС наблюдались следующие виды шуги:

- а) свободно плавающая (кристаллы льда, которые наблюдаются только в переохлажденной воде, распределяясь по всему сечению потока);
- б) поверхностная (ковры шуги);
- в) прикрепленная (в виде накоплений на погруженных в воду предметах или на поверхности русла, так называемый „донный лед“).

Распределение указанных видов шуги в потоке см. рис. 5.

Существующее до сего времени у работников Боз-су ГЭС и отдельных лиц мнение, что „донная шуга“¹ может находиться по всему сечению потока во взвешенном состоянии, а также двигаться по дну, не соответствует действительности. В зиму 1935-36 г. этого не наблюдалось.

Однако, не исключена возможность, что в процессе перехода от донных очагов образования к поверхности ее можно встретить на любой высоте только вблизи очагов образования.

Распределение шуги на Боз-Су

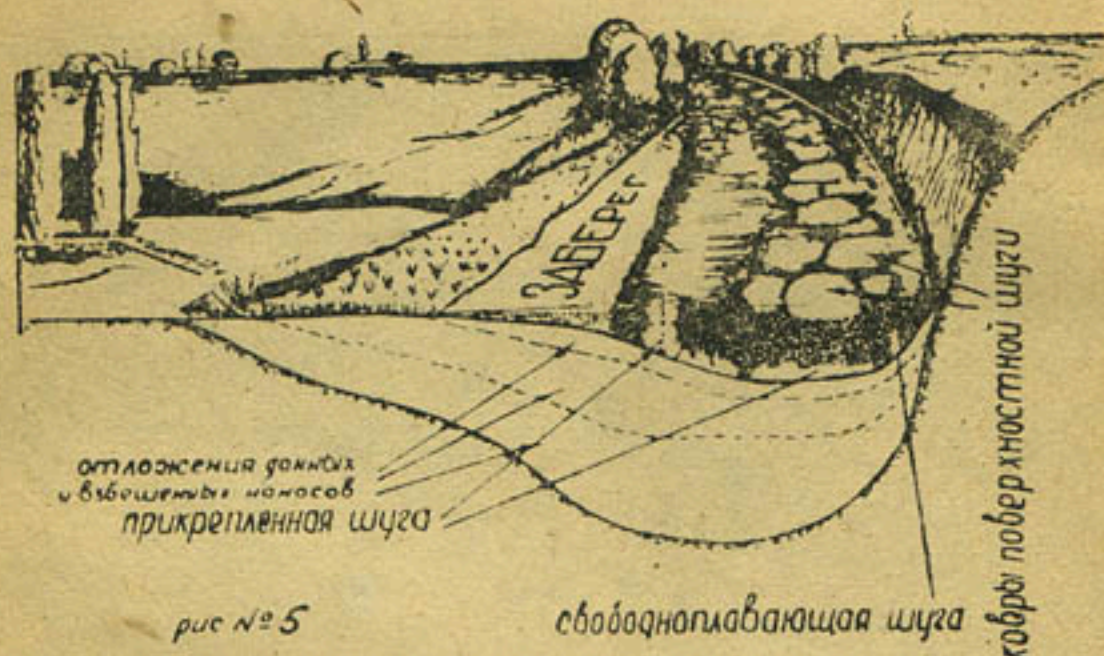


рис № 5. Распределение шуги в потоке.

Предлагаемая классификация видов шуги сделана в соответствии с наблюдаемыми явлениями, происходящими и в результате льдообразовательных процессов в условиях рассматриваемого участка.

В основу нашей классификации положено образование по всему сечению потока кристаллов внутриводной — свободно плавающей шуги и виды ее скоплений — прикрепленная и поверхностная шуга.

§ 2. Мероприятия по борьбе с шугой, применявшиеся в 1935-36 г.

Основное мероприятие по борьбе с шугой на Боз-су ГЭС к зиме 1935-36 г., намеченное к выполнению в дополнение к существующим ранее, состояло в установке лотка инж. Гостунского в напорном бассейне.

Основные данные лотка

Лоток железобетонный, цилиндрической формы, с горизонтальной осью вращения. Вращается вокруг оси цилиндра под'емниками на низовой край лотка. Слева лоток ограничен торцевой стенкой, а справа примыкает к прорубленному в стенке бассейна отверстию, через которое вода с шугой из лотка сбрасывается в перепад (см. рис. 7).

Полная глубина лотка 1,65 м. Глубина воды у входа и в напорном бассейне 3,30 м, глубина воды под лотком 1,40 м, а скорость $v = 1,80$ м/сек.

¹ Термин „донная шуга“ принадлежит эксплуатационным работникам Боз-су ГЭС. Под этим термином они понимают всплывшую прикрепленную шугу, содержащую в себе песок и ил.

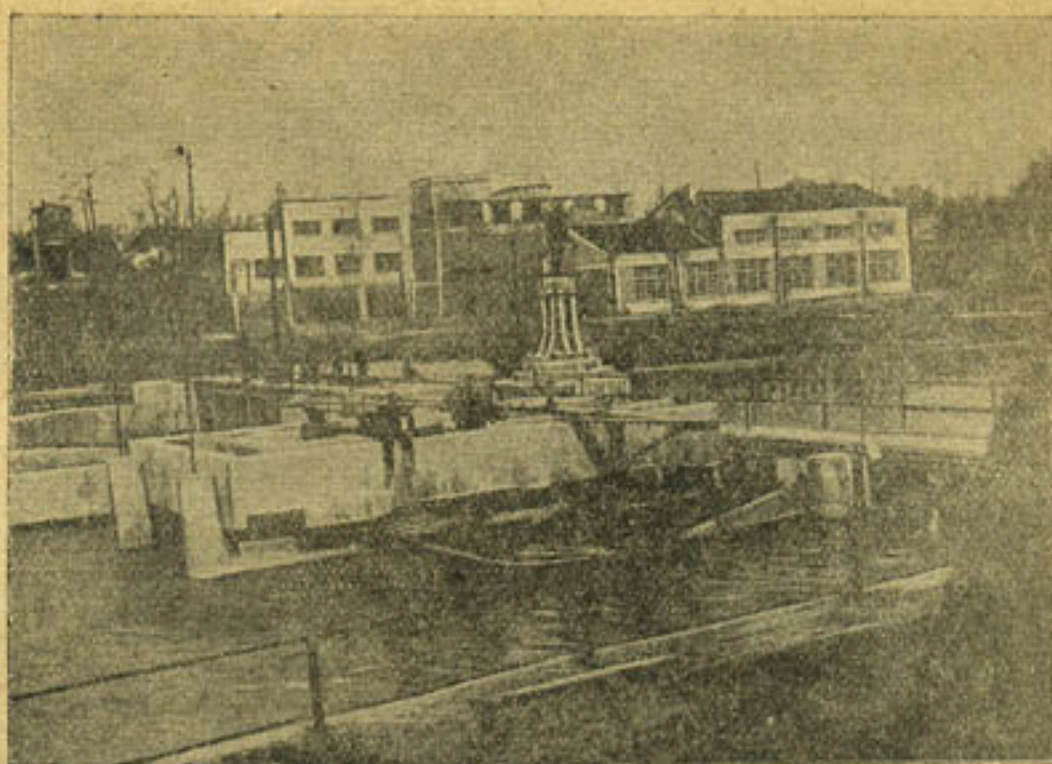


Рис. 6. Общий вид лотка

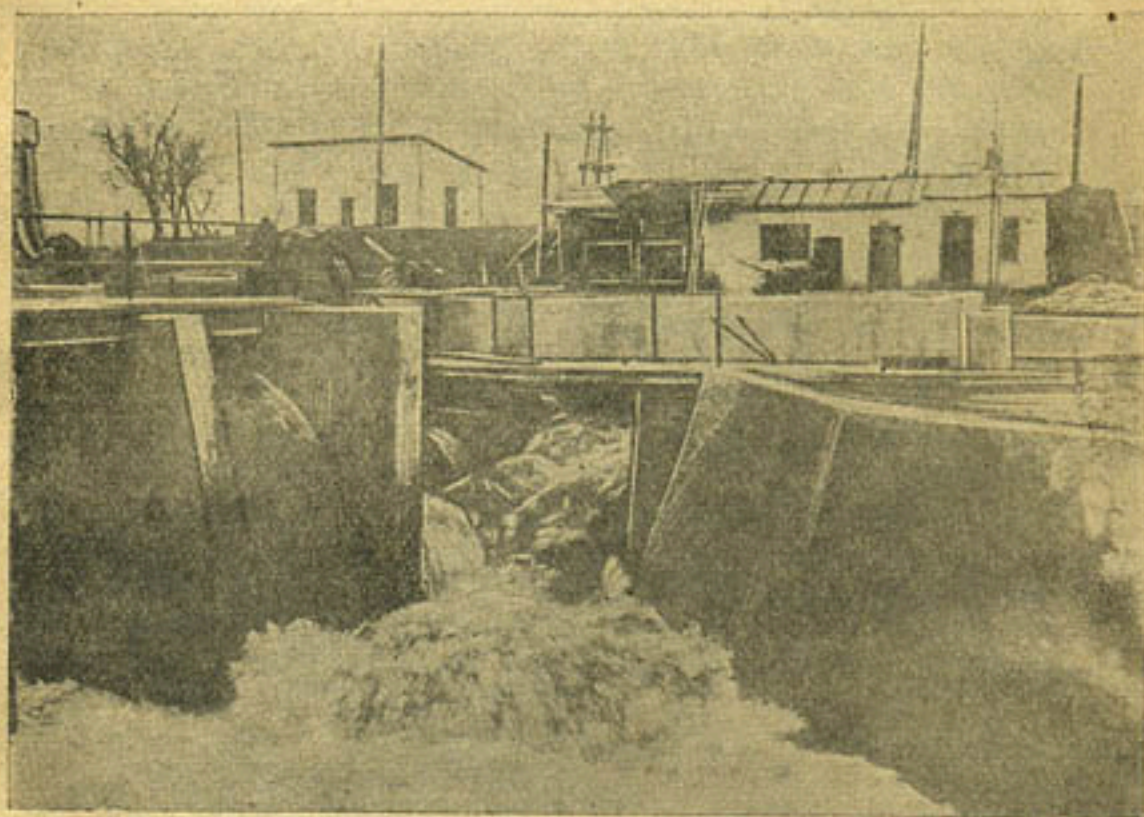


Рис. 7. Выход из лотка в перепад

При обмере в натуре получены следующие размеры:

	Существ.	Проект.
Полная длина	11,13	11,20
Радиус цилиндра	2,30	2,25
Ширина пролетов в свету 1 ств .	3,31	3,40
" " " 2 " "	3,28	3,40
" " " 3 " "	3,28	3,40
Полная ширина в свету	9,88	10,20
Ширина опорной балки I	0,62	0,50
" " " 11	0,63	0,50

Толщина лотка вместо проектной 0,25 м выполнена в 0,20 м. Уменьшение произведено за счет увеличения радиуса, образующего внутреннюю поверхность лотка.

Кроме того, по проекту отметка гребня порога закрытого лотка должна соответствовать отметке нормального горизонта воды (нерабочее положение) с тем, чтобы доступ воды в закрытый лоток прекращался.

В натуре¹ при практически возможном закрытии лотка средняя отметка гребня порога соответствует открытию на 0,22 м.

Дальнейшее понижение гребня порога лотка осуществимо на 0,48 м, что в общей сложности дает открытие на 0,70 м.

Пропускную способность лотка см. на кривой зависимости $Q=f(H)$ (рис. 8).

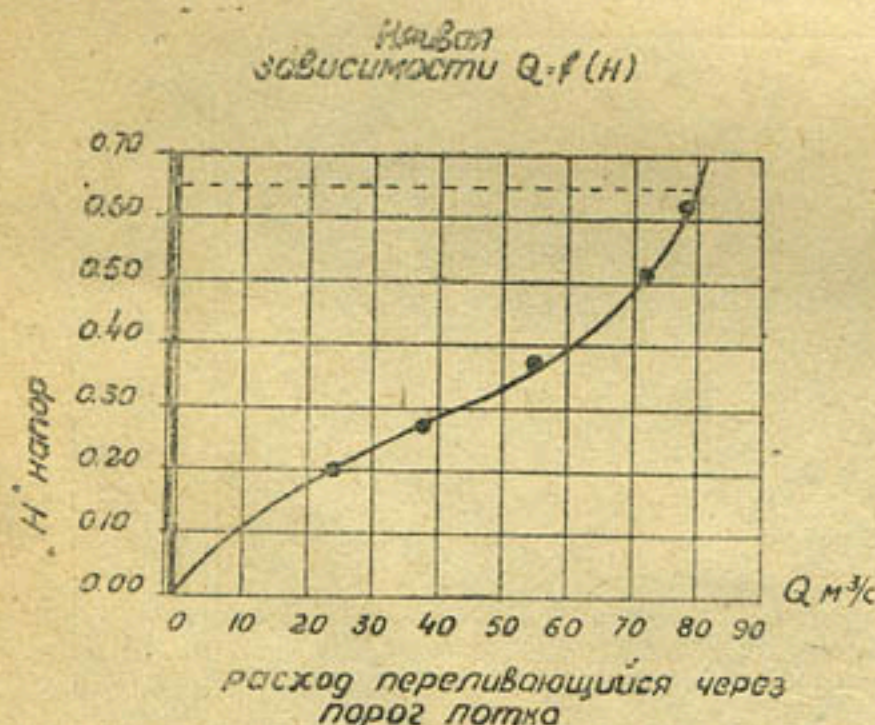


Рис. 8. Работа лотка в период шугохода.

ство шуги, попадающей под лоток, зависит от открытия при данном горизонте.

При повышении температуры воздуха и продолжающейся после этого оттепели начинается массовое движение оторвавшихся заберегов.

¹ Существующее выходное отверстие сделано уже, чем по проекту. Произшло это вследствие несознаний отверстий в подпорной стенке и в выходном лотке.

Вследствие расположения шугосбросного лотка сразу за бычками грубых решеток и малой глубины под ним наблюдается образование вихрей и воронок, величина которых зависит от открытия лотка. Так как при малых открытиях размеры воронок возрастают, d их доходит до 5-6 см.

Поверхностная шуга, поступающая по оси пролетов, попадает целиком в лоток, а идущая по бокам — засасывается, при чем количе-

Куски льда, свободно проходящие между бычками, плавно соскальзывали в лоток, дробясь при прохождении через гребень порога. При малейшей задержке перед бычками немедленно происходило погружение задней части льдины и она перегораживала вход под лоток.

Наблюдениями установлено, что лоток наиболее успешно сбрасывает шугу при открытии на 0,40 м при существующем горизонте.

В период шугохода при нормальных горизонтах лоток обычно устанавливается на указанное открытие. Раздельная глубина перед средним пролетом равна 0,60 м.

Толщина ковров поверхностной шуги в период исследований 1936 года не превышала 0,50 — 0,60 м, при чем опускавшаяся на 0,5 м шуголовка сразу наполнялась шугой, при опускании на 0,60 м попадали отдельные группы пластинок.

В ночное время до появления оформившихся ковров поверхностной шуги, но при наличии кристаллов в потоке, наблюдалось налипание пластинок шуги по всей внутренней поверхности шуголовки.

После установки лотка на дно перед ним было оставлено много строительного мусора, как то: обрывки троса, проволоки, целые звенья снятых решеток, что являлось очагом накоплений прикрепленной шуги, стеснявшей сечение перед лотком на $\frac{2}{3}$.

Кроме того, на бычках перед напорным бассейном также налипала шуга пластинчатого строения.

Наибольшее накопление наблюдалось с лобовой стороны.

В период льдообразования в потоке (ночное время) перед лотком происходило описанное выше накопление (днем оно не наблюдалось) прикрепленной шуги, создавая перед ним пережат. Наличие пережата значительно увеличивало попадание под лоток поверхностной и всплывшей, двигающейся на поверхности прикрепленной шуги.

С восходом солнца начиналось массовое всплывание накоплений до тех пор, пока движение перед лотком не выравнивалось, комья шуги попадали под него и затем вылавливались у частых решеток.

При сильном шугоходе возможно образование перед лотком затора, при этом поверхностная шуга целиком проходит под лоток.

Так, по данным ГЭС I/I-36 г. при ходе шуги в 90% перед лотком образовался затор, вследствие чего значительная часть шуги пошла под лоток, но машины работали нормально. Очевидно, в этот период t° воды была выше 0° .

С восстановлением условий подхода оставшаяся шуга выныривала даже непосредственно перед лотком и целиком сбрасывалась в него.

Прощупывание подводной части лотка показало, что бетон за ночь при температуре воздуха до -14° покрывается прикрепленной шугой на 25 — 30 см, при чем до 10 см слой, прилегающий непосредственно к бетону, состоит из плотной мелкопластинчатой массы шуги. Остальной слой в 15 — 20 см состоит из рыхлой пластинчатой массы.

С восходом солнца накопления ниже горизонта воды быстро отстают и выныривают на поверхность.

Днем при температуре воздуха ниже 0° в напорном бассейне на уровне горизонта воды сохраняются только крошки, состоящие из плотнопластинчатой массы.

§ 3. Эксплоатация гидростанции при проходе шуги

а) Работа турбин

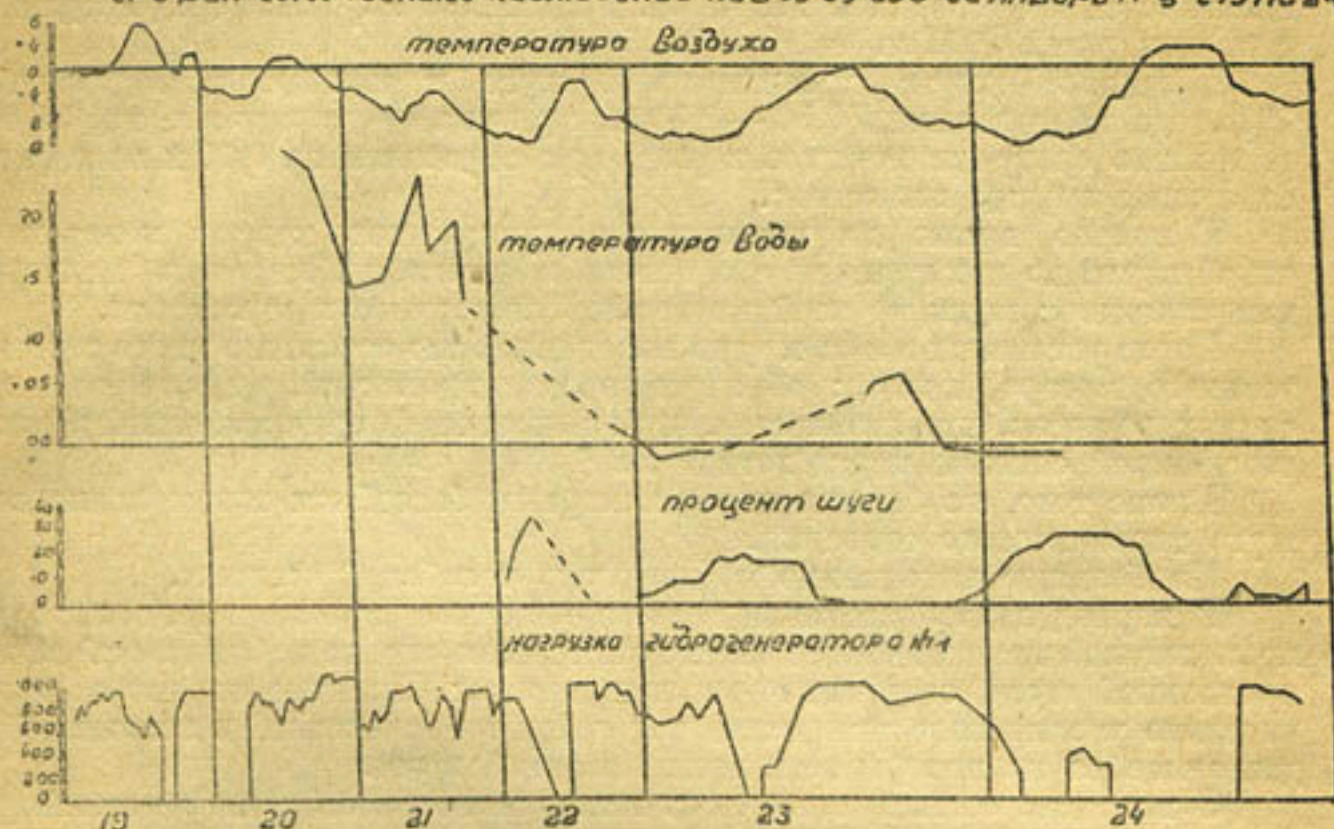
Приводимая ниже таблица характеризует работу ГЭС зимой (1935-36 г.).

Из рассмотрения ее видно, что зимой 1935-36 г. остановка¹ станции (из-за шуги) происходила по двум местным причинам;

1. Обмерзания направляющего аппарата и забивки шугой кожуха и трубопровода (16 случаев).

2. Забивки решеток шугой (это затруднение было кратковременно и повторялось 5 раз).

ГРАФИК ЕЖЕЧАСНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА БОЗ-СУ 2ЭС ЗА ЯНВАРЬ М. Ч. С 19 ПО 24.1.36г.



Условия, при которых происходили остановки станции, даны на рис. 9. Рассмотрение его показывает, что в период уменьшения мощности при полной остановке одного из агрегатов t° воды была 0° или ниже нуля (отрицательная t° воды доходила до $-0,0916^\circ$) и количество шуги в потоке от 5 до 30%. При температуре воды выше 0° (хотя бы на $+0,05^\circ$) и наличии в потоке шуги от 15 до 40% станция не останавливалась.

Учитывая сказанное в §§ 1, 2, а также приведенные выше данные, можно с некоторым приближением установить причины, которые влияют на остановку станции, их две:

Первая и основная — переохлажденная вода, проходя через турбины, охлаждает последние, кроме того, в переохлажденной воде содержатся кристаллы льда, которые прилипают к металлическим частям, на подобие железных опилок к магниту, постепенно они намерзают, стесняя отверстия рабочего аппарата.

Вторая — шуга, частично поднырнувшая под лоток и образовавшаяся непосредственно в самом напорном бассейне, проходя через турбины, ускоряет забивку последних.

б) Работа решеток

В отношении частых решеток необходимо отметить следующее:

1. Отсутствие обмерзания при условии, если включен электрообогрев.

¹ Кроме того, станция работала с пониженной мощностью из-за нехватки воды по причине затора в сбросном русле Юмалак-тепе.

№№ п.п.	Дата	Причина остановки	№№ гидрогенераторов					
			1		2		3	
			Оста-новка	Пуск	Оста-новка	Пуск	Оста-новка	Пуск
		Остановка из-за шуги						
1	1/XII	Забило решетку	—	—	—	—	24	—
2	10/XII	" "	—	—	23,45	—	—	—
3	11/XII	" "	—	—	—	0,05	—	—
4	11/XII	Забило направляющ. аппарат	0,55	—	5,50	—	4,45	6,10
5	11/XII	Турбина забита шугой . . .	—	—	—	—	10,30	12,30
6	12/XII	" "	3,48	9,45	2,35	7,42	10,30	14,25
7	12/XII	Забило решетки	19,25	—	—	—	19,48	20,05
8	12/XII	" направляющ. аппарат	—	—	—	—	23	—
9	13/XII	" " "	—	—	0	—	—	—
10	13/XII	Турбину забило шугой . . .	—	—	21	—	—	—
11	15/XII	Забило решетки	—	—	—	—	9,10	16,30
12	25/XII	" "	—	—	1,40	2,20	—	—
13	1/I	Забило направляющ. аппарат	5	6,32	—	—	1,10	6,40
14	7/I	Забило решетки	3,45	4,0	2,35	2,58	3	4,55
15	22/I	Забило направляющ. аппарат	9,50	12,25	9,48	12,29	8,30	9,45
16	23/I	" " "	6,15	8,20	4,25	6,0	2,23	4
17	23/I	" " "	—	—	9	10,30	6,15	8,38
18	24/I	" " "	4,50	6,25	3,55	8,40	—	—
19	24/I	" " "	—	—	4,50	6,40	—	—
20	24/I	" " "	—	—	6,45	8,35	—	—
21	25/I	" " "	6,33	8,50	4,38	7	4,15	—
22	25/I	" " "	—	—	11,30	1,35	—	—

2. Механическая забивка имеет место, однако артель рабочих в количестве 4 человек справляется с их очисткой, вынимая часть шуги на поверхность, а часть проталкивая через решетки. Закупорка решеток наблюдалась полная только в момент отсутствия электрообогрева (не был включен по тем или иным причинам).

IV

Выводы

I. Полевые наблюдения

1. Замедление водоема ГЭС и изменчивость температуры являются главными факторами, обуславливающими ход ледовых процессов, чему содействует отсутствие ледяного покрова и сплошное шугообразование в периоды резких понижений температур на исследуемом участке Боз-су.

2. Неправильное подводящее русло ГЭС, наличие отмелей, водоворотов, излучин, растительности и т. д. — все это способствует значительному образованию шуги. Так, например, в правильном инженерном канале Кадырчи ГЭС при $F = 45 \text{ м}^2$, $v_{\text{ср.}} = 1 \text{ м/сек}$ и длине $L = 5000 \text{ м}$ шуги образуется в 3—4 раза меньше, чем в подводящем русле Боз-су, длина которого 5800 м, $F = 40 \text{ м}^2$ и $v_{\text{ср.}} = 0,70 \text{ м/сек}$.

3. В период шугообразования внутриводного льда t° воздуха спускается до $8 - 10^\circ \text{ С}$ (непрерывное снижение), и вода может охладиться до $-0,1^\circ$.

4. Частые смены тепла и холода затрудняют работу ГЭС.

5. На участке от головы Салара до ГЭС наблюдаются следующие виды шуги:

а) свободно плавающая (кристаллы льда, которые образуются только в переохлажденной воде),

б) поверхностная (ковры шуги),

в) прикрепленная или так называемая „донный лед“.

6. Поверхностная шуга, в условиях Боз-су ГЭС, при $v > 0,50$ и $v < 1,20 \text{ м/сек}$, $h > 2 \text{ м}$, грунт — песок, идет слоем до 0,60 м.

7. Затопы на участке от головы Салара до Боз-су ГЭС возможны при неисправном отбое шуги в голове Салара.

8. Остановка Боз-су ГЭС из-за шуги в зиму 1935-36 г. происходила по двум причинам:

1-я — основная, обмерзание направляющего аппарата свободно плавающей шугой;

2-я — второстепенная, подныривание поверхностной и прикрепленной шуги под лоток.

9. Цилиндрическая форма лотка, установка его за бычками, значительное сжатие под лотком, а также частичное обмерзание его и особенно обмерзание строительного мусора перед лотком, все это способствовало подныриванию шуги под него.

10. Установку шугосбросных устройств за бычками вообще следует считать нежелательной.

11. В условиях небольших глубин до 3—4,0 м следует применять плоский лоток. Указанный лоток минимально сжимает поток¹.

12. При глубинах $> 4 - 5 \text{ м}$ возможно применять любые лотки, работающие на принципе Эльсдена.

13. Звено частой решетки против третьей турбины следует изменить. Для этого необходимо уменьшить расстояние в свету между полосами на 11 мм, т. е. сделать их в 33 мм против 44 мм, существующих в настоящий момент.

Это мероприятие предлагается в качестве опыта.

14. К зиме 1936-37 г. необходимо сделать следующее:

1. Убрать строительный мусор и произвести очистку перед лотком.

2. Поднять переднюю бромку лотка на 0,22 м.

3. Уничтожить боковую фильтрацию в лоток.

II. Мероприятия по борьбе с зимними затруднениями на Боз-су ГЭС

Вопросы борьбы с шугой за 10 лет эксплуатации Боз-су ГЭС во многих частях остались неразрешенными. Недоучтены факторы зимнего режима, без которых немисливо наметить те или иные мероприятия, а также правильно понять явления, происходящие в условиях Боз-су ГЭС.

¹ Данная конструкция предложена А. П. Ушаковым при модельных испытаниях Ю. Тепе, в июле 1935 г. См. подготавливаемую к печати работу А. П. Ушакова.

Мы считаем, что только тщательное исследование ледовых явлений приведет к установлению успешных способов борьбы с шугой. Накапливая опыт и подвергая его анализу, можно получить хорошие результаты.

Наши исследования установили:

1. Современные турбины типа Кадырчи ГЭС с относительно большим напором и габаритом направляющего и рабочего аппарата в зимних условиях работают нормально, при правильном решении и способе борьбы с шугой.

2. На Боз-су ГЭС, которая является низконапорной станцией с малым габаритом турбин, наиболее уязвимым местом является направляющий аппарат, который обмерзает и забивается шугой. В подобных условиях находятся все низконапорные и маломощные гидростанции¹.

Так, по сообщению Барнеса, „ледяной налет“ на турбинных колесах может достигнуть такой величины, что подача воды сократится и производительность станции сильно снизится.

При такого рода затруднениях американцы применяют у себя электрообогрев турбин.

В результате произведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Дальнейшие улучшения работы шугосбросного приспособления, перечисленные в п. 14, не внесут решающих изменений в шуговой режим станции.

2. Не касаясь вопроса о развитии мероприятий по борьбе с шугой на самой станции, как то: обогрев турбин, механизация очистки их от шуги и пр., укажем, что наиболее радикальные мероприятия могут быть осуществлены только на участке от головы Салара до Боз-су ГЭС, при чем предполагается, что голова Салара надлежаще устроена².

3. Мероприятия в русле должны заключаться в переустройстве русла таким образом, чтобы обеспечить образование ледяного покрова на всем тракте от Салара до Боз-су.

4. Создание ледяного покрова может быть осуществлено двумя способами:

а) переустройством тракта таким образом, чтобы получить режим скоростей, при котором происходит естественный ледостав, при чем недостаточные для продвижения наносов скорости могут компенсироваться работой на сниженных горизонтах для промыва наносов в периоды малых нагрузок станции;

б) устройством матов, гирлянд и прочих приспособлений, способствующих образованию ледяного покрова при скоростных условиях, исключающих естественный ледостав.

Регулировочные работы по выправлению русла и в этом случае будут желательны, хотя и в уменьшенном объеме.

5. Эти мероприятия для суждения о их преимуществах, технической осуществимости и стоимости потребуют специальной проработки, без которой оценка и выбор их невозможны.

6. На период времени, пока станция будет находиться в настоящих условиях, целесообразно проработать способ очистки от шуги направляющих аппарата и турбин, например, теплой водой под давлением³.

¹ По данным заграничной практики.

² Имеется проект переустройства протившуговых устройств в голове Салара, составленный в Санири в 1935 г. См. журнал Ирригация и гидротехника № 2.

³ Предложение директора Боз-су ГЭС инженера Чупракова.

О переводе данных об'емного способа учета взвешенных наносов в весовой

(Для рр. Сыр-дарьи и Аму-дарьи)

1. Недостатки об'емного способа учета взвешенных наносов

Учет стока взвешенных наносов в реках и каналах Средней Азии обычно производится суммарным способом. Лишь в последние 2-3 года суммарный способ во многих случаях начинает заменяться ежедневным (преимущественно при исследованиях для гидроэнергетических целей). Как известно, суммарный способ учета взвешенных наносов заключается в том, что ежедневно в одной точке (иногда в 3) берутся пробы воды и за установленный период времени (декаду, пентаду или месяц) сливаются в одну большую бутылку. Чаще всего суммирование проб производится подекадно. После 10—20-дневного отстаивания из большой бутылки при помощи сифона сливается отстоявшаяся вода, а наносы вместе с небольшим количеством воды или сливаются в мензурку для дальнейшего отстаивания и уплотнения, или же подвергаются фильтрованию (или выпариванию) без дополнительного отстаивания и уплотнения. В первом случае после 30-дневного отстаивания определяется об'ем уплотненного осадка и вычисляется об'емная относительная мутность, обычно выражаемая в процентах от об'ема воды. Во втором случае количество осадка определяется по весу и относительная мутность получается в весовых единицах на единицу об'ема воды. Как известно, первый способ учета взвешенных наносов называется об'емным, второй весовым. С первых лет наблюдений за наносами учет взвешенных наносов на реках и каналах Средней Азии производился по преимуществу об'емным способом. Лишь с 1928 г. об'емный учет начинает вытесняться весовым и с 1931-32 г. при исследованиях, как правило, применяется весовой способ.

С точки зрения удовлетворения запросов водного строительства учет стока взвешенных наносов об'емным способом предпочтительнее перед весовым, так как при решении таких вопросов, как расчет срока заиления водохранилищ, заиление каналов, работа отстойников и пр., в первую очередь необходимо знать об'ем отложившихся наносов. Тем не менее переход от об'емного способа учета взвешенных наносов к весовому следует признать вполне целесообразным. Этот переход вызван следующими причинами:

1. Определение веса сухих наносов может быть произведено с весьма большой точностью (до тысячных и десятитысячных грамма). Определение же об'ема отложившихся в мензурке наносов в лучшем случае может быть произведено с точностью до 0,5 см³, обычно же производится с точностью до 1 см³. При таких условиях относительная

ошибка определения объема наносов в мензурке обычно составляет не менее 5—10%, сжимается до 2-3% при большой мутности потока и при достаточно большом объеме пробы воды и повышается до 100% и более при малой мутности или очень малом объеме пробы воды.

2. Плотность осадка в мензурке подвержена весьма большим изменениям, при чем нередко плотность эта разнится на 500—1000%. Факторами, влияющими на степень уплотнения наносов в мензурке, являются: механический состав взвешенных наносов, срок уплотнения их в мензурке, форма и диаметр мензурки и пр.

Чем более содержание мелких фракций в наносах, чем менее срок отстаивания их и диаметр мензурки, тем уплотнение будет меньше. Таким образом, количество наносов, срок и условия отстаивания их сильнейшим образом могут влиять на получаемую величину относительной мутности и стока наносов. Получаемые результаты о мутности не только разных рек, но одной и той же реки за различные периоды, получаются несравнимыми.

3. В естественных условиях плотность отложившихся наносов будет иная, чем плотность наносов, отложившихся в мензурке. Плотность наносов в мензурке, вследствие сцепления их со стенками мензурки, а также вследствие отсутствия течения, даже при значительном сроке отстаивания будет значительно меньше, чем плотность тех же наносов, отложившихся в естественных условиях, при чем различие будет тем больше, чем мельче наносы. Поэтому без особых поправочных коэффициентов нельзя объем наносов, полученный на основании уплотнения в мензурке, переносить на натуру, и при решении таких практических задач, как срок заиления водохранилища, определение объемного веса наносов в естественных условиях на основании литературных данных или специальных исследований при объемном способе учета столь же необходимо, как и при весовом.

Изложенные три основные причины показывают полную целесообразность перехода от объемного способа учета к весовому, так как при учете весовым способом сток взвешенных наносов получается значительно более точным, чем при учете объемным. Вместе с тем для решения ряда практических вопросов как при одном способе учета, так и при другом остается в силе необходимость определения объемного веса взвешенных наносов, отложившихся в естественных условиях, что может быть выполнено лишь путем постановки специальных исследований для рек с различным механическим составом взвешенных наносов. В связи с переходом от объемного способа учета при решении многих практических задач возникает новый вопрос—это приведение имеющихся данных объемного и весового учета за различные годы к удобосравнимому виду. Другими словами, возникает необходимость перевода данных объемного учета взвешенных наносов в весовой.

2. Данные об объемном весе некоторых рек европейской части СССР

В последние 2-3 года в литературе¹ появились данные об объемном весе взвешенных наносов, отложившихся в мензурке. Автор этих трудов, инж. Б. В. Поляков, в результате анализа данных объемного веса

¹ Б. В. Поляков. Исследование стока взвешенных и донных наносов, Ленинград, 1935 г.

Б. В. Поляков. Заиление водохранилищ Заволжья. Нижневолгопроект. В. В. М.-Л. 1935.

Объемный вес взвешенных наносов рек европейской части СССР

(составлена по данным инж. Б. В. Полякова)

Таблица 1

№ п-п	Река	Пункт наблюдения	Месяц и год наблюдения	Число наблюд.	Продолж. от- стояния в м-н звук в д-х	Объем в см³ плот- ного осадка в мок- ром состоянии			Объемный вес в гр/см³ плотного осадка в сухом со- стоянии			Примечание
						от	до	средн.	от	до	средн.	
1	Днепр	С. Разумовка	III-1928	10	—	0,25	0,70	0,4	0,041	0,118	0,07	У поверхности
2	"	"	III-1928	10	—	0,3	1,2	0,5	0,031	0,475	0,12	У дна
3	Ухтома	Д. Вятково	VIII. IX-1930	2	13	0,27	0,27	0,27	0,047	0,060	0,05	
4	Инеж	Д. Пестрецы	VIII. IX-1930	2	13	0,28	0,35	0,31	0,090	0,300	0,20	
5	Колбаса	С. Клевцово	X-1930	2	13	0,25	0,125	0,19	0,036	0,170	0,10	
6	Увель	С. Клевцово	VIII. IX, X-1930	3	10	0,106	0,200	0,14	0,044	0,114	0,07	
7	Кубань	Петрушинский рукав			20						0,46	на 0,2 Н от поверхности
8	"	Петруш. рукав			20						0,62	на 0,8 Н от поверхности
9	Ветлянка	Кулещов	IV-1934	9	28	13,2	19,5	14,9	0,218	0,406	0,32	Реки за № 3—6 принад- лежат к бассейну р. Увод., а реки за № 9—18 нахо- дятся в Заволжье
10	М. Кинель	Полудни	IV-V-1934	21	28	0,05	12,5	5,4	0,087	0,688	0,26	
11	"	Троицкое	IV-1934	12	28	2,50	6,5	4,0	0,163	0,382	0,28	
12	Б. Кинель	Бугуруслан	IV, V-1934	34	28	0,20	10,8	4,1	0,037	0,700	0,29	
13	"	Тимашево	III, IV, V-1934	21	28	0,10	43,0	10,3	0,050	1,181	0,32	
14	Самарка	Елшанка	IV-1934	4	28	12,0	13,5	12,7	0,226	0,348	0,29	
15	"	Первомайск	IV-1934	9	28	1,2	16,2	10,5	0,149	0,478	0,35	
16	Б. Иргиз	Б. Глушица	IV-1934	14	28	6,0	13,5	8,6	0,239	0,444	0,35	
17	Тавоженка	Н. Алексеев	IV-1934	9	28	19,0	36,0	26,3	0,330	0,490	0,42	
18	Домашка	Летн. заря	IV-1934	9	28	8,8	20,0	14,5	0,262	0,369	0,32	

Таблица 2

Объемно-весовой способ учета взвешенных наносов рр. Сыр-дарья и Аму-дарья

№ п. п.	Река	Станция	Время наблюден.		Число наблюд.	Продол. от ст. в мезурке в дн.	Объем в см ³ плотного осадка в мокром состоянии			Объем. вес в гр/см ³ плотн. осадка в сух. сост.		Удельный вес наносов		Объем пустот порозность в мокром состоянии в %		
			Год	Месяц			от	до	среднее	от	до	от	до	от	до	среднее
1	Сыр-дарья	Запорожская	1927-28 1928-29 1929-30	XII-VI I-III X-VI	79	30	0,5	46,5	7,8	0,04	2,22	1,88	2,92	49	92	75
2	Сыр-дарья	Кокбулакская	1929-30	XII-IX	30	30	1,0	33,0	12,6	0,43	1,78	2,22	2,99	26	83	73
3	Сыр-дарья	Чардарьинская	1927-28	XII-V	6	30	1,5	63,5	20,3	0,64	0,83	2,12	2,50	67	74	70
4	Сыр-дарья	Тюменьярк-ская	1928-29 1929-30	IV-IX	53	30	0,5	23,5	10,5	0,31	1,94	2,17	2,81	20	88	72
5	Сыр-дарья	Казалинская	1928-29 1929-30	I-II X-IV	27	30	0,5	20,0	4,5	0,08	0,92	1,62	2,47	53	96	72
6	Аму-дарья	Керкинская	1927-28 1928-29 1929-30 1933-34	VIII-IX X-IX X-IX X-IX	49	30	7,5	115,0	42,9	0,45	1,18	1,87	2,56	49	80	70
7	Аму-дарья	Джумур-тау	1931-32	V-XII	22	30	11,0	44,0	24,6	0,43	0,87	2,50	3,18	67	85	75

взвешенных наносов мелких рек Заволжья, Днепра, Уводи (приток Клязьмы) и Кубани приходит к следующим выводам:

1. Объем пустот в взвешенных наносах, отложившихся под водою, очень велик и значительно превосходит объем сыпучих тел такого же механического состава, отложившихся на воздухе.

2. Чем мельче наносы, тем объем пустот больше.

3. Наносы придонных слоев, как более крупные, имеют меньший процент пустот.

Эти выводы инж. Поляков наглядно подтверждает обильным фактическим материалом, полученным на некоторых реках. В концентрированном виде средние и предельные величины объемного веса по большинству рек, приводимых в трудах Полякова, помещены в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, во-первых, чрезвычайно сильную изменчивость объемного веса наносов даже одной и той же реки и, во-вторых, чрезвычайно низкий объемный вес при малом количестве наносов, что объясняется не только ничтожным уплотнением, но и неточностью определения объема наносов в мензурке.

3. Данные по рр. Сыр-дарье и Аму-дарье

По рр. Сыр-дарье и Аму-дарье в настоящее время имеется достаточное количество данных для суждения об объемном весе взвешенных наносов, отложившихся в лабораторных условиях (мензурка), так как после того, как выяснилась целесообразность перехода к весовому способу, в течение 1—2 лет учет наносов производился одновременно обоими способами. Это обстоятельство позволяет установить объемный вес наносов для перевода данных объемного способа в весовой.

В нашем распоряжении имеются данные 266 наблюдений (опытов) по пяти станциям р. Сыр-дарьи (ст. Запорожская, Кокбулакская, Тюменьарыкская, Чардаринская и Казалинская) и двум станциям р. Аму-дарьи (ст. Керкинская и Джумур-тау). Рамки журнальной статьи не позволяют привести подробные результативные данные для каждого наблюдения. Поэтому мы ограничимся приведением лишь предельных и средних величин об объемном весе плотного осадка в сухом состоянии и объеме пустот его (порозности) в мокром состоянии.

Считаем не лишним привести также предельные и средние значения полного объема наносов, отложившихся в мензурке, а также данные об удельном весе наносов (табл. 2).

В виде средних величин по отдельным месяцам и периодам данные об объемном весе взвешенных наносов сведены в таблицу 3 и в графическом виде представлены на рис. 1 (см. табл. 2 и 3).

Из данных графика можно сделать следующие заключения:

1. Объемный вес взвешенных наносов колеблется в очень широких пределах — от 0,04 до 2,22 гр/см³. Но столь малые и большие значения объемного веса встречаются лишь при очень малом объеме осадков в мензурке, вследствие чего относительная ошибка определения объема может быть велика. При достаточно большом объеме наносов в мензурке объемный вес изменяется в более узких пределах — от 0,30 до 0,90 гр/см³.

2. Не наблюдается никакой закономерности в изменении объемного веса по времени года. Замечается лишь меньшая амплитуда колебаний объемного веса в вегетационный период, что следует объяснить большей мутностью рек и большим объемом наносов в мензурке. По всем рекам, за исключением р. Сыр-дарьи у ст. Тюменьарыкской, на-

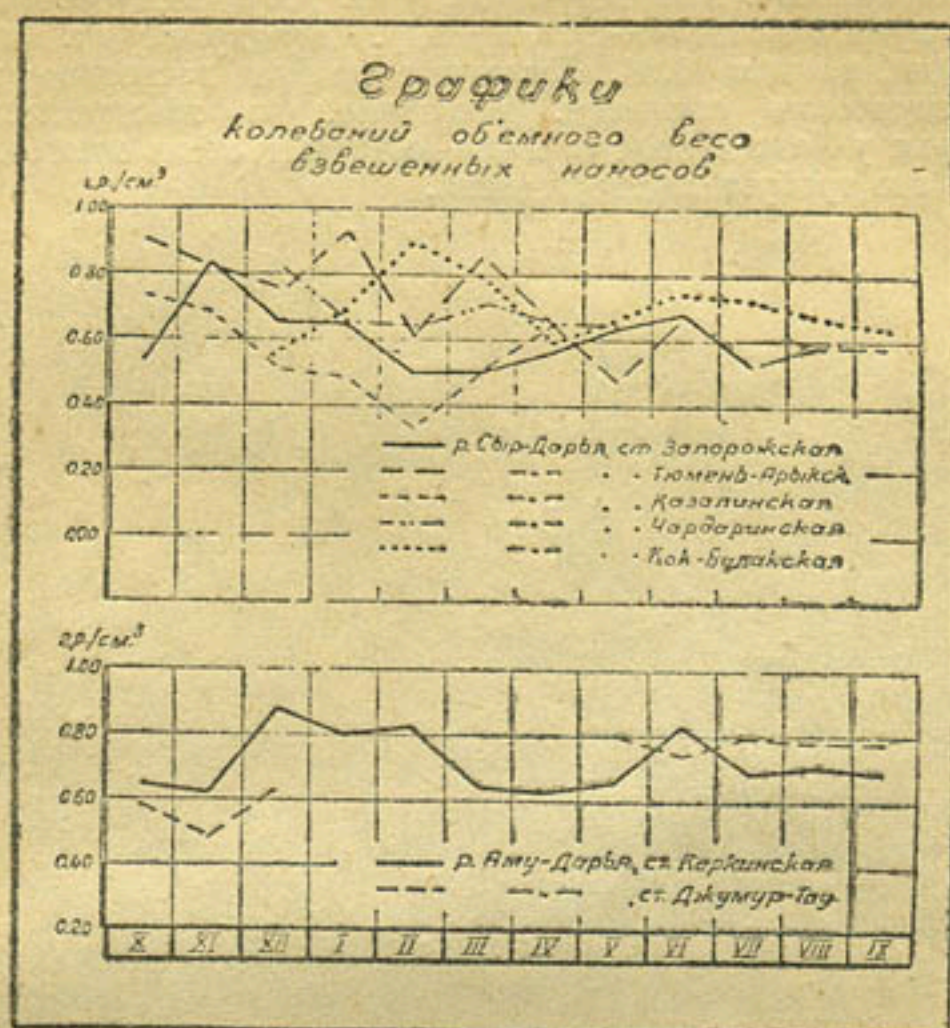
Таблица 4

Удельные веса взвешенных наносов рр. Сыр-дарья и Аму-дарья

№ п. п.	Река	Станция	Год на- блюдения	Средний удельный вес взвешенных наносов												Heve- ret. пер.	Bere. тан. пер.	Год	
				X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX				
1	Сыр-дарья	Запорожская	1928—30	2,54	2,66	2,27	2,47	2,25	2,34	2,35	2,42	2,42	2,42	—	—	—	2,42	2,40	2,41
2	„	Кокбулакская	1929—30	—	—	2,44	2,71	2,30	2,44	2,42	2,52	2,65	2,63	2,56	2,68	—	2,47	2,58	2,52
3	„	Тюменьская	1929—31	2,53	2,48	2,42	2,63	2,50	2,64	2,61	2,60	2,60	2,59	2,48	2,40	—	2,53	2,55	2,54
4	„	Чардаринская	1928	—	—	2,50	2,21	2,12	2,28	2,37	2,45	—	—	—	—	—	2,28	2,41	2,34
5	„	Казалинская	1929-30	1,81	1,84	1,68	1,78	1,84	1,75	1,87	—	—	—	—	—	—	1,84	—	—
6	Аму-дарья	Керкинская		2,3	2,38	2,40	2,37	2,56	2,18	2,25	2,13	2,03	2,33	2,37	2,30	—	2,37	1,24	2,30
7	„	Джумур-тау	1931-32	2,98	2,96	2,82	—	—	—	—	2,76	2,53	2,67	2,82	2,57	—	2,92	2,67	2,79

блюдаются близкие между собою значения объемных весов за невегетационный и вегетационный периоды.

3. Среднегодовые значения объемных весов по всем станциям обеих рек весьма близко подходят друг к другу, при чем максимальное расхождение не превосходит $0,09 \text{ гр/см}^3$, или 14% .



4. Учитывая большую неточность объемного учета и относительную незначительность расхождения среднегодовых значений объемного веса для различных станций, можно принять для рр. Аму-дарьи и Сыр-дарьи среднее значение объемного веса для них, равное $0,68$. Последней величиной можно воспользоваться при переводе данных объемного способа учета взвешенных наносов в весовой.

5. Сравнивая объемный вес взвешенных наносов рр. Аму-дарьи и Сыр-дарьи с объемным весом наносов рек, приведенных в таблице 1, получаем, что объемный вес первых в 2—3 и более раз больше объемного веса вторых. Исключение представляет лишь р. Кубань, объемный вес наносов которой после 20-дневного отстаивания лишь на $10—50\%$ меньше объемного веса рек Сыр-дарьи и Аму-дарьи.

6. Объем пустот взвешенных наносов, отложившихся в мензурке, изменяется от 20 до 96% . Но такая большая амплитуда обычно наблюдается лишь при малом количестве наносов в мензурке. При значительном количестве наносов объем пустот изменяется в более узких пределах—от 60 до 80% и в среднем по всем станциям равен 73% .

7. Удельный вес наносов по данным таблицы 2 изменяется от $1,62$ до $3,18$. Чтобы исключить влияние случайных ошибок при определении

удельных весов, в таблице 4 даны средние значения удельных весов по месяцам и периодам.

Для станций Запорожской, Кокбулакской, Тюменьарыкской, Чардаринской и Керкинской средние удельные веса близки к величинам, обычно приводимым в литературе, как низший предел удельного веса для взвешенных наносов. Для Аму-дарьи у ст. Джумур-тау средний удельный вес получаем высоким—2,79, а для р. Сыр-дарьи у ст. Казалинской очень низким, равным 1,84. Последняя цифра настолько мала, что вызывает некоторые сомнения. Возможно, что взвешенные наносы р. Сыр-дарьи у Казалинской станции содержат очень много гумусовых частиц, но это требует подтверждений.

О коррозии бетона

Разрушение портланд-цементного бетона под влиянием агрессивных вод теоретически было обосновано еще Вика. Последующие работы ряда ученых (Лешаталье, Байков и др.) не только подтвердили вывод Вика, но и дали более детальное обоснование этому явлению.

Теоретические выводы о разрушении портланд-цементного бетона получили и получают подтверждение в многочисленных случаях разрушения бетонных гидротехнических сооружений.

Причины разрушения бетона таковы уже в самом химическом составе его: выделение гидрата окиси кальция при твердении п-цемента.

Коррозия бетона под действием минерализованных вод, в основном—сернокислая коррозия, является следствием обменных реакций, протекающих между солями воды и гидратом окиси кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Из них нужно отметить два процесса—образование сульфо-алюмината кальция и кристаллизацию гипса.

Несколько иной вид коррозии (углекислая коррозия) наблюдается при омывании бетона слабо минерализованной водой, содержащей агрессивную углекислоту; в этом случае протекает процесс выщелачивания из бетона окиси кальция¹. Наконец, при действии на бетон очень мягких вод наблюдается прямое растворение его.

Следовательно, коррозия бетона может наблюдаться как в минерализованных водах, так и в пресных. Интенсивность протекания коррозии зависит не только от минерализации окружающей воды, но и от структуры бетона и тех напряжений, которые он испытывает. Чем меньше водонепроницаем, а, следовательно, более плотен бетон, тем он устойчивее по отношению к агрессии воды, поэтому все факторы, способствующие получению плотного бетона (тщательный подбор состава бетона, применение правильно выбранных водоцементных отношений, употребление пуццоланового п-цемента и т. д.), увеличивают его стойкость против агрессии и, наоборот, факторы, нарушающие структуру бетона, облегчающие образование трещин в бетоне (неоднородность бетона, чрезмерные напряжения и т. д.), будут усиливать протекание процесса коррозии.

¹ Подробно о процессах, ведущих к коррозии бетона, изложено в статье „К вопросу изучения ср.-аз. месторождений гидравлических добавок“ Н. И. Каменев и Е. Д. Рождественский. Ирригация и гидротехника № № 4 и 5 за 1935 г.

В условиях гидротехнического строительства республик Средней Азии коррозионность бетона приобретает огромное практическое значение, т. к. поверхностные воды Средней Азии обладают слабой минерализацией, часто с незначительной карбонатной жесткостью, а грунтовые воды обычно сильно минерализованы и содержат иногда большое количество сернокислых солей.

Несмотря на это, до настоящего времени в республиках Средней Азии вопросу коррозионности бетона не отводится достаточного внимания как со стороны проектирующих и строительных организаций, так и со стороны научно-исследовательских.

При осмотре гидротехнических сооружений Узбекистана и Туркмени в текущем году автор наблюдал протекание и углекислой коррозии (Кадырья ГЭС, Дальверзин) и сернокислой (Шахрудская система).

И если еще в 1935 г. некоторые вопросы коррозии бетона подвергались обсуждению¹, то сейчас основные положения получили четкую формулировку и принципиальную оценку. Исключительно важную роль в этом сыграло расширенное совещание по коррозии бетона, проходившее в начале марта текущего года при отделении технических наук Академии наук СССР.

В совещании приняли участие наиболее видные научные работники в области изучения цемента и инженеры крупных строителей.

Совещание подвело итог многолетним научным работам по коррозии бетона и обобщило опыт строителей. В своих резолюциях оно приняло ряд принципиальных установок и наметило пути дальнейшей работы в этой области.

Значение решений совещания для гидротехнического строительства Средней Азии очень велико, поэтому инженерно-технический персонал ирригационных организаций, безусловно, должен ознакомиться с ними.

Остановимся коротко на основных решениях совещания. Прежде всего совещание отметило громадный вред, приносимый процессами коррозии бетона, и этим самым окончательно подтвердило вредность недооценки коррозионности бетона при возведении различных бетонных сооружений.

В резолюциях указано, что „коррозия бетона нетерпима в условиях строительства СССР“².

Оно одобрило постановление пленума Академии наук (ноябрь 1933 г.) о необходимости применения пуццоланового портланд-цемента и шлакопортланд-цемента при возведении гидротехнических и подземных сооружений. Это решение мотивируется тем, что пуццолановый портланд-цемент не подвергается коррозии в минерализованных водах и дает более плотный бетон, а, следовательно, и менее водопроницаемый.

С другой стороны, признано, что пуццолановые портланд-цементы также подвержены углекислой агрессии, хотя и в меньшей степени, чем обычный портланд-цемент. Поэтому в условиях углекислой агрессии необходимо применять меры изоляции бетона от воды (покрытие или пропитка бетона битумом и т. п.).

Изоляция бетона (безразлично какого) должна быть проведена и в том случае, если воды содержат значительные количества магниевых солей ($MgSO_4$ более 0,75—1% и $MgCl_2$ более 2—3%).

В виду малой солестойкости глинист-портланд-цемента (смесь портланд-цемента с обожженной каолининовой глиной), выявленной в по-

¹ Дискуссия газеты „Техника“.

² Резолюции расширенного совещания по коррозии бетона, Москва, 3—5 марта 1936 г. Издательство Академии наук Союза ССР, стр. 3.

следнее время, совещание рекомендует воздержаться от его применения в гидротехническом строительстве в минерализованных водах, впредь до проведения исследовательских работ, которым надлежит окончательно выяснить этот вопрос.

Совещание обращает особое внимание инженеров-строителей на то обстоятельство, что плотность бетона, а поэтому и его устойчивость против агрессии воды, в большой мере зависит от тщательности подбора состава бетона и тщательности его укладки, рекомендуя при этом укладку производить с применением вибрации.

Чрезвычайно важное практическое значение имеет решение совещания об организациях районных или непосредственно на крупных строительствах сушильно-помольно-смесительных установок для получения пуццолановых портланд-цементов, т. к. это ведет к гибкому и рациональному использованию местных гидравлических добавок.

В вопрос оценки воды, как среды для бетона и для затворения бетона, внесены крупные исправления¹.

По сравнению с нормами 1934 г. наиболее сильное изменение претерпели нормы оценки воды для затворения бетона. Нормы 1934 г. браковали целый ряд природных вод и поэтому встретили много возражений, в том числе и с нашей стороны².

В отличие от прежних норм совещание установило, что „почти все воды, существующие в природе, пригодны для затворения бетона“³.

Выводы эти сделаны на основе результатов обширных исследовательских работ, проведенных за последние годы.

В оценке воды, как среды для бетона, четко поставлено требование учета углекислой агрессии, каковая в старых нормах была неясно сформулирована и недостаточно оценена.

Наконец, совещание нашло безусловно необходимым производство систематических наблюдений за состоянием бетона гидротехнических сооружений с целью регистрации процессов коррозии бетона и выявления причин, ее вызывающих.

Для дальнейшей проработки проблемы о коррозии бетона намечен целый ряд вопросов, подлежащих изучению. Приведем основные из них:

1. Изучение углекислой агрессии и изыскание стойких по отношению к ней цементов для гидротехнических сооружений.
2. Изучение коррозии, зависящей от действия магниевых солей.
3. Разработка наиболее эффективных методов защиты поверхностей бетона от агрессии и создание стойкого поверхностного слоя бетона.
4. Изучение поверхностных напряжений в бетоне как фактора, обуславливающего появление трещин и коррозии бетона.
5. Изучение гидротехнических бетонов на известково-пуццолановых и известково-шлаковых цементах и др.

Возвращаясь к проекту норм воды, служащей средой для бетона, нам хотелось бы указать на то, что проект совершенно не содержит указаний об агрессии воды, зависящей от сернокислого магния и сернокислого натра, хотя в резолюциях подчеркнута особая вредность солей магния.

По данным лабораторных исследований, проведенных автором, сернокислый магний является солью, наиболее разрушающе действующей на бетон из всех встречающихся в природных водах. Подтверждение

¹ Проект новых норм приводится в конце статьи.

² О качестве воды для затворения бетона. Е. Д. Рождественский и Н. И. Царев. Иригация и гидротехника № 2 за 1935 г.

³ Резолюции расширенного совещания по коррозии бетона, стр. 11.

этого факта автор получил при изучении коррозии бетона в Шахрудской ирригационной системе, где бетон интенсивно разрушается под действием воды, содержащей, главным образом, сернокислые натрий и магний. По нашему мнению, в проект нужно бы внести пункт, говорящий об обязательном индивидуальном подходе при оценке воды вообще, независимо от ее химического состава. Последнее замечание исходит из того, что условия нахождения бетона в натуре бывают самые разнообразные, так, автор наблюдал коррозию бетонной облицовки канала Дальверзин (Узбекистан), вызванную водой, которая могла бы считаться неагрессивной. Коррозия в этом случае явилась следствием сильного гидростатического давления при незначительной толщине облицовки.

Пункт второй проекта предлагает институтам и лабораториям при больших содержаниях сульфатов и хлоридов давать оценку для каждого случая в отдельности.

Так как результаты многих лабораторных исследований и опыт строительства по вопросу коррозии бетона не освещены еще в достаточной мере в литературе, то хотелось бы, чтобы организация Академии наук, координирующая исследования в области коррозии бетона, выпустила сжатый перечень полученных результатов; это облегчило бы в большой мере работу институтов и лабораторий.

Решения совещания лишний раз подчеркивают ненормальное положение в ирригационном строительстве Средней Азии вопроса о борьбе с коррозией бетона. Это может быть охарактеризовано двумя моментами: отсутствием пуццоланизации бетона и часто неудовлетворительной постановкой бетонных работ. Насколько нам известно, по ирригационному строительству Узбекистана имеется единственный случай пуццоланизации бетона (Шахрудстрой), инициатором которого явился инж. М. Я. Бабун. И это происходит при наличии ряда месторождений гидравлических добавок, уже опробованных С а н и и р и и рекомендуемых им для эксплуатации.

По нашему мнению, первоочередной задачей в вопросе пуццоланизации является установка районных сушильно-помольно-смесительных установок для получения пуццоланового портланд-цемента на месте и продолжение изучения месторождений гидродобавок районов намечающегося ирригационного строительства в 3-м пятилетии.

Состав бетона на ирригационных стройках часто подбирается без учета необходимости получения наиболее плотного бетона. Вибрированный бетон, как правило, не употребляется.

Такое положение в дальнейшем нетерпимо, и инженерно-технический персонал строительства, проектирующих и научно-исследовательских организаций, должен принять все меры к его выправлению.

Проект норм состава природных вод, применяемых для затворения бетона и служащих средой для бетона

Настоящие нормы относятся только к природным водам. Для сточных вод (промышленных и бытовых), действующих на бетонные и железобетонные сооружения, должны быть разработаны специальные нормы.

Нормы распространяются на бетонные и железобетонные сооружения.

А. Вода как среда для бетона

1. Для плотных бетонов на портланд-цементе устанавливаются следующие допустимые нормы примесей, при отклонении от которых вода должна считаться агрессивной:

а) агрессивной должна считаться вода при временной жесткости до 24 немецких градусов с РН меньшим 7,0 и при жесткости свыше

Нормы § 1 п. „а“, „б“ и „в“ остаются без изменения.
 В § 1 п. „в“, уменьшаются в три раза, а для
 та заводского приотворения) нормы допустимых примесей, приведенные
 3. Для плотных бетонов на цементном портланд-цементе (цемент-

изв для каменного бетона в индустриальном порыве.
 индустриальными и лабораторными на основании данных химического ана-
 лизирования, не предусмотренных § 1, производится соответствующим
 количество, большим указанного в таблице, а также для всех случаев
 2. Оценка количества воды, содержащей сульфаты и хлориды в
 углях.

сумме абсолютных объемов материалов и объемному весу бетона после
 чить полную плотность свежеуложенной бетонной смеси, пробавляю по
 Поход материалов, расчет состава и укладка бетона должны обеспе-
 250 кг при сухой укладке и не менее 220 кг при вибрировании.
 шением не более 0,65, с расходом цемента на 1 м³ бетона не менее
 Для плотных бетонов принимается бетон с водоцементным отно-
 ствием жесткости воды.

CO₂ берется в том же столбце, но строчкой выше той, которая соответ-
 ствует жесткости воды.
 При содержании в воде MgO в количестве, большем половин
 содержания CaO ($MgO > 0,5 CaO$), прежнее число для свободной

Примечания:

Жесткость в немецких градусах	Менее 300 мг/л	Сумма (SO ₄) + (Cl)	
		От 300 до 600 мг/л	От 600 до 1000 мг/л
6—12	20	18	15
12—16	40	39	34
16—20	70	62	55
20—24	110	90	80
24—30	150	120	100

Превышение содержания свободной CO₂ (в мг/л)

SO₄ и Cl.
 Содержание последних берется как сумма имеющегося количества
 прир.
 том временной жесткости воды и содержания в ней сульфатов и хлор-
 Превышение цифра таблицы (свободной CO₂ в мг/л) берется с уче-
 приведенного в таблице.
 натрия и фенолфталеином в качестве индикатора) в количестве, большем
 кислоту (определенную методом титрования воды раствором едкого
 1) аррессивной должна считаться вода, содержащая свободную угле-
 менее 60 мг/л;
 чистые растворы гипса, с содержанием SO₄ более 250 мг/л и Na+Mg
 2) аррессивной должна считаться вода, содержащая сравнительно
 жесткость менее 6 немецких градусов;
 3) аррессивной должна считаться вода, имеющая временную жест-
 24 градусов с pH меньше 6,7; при больших водородных показателях
 оценка воды производится в соответствии с нормами, указанными ниже;

Ответственный редактор Г. И. Антоковский

Зам. отв. ред. Г. К. Козьмичев

Члены редакционной комиссии: проф. Н. А. Янушевский, А. Н. Асоченский, Г. Н. Виноградов, М. С. Вязов, Л. Н. Исаев, Миронов.

Ташкент

Творения бетона.

Для познания бетона следует применять ту же воду, что и для затворения бетона. Бетон на глиноземе не может затворяться соленой водой. (жаркий сухой климат).

и за исключением железобетона в особых климатических условиях бетона, за исключением бетона, нитрогеном на возведение жилых зданий, Морская вода и другие соленые воды допускаются для затворения. На большую воду распространяются все вышеуказанные условия. 60 дней во влажной среде.

Женя прочность более чем на 10%, за срок твердения не менее воды и на питьевой, допускаются к применению воду, не вызывающую сжижения. В комбинированных случаях пригодность воды для затворения бетона может проверяться путем сравнительных испытаний образцов на данной воде и на питьевой, допускаются к применению воду, не вызывающую сжижения. В комбинированных случаях пригодность воды для затворения бетона может проверяться путем сравнительных испытаний образцов на данной воде и на питьевой, допускаются к применению воду, не вызывающую сжижения.

от мест попадания сточных вод. Для затворения бетона из мест, достаточно чистых, можно брать воду, не допускающую для затворения бетона. Природные воды, сточные воды, содержащие жиры, растительные масла, сахар, кислоты и др. не допускаются для затворения бетона. Природные воды, содержащие сульфатов свыше 1500 мг/л в расчете на SO_4 .

РН не менее 4, т. е. не являющаяся коррозийной для бетона. Воды, в том числе любая природная вода, имеющая водородный показатель не менее 4, т. е. не являющаяся коррозийной для бетона. Воды, в том числе любая природная вода, имеющая водородный показатель не менее 4, т. е. не являющаяся коррозийной для бетона.

В. Вода для затворения бетона

5. Для бетонных сооружений в морской воде жестательно применять цемента, содержащего не менее 4% AsO_3 в клинкере. Течение воды и коллоидная ее среда.

поверхности и т. п.), согласно особым инструкциям, учитывающая скорость от действия воды (путем шпатель, покраски, битуминозной изоляции нечистоты сооружения следует принять меры к защите поверхности бетона цемента, ни одного более стойкого цемента, для обеспечения долговечности сооружения. Если артезианская вода не позволяет применить ни портланд-цемент, ни портланд-цемент.

4. Если артезианская вода не позволяет применить ни портланд-цемент, ни портланд-цемент. Шлако-портланд-цемент марки „250“ и выше приравнены к портланд-цементу. Шлако-портланд-цемент марки „150—200“ принимаются те же, что и для портланд-цемента. Нормы допустимых примесей для воды при шлако-портланд-цементе марки „150—200“ принимаются те же, что и для портланд-цемента.

Список трудов

Средне-Азиатского Научно-Исследовательского Института Ирригации „САНИИРИ“

(Ташкент, Ассакинская 22)

Выпуск 2. Д. Я. Соколов—Опытные исследования головного регулятора Вахшского магистрального канала	Цена 1 р. 26 к.
Выпуск 3. Д. Я. Соколов—Боковой отвод воды	1 р. 60 к.
Выпуск 4. Н. И. Каменев—Результаты механических испытаний каменных строительных материалов Средней Азии. Часть II	2 р. 70 к.
Выпуск 5. Е. А. Замарин и М. М. Решеткин—Просадка и водопроницаемость лесса	1 р.
Выпуск 6. П. И. Васин—I. Размывающие скорости в лессовых грунтах С. С. Бан—II. Коэффициент бокового сжатия регуляторов	1 р. 50 к.
Выпуск 7. Д. Я. Соколов и М. С. Вызго—Пропускная способность водосливов практического профиля	1 р. 20 к.
Выпуск 8. В. Ярцев—Временные инструкции для производства полевых работ при обследовании гидротехнических сооружений	1 р. 30 к.
Выпуск 9. Е. А. Замарин—Гидротехнический расчет. Издание третье	2 р. 50 к.
Выпуск 10. I. Н. И. Теперин—Движение струи в массе жидкости. II. М. С. Вызго—Консольные перепады	1 р. 75 к. 85 к.
Выпуск 11. П. И. Васин—Потери в каналах и формулы их учета	85 к.
Выпуск 12. А. С. Вавилов—Противошуговые работы на канале Боз-су в период 1926—31 гг. и меры борьбы с шугой	2 р. 25 к.
Выпуск 13. В. Н. Ярцев—Инструкция для производства полевых работ и предварительной обработки материалов при гидравлических исследованиях на ирригационных каналах	3 р. 50 к.
Выпуск 14. Е. А. Смирнов, В. М. Аполлосов, А. Н. Гостунский—Механизация очистки ирригационной сети в Средней Азии	1 р. 25 к.
Выпуск 15/1. М. С. Вызго и Н. И. Теперин—Гидравлическая лаборатория САНИИРИ на службу подготовки кадров	60 к.
Выпуск 16. С. И. Батурин—К вопросу составления кадастра ирригационных систем Средней Азии	1 р. 35 к.
Выпуск 17. В. М. Аполлосов—Механизация земляных работ при устройстве орошения Дальверзинской степи Дальверзинстроем	3 р. 50 к.
Выпуск 18/2. В. Н. Ярцев и М. С. Вызго—Относьсь бережно к гидротехническим сооружениям	35 к.
Выпуск 19/3 К. Н. Смирницкий—По ударному проведи плановое водопользование в своем колхозе и совхозе (распродан)	20 к.
Выпуск 20. Е. Д. Рождественский—Инструкция к отбору проб воды на химический анализ и типы анализов для различных целей	80 к.
Выпуск 21. Коэффициенты шероховатостей искусственных ирригационных сооружений Средней Азии	2 р. 50 к.
Выпуск 22/4. В. Н. Ярцев и Г. И. Туркин—Как учитывается оросительная вода	1 р.
Выпуск 23/5. З. И. Шваб—Конные скрепера на очистке ирригационной сети	95 к.
Выпуск 24/6. И. Ахтямов—Ирригационная линейка для мирабов и бригадиров	1 р. 30 к.
Выпуск 25. В. М. Аполлосов, Г. А. Болдырев, К. К. Шубладзе—Переустройство ирригационных систем Ферганской долины	3 р. 50 к.
Выпуск 26. З. И. Шваб—Применение гидромеханизации на очистке ирригационной сети	1 р.
Выпуск 27. С. И. Батурин—Контрольный кадастр ирригационных систем Средней Азии	6 р. 50 к.
Выпуск 28. С. М. Кривовяз—Техника полива хлопчатника в крупных механизированных хозяйствах	4 р. 25 к.
Выпуск 29. Г. Н. Виноградов—Ирригация в долине Кашка-дарьи	5 р. 60 к.
Выпуск 30. К. К. Шубладзе и А. С. Цветков—Механизация переустройства ирригационной сети	2 р. 50 к.
Выпуск 31. В. Н. Ярцев—Практическое руководство для тарирования мелких гидротехнических сооружений	2 р. — к.

Выпуск 32. Н. И. Царев и И. И. Горбенко—Исследования средне-азиатской древесины	Цена 1 р. — к.
Выпуск 33. В. Н. Ярцев—Водомерный лоток Вентури-Поршала	2 р. — к.
Выпуск 36. З. И. Шваб—Как использовать канавокопатели на очистке ирригационной сети	1 р. — к.
Выпуск 37. С. Иванов—Смыв отвалов «решей» струей воды	1 р. — к.
Выпуск 9, 22. Временная инструкция по устройству гидрометрических станций и постов и ведению работ на них	1 р. 40 к.
Замарин—Движение грунтовых вод под гидротехническими сооружениями	1 р. 80 к.
М. Громов и В. Баранов—Чигирь, как водоподъемное колесо и как привод	60 к.

Кроме того, имеются комплекты и отдельные номера журнала Вестник Ирригации за годы 1925—1930 по 12 р. за годовой комплект и 1 р. за каждый отдельный номер. Заказы выполняются наложенным платежом по первому требованию.

Ответственный редактор Г. И. Антокольский
Технический редактор Е. П. Глаголева

Сдано в производство 27/VIII—36 г.

Подписано к печати 17/XII-36 г.

Узлит № 6175 Бз 6 3/4 п. л. по 68000 знаков. Заказ 1976

Ташкент. Типография Узполиграфкомбината им. Икрамова—1936 г.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ. Рукописи, присылаемые в Редакцию, должны быть написаны вполне четко, предпочтительно на пишущей машине, на одной стороне листа, без пома-рок и добавлений. Формулы выносятся в отдельную строку.

Перепечатка нечетких рукописей — за счет автора. Чертежи должны быть выполнены тушью, на отдельных листах ватманской бумаги, кальки или восков-ки, с надписью на обороте фамилии авторов. Размер их не должен превышать страницы журнала; цифры, надписи должны быть четки и ясны.

Статьи рекомендуется давать ввозможно более сжатом виде, с наимень-шим количеством рисунков и чертежей.

Редакция оставляет за собой право подвергать статьи изменениям, сокра-щениям и перестановкам. Возвращение ненапечатанных статей и хранение отпе-чатанных — для Редакции не обязательно. Рукописи возвращаются лишь в том случае, если об этом оговорено автором и за счет последнего. Напечатанные где-либо полностью статьи Редакцией не принимаются.

Никакие изменения после сдачи статей в набор не допускаются и коррек-туру авторам не посылаются.

Отдельные оттиски статей совершенно не изготавливаются.

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА НА 1936 г. НА ЖУРНАЛ

„Ирригация и Гидротехника“

2-й год издания

Подписная плата с доставкой и пересылкой

На год (10 номеров журнала)	40 р.
„ полгода (5 номеров)	20 р.
Цена отдельного номера	4 р.

Сотрудникам водохозяйственных организаций, работникам на местах в об-ласти мелиорации и сельского хозяйства и студентам вузов и втузов скидка для годовых подписчиков 40 проц. и для полугодовых — 30 проц.

Подписка принимается в ре-дакции журнала (Ташкент, Ассакинская, 24, САНИИРИ)

Льготная расценка может быть предоставлена лишь при условии обраще-ния непосредственно в Редакцию журнала с соответствующим переводом и приложения справки.

Издатель: Среднеазиатский науч-но-исследовательский институт ирригации.

Отв. редактор Г. И. Антокольский