

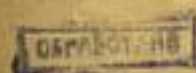
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ



ИРРИГАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИКА

№ 4

ЖС-105



САНИИРИ
ТАШКЕНТ
1 9 3 6

Сурхан-кафирниганская проблема

Сурхан-дарьинский район охватывает бассейн р. Сурхан-дарьи с ее притоками и примыкающий к нему с запада бассейн р. Ширабад-дарьи. Речные системы Сурхан-дарьи и Ширабад-дарьи гидрографически изолированы, однако, в низовьях бассейны их сливаются в одну равнину с общими естественно-историческими и экономическими признаками. В настоящее время этот район находится в начальной стадии хозяйственного освоения, а между тем по своим естественно-географическим, и в частности по климатическим особенностям, он является для развития культуры египетского хлопка одним из важнейших районов не только в Узбекистане, но и во всем Союзе.

Долина Сурхана, защищенная возвышенностями с северо-запада и северо-востока, характеризуется особенно благоприятными температурными условиями: продолжительность безморозного периода здесь около 240 дней; район отличается также чрезвычайно высокой температурой лета, теплой весной и самой высокой в Средней Азии годовой температурой. В то время как горная часть бассейна Сурхана мало доступна, очень слабо исследована и почти не имеет населения, долинная часть представляет собой один из самых ценных районов для целей культивирования египетских сортов хлопчатника и целого ряда не менее высокосортных субтропических культур.

Источниками орошения Сурханской долины являются реки собственно р. Сурхан и ее притоки Каратаг, Ширкент, Дашнабад, Туполанг, Сангардак, Ходжа-ипак и несколько мелких.

Все эти реки стекают с южного склона Гиссарских гор и образуют по выходе из гор в долину системы многочисленных оросительных каналов.

Ширабадскую долину орошает р. Ширабад-дарья, образующая по выходе из гор в долину целый ряд каналов, пересекающих долину по разным направлениям; кроме того, р. Сурхан, из которой в настоящее время для орошения юго-восточной части Ширабадской долины выведен канал Занг.

Из перечисленных рек Туполанг и Каратаг являются главными составляющими Сурхана, т. к. после их слияния (в 12 км выше г. Денау) река получает название Сурхана.

Река Туполанг берет начало на высоте 4300 м над уровнем моря из небольших ледников в районе разделения Гиссарского хребта на юго-западный и северо-западный отроги, а р. Каратаг — из снежников у перевала Мура Гиссарского хребта, примерно на той же высоте. Остальные реки явля-

ются притоками Сурхана — Сангардак и Ходжа-ипак или его составляющих — Туполанга — р. Дашнабад и Каратага — р. Ширкент. Две мелкие реки Вахшевар и Шаргунь, вследствие малой и невысокой водосборной площади, имеют незначительный сток и не представляют большого интереса как источники орошения. Ниже впадения Ходжа-ипака и до впадения в Аму-дарью, Сурхан уже не имеет более притоков, если не считать нескольких оврагов (Ак-кипчагай, Таш-купрюк), по которым в реку попадают силевые воды во время ливней и незначительные расходы только в марте и апреле. Ряд таких же оврагов впадает в Сурхан и Каратаг с левой стороны, с гор Бабатаг.

Ширабад-дарья берет свое начало в районе перевалов Чак-чар на высоте 3.700 м над уровнем моря и в верхнем своем течении выше киш. Дербента носит название р. Турган-дарьи, а по выходе в Ширабадскую долину принимает название Ширабад-дарьи. Кроме р. Ширабад-дарьи, в Ширабадскую долину стекает еще речка Бозрабад, не представляющая никакого интереса как источник орошения.

В процентах к общему стоку Сурхана его составляющие и притоки могут быть представлены следующими величинами:

Р. Туполанг	— 51%
„ Каратаг	— 18%
„ Сангардак	— 13%
„ Ширкент	— 7%
„ Ходжа-ипак	— 6%
„ Дашнабад	— 5%
Итого	— 100%

Последние четыре реки, хотя и дают в сумме 31% стока, но при существующем положении не играют существенной роли в питании р. Сурхана, так как во время вегетационного периода они полностью разбрасываются на орошение, и воды их не доходят до Сурхана.

Режим рек характеризуется обычным для рек преимущественного снегового питания весенним и ранним летним паводком, когда максимальный пик паводка проходит в мае. Картина изменения расходов воды в течение года такова: с октября по февраль включительно реки несут минимальные и более или менее постоянные расходы. С марта начинается подъем воды, достигающий максимума в мае, редко в начале июня. Паводок продолжается обычно апрель — май и часть июня. В июне начинается быстрый спад воды и к сентябрю наступает зимний меженный расход.

Критическим месяцем для орошения в условиях естественного (не отрегулированного) стока рек, т. е. месяцем с небольшим несоответствием между естественным режимом реки и требуемым поливным режимом, является август, а в особенно маловодные годы также июль месяц.

Колебание расходов по отдельным рекам Сурханского бассейна по расчетному 1930 году может быть представлено нижеследующей таблицей (см. табл. на стр. 5).

Р. Ширабад-дарья обладает весьма незначительными водными ресурсами, в силу чего перспективы развития ирригации на живом токе этой реки крайне ограничены.

Средне-месячные колебания расходов этой реки по Даганинскому посту характеризуются следующими цифрами (см. табл. на стр. 6).

№	Месяцы	Расход воды кб. м/сек					
		Туполанг	Каратаг	Сангар- дак	Ширкент	Ходжа- ипак	Дашна- бад
1	Январь	8,96	3,55	2,08	1,41	1,07	1,77
2	Февраль	12,91	4,42	3,78	1,86	1,80	2,47
8	Март	25,38	8,35	9,78	3,67	7,50	4,27
4	Апрель	64,15	21,08	23,74	9,01	13,77	9,90
5	Май	105,33	38,61	32,08	19,48	22,17	11,53
6	Июнь	135,84	41,82	24,74	12,47	11,63	8,77
7	Июль	100,46	40,70	19,26	12,08	4,33	4,20
8	Август	42,08	20,25	6,93	5,98	1,30	2,70
9	Сентябрь	21,64	8,10	4,48	3,16	1,07	2,17
10	Октябрь	15,01	5,14	3,48	2,42	1,73	1,87
11	Ноябрь	13,14	5,77	3,66	2,31	1,56	1,73
12	Декабрь	13,44	3,89	3,91	2,11	1,50	1,77
	Сред. за год	46,53	16,81	11,49	6,32	5,78	4,18
	Сред. за зим. период	14,77	5,196	4,64	2,27	2,69	5,46
	Сред. за вегет. период	69,21	25,10	16,39	9,22	8,00	2,40
	Сток 10° кб.м сред- ний за год	1447.237	522.755	357.489	196.659	179.972	129.950
	Сред. за зимн. пер.	191.367	67.340	60.160	29.445	34.821	98.918
	Сред. за вег. пер. . .	1255.870	455.414	297.328	167.214	145.152	310.032

Примечание. Таблица заимствована из докладной записки экономиста Дзевентского, составленной им для Комитета наук УзССР.

Краткая почвенная характеристика района такова: верховья Сурханской долины имеют почвы высокого качества, вполне пригодные для орошения и сельскохозяйственного использования без всяких мелиораций. Нижне-Сурханский район имеет почвы по качеству аналогичные с вышеуказанными; собственно Ширабадская долина имеет в основном

сильно и слабо-засоленные почвы, освоение которых возможно после проведения ряда мелиоративных мероприятий — глубокой водосборной сети и дренажа.

Из общей площади в 21.4000 га, могущей быть использованной под сельскохозяйственное освоение, на долю южной части, где возможны посевы египетских сортов хлопчатника, приходится около 50% (107.800 га). Однако, современное состояние ирригации Сурханской долины совершенно не обеспечивает эффективного использования потенциальных возможностей реки, исчисляемых в перспективе без мероприятий по регулированию стока примерно в 64% от пригодной для орошения земельной площади. Но даже и эта перспективная площадь водными ресурсами реки может быть освоена по проведении переустроительных мероприятий лишь при условии, когда часть ее (свыше 10%) будет занята зерновыми культурами.

Это обстоятельство объясняется в основном тем, что гидрограф реки Сурхан в своем естественном состоянии, как это уже охарактеризовано выше, крайне неблагоприятен для целей ирригации.

Р. Сурхан-дарья со всеми своими притоками является рекой преимущественно снегового питания, дающей максимум расходов в мае — июне.

После паводков расход водных источников резко падает, доходя в августе — сентябре почти до минимума.

Этот естественный режим реки благоприятен для возделывания зерновых культур, но совершенно не соответствует потребностям культуры хлопка и субтропических растений, требующих наибольших расходов воды именно в июле и августе. При наличии чрезвычайно благоприятных

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Расход воды в м ³ /с . .	3,60	3,60	4,30	11,20	27,60	20,0	7,00	2,90	3,50	4,40	4,90	3,70

климатических условий перспективное развитие сельского хозяйства района строить на зерновом клине было бы явно нерентабельно, вернее, просто преступно.

Совершенно естественно поэтому стремление водохозяйственных организаций найти в данном районе такую схему развития ирригации и сельского хозяйства, при которой были бы использованы с наибольшим эффектом для народного хозяйства Союза водные, почвенные и климатические показатели по всей Сурхандарьинской долине в целом.

В последующем изложении приведена краткая характеристика схемы использования земельно-водных ресурсов реки Сурхана и Ширабада-дарьи в том ее виде, в каком она проработана на настоящий момент водохозяйственными организациями Узбекистана.

Общая площадь бассейнов рек Сурхана и Ширабада-дарьи составляет около 2.119 тысяч га, из которых только 360 тысяч га могут быть признаны пригодными для орошения. Из них примерно 50% пригодны для сельскохозяйственного использования без мелиораций, а 60% — при условии проведения мелиораций различной сложности.

В нижеприводимой таблице приведена разбивка площадей по районам и по степени пригодности их для орошения.

Р а й о н ы	Земли пригодные брутто		
	С мелиора- циями	Без мелио- рации	И т о г о
1. Верхнесурханский	12.192	120.629	132.820
2. Нижнесурханский	75.168	53.621	128.789
3. Ширабадская долина	43.963	—	43.963
4. Степь Кызырык-дар	37.910	—	37.910
5. Пойма Аму-дарьи	7.446	897	10.343
Итого	176.679	177.146	353825

Расчетные площади орошения по отдельным системам Сурхан-дарьи представляются в следующем виде.

Наименование систем	Площ. оро- шения га	Площадь отчуждения га	Расчетная площадь оро- шения нетто га
1. Каратаг-ширкент	35.080	7.016	27.964
2. Дашнабад	6.540	1.308	5.232
3. Сангардак	13.890	2.778	11.112
4. Ходжа-ипак	11.520	2.304	9.216
5. Туполаи	62.090	12.418	49.672
6. Левый берег	3.700	740	2.960
Итого по верхнему Сурхану	132.820	26.564	106.256
7. Кум-курбан	16.351	2.555	13.796
8. Джалаир	2.180	392	1.788
9. Ходжа-ипак	3.931	708	9.223
10. Койкаты	14.100	538	11.562
11. Заиг-Термез и переключенные земли Ши- рабадской долины	92.227	14.756	77.471
Итого по Сурхану	128.789	20.949	107.840
Всего по бассейну р. Сурхан	261.609	47.513	214.096

Расчетная площадь орошения в пределах Ширабадской долины, оставленная на питании из р. Ширабад-дарьи, представляется в следующем виде:

1. Площадь, пригодная к орошению 43.963 га
2. Площадь отчуждения 7.963 „
3. Расчетная площадь орошения нетто 36.000 „

По почвенным и гидрогеологическим признакам весь Сурхан-Ширабадский бассейн можно разбить на пять гидромодульных районов, которые размещены следующим образом: первый, второй и третий в Верхне-Сурханском районе, четвертый охватывает нижний Сурхан, за исключением пойменной полосы Кум-кургана, которая относится ко второму району, и пятый — Ширабадскую долину.

Первый гидромодульный район характеризуется незасоленными суглинистыми и глинистыми почвами, пригодными для освоения без мелиоративных работ. Грунтовые воды находятся на большой глубине.

Второй гидромодульный район характеризуется также незасоленными суглинистыми, глинистыми и тяжело-суглинистыми почвами, имеющими подстилающий слой из галечника и пригодными для орошения без мелиорации. Грунтовые воды находятся достаточно глубоко.

Третий гидромодульный район имеет почвы такого же характера, как и второй район, но с отдельными заболоченными участками. Грунтовые воды находятся близ самой поверхности.

Четвертый гидромодульный район по почвенной и гидрогеологической характеристике разбивается на две зоны:

1. Верхнюю часть Кумкурганской степи, где встречаются слабо засоленные пустынные светлосемы, а также тяжело суглинистые и глинистые почвы; грунтовые воды на большой глубине.

2. Ак-джар, верхняя часть Патта-Гиссара и весь левый берег нижнего Сурхана, где развиты примитивно-такырные, глинистые светлосемы, не засоленные и слабо засоленные. Грунтовые воды находятся достаточно глубоко.

Наконец, пятый гидромодульный район охватывает площади собственно Ширабадской долины, где мы имеем в основном сильно засоленные тяжело суглинистые и глинистые почвы, требующие сложных мелиоративных работ для приведения их в состояние, пригодное для сельскохозяйственного освоения.

Проектные оросительные нормы по отдельным гидромодульным районам представляются в следующем виде:

К у л ь т у р ы	Гидромодульные районы				
	Оросительные нормы в м ³				
	I	II	III	IV	V
1. Хлопчатник	5500	5000	3200	6600	6500
2. Люцерна	6000	5200	3700	6700	6700
3. Зерновые озим.	—	2200	—	—	—
4. Пропашные	4400	3700	2700	5100	5400
5. Масляничные	4100	3300	1900	4800	5000
6. Бахчи	3500	3100	2100	—	—
7. Огороды	5600	5000	3400	5500	7000
8. Сады и виноградники :	5700	5200	3800	—	—
9. Рис	—	—	19900	—	—

Оросительная способность Сурхан-дарьи в современных условиях, т.-е. при существующем коэффициенте полезного действия систем, равном 0,423, определяется площадью в 102.700 га.

Учитывая, что в 1934 году рекой Сурхан и ее притоками орошалась площадь в 92.578 га, можно сделать вывод о том, что без регулирования стока возможный прирост площадей по Сурхан-дарье при современном состоянии оросительных систем может достичь 10.000 га. Ниже приведены в табличном виде оросительные возможности в бассейне реки Сурхан без регулирования стока для перспективного и настоящего состояния ирригационных систем.

Системы	Предел оросительных возможностей без регулирования стока по малопродуктивному 1930 году			
	В проектных условиях		В существующих условиях	
	Коэффициент полез. дейст.	Площадь га	Коэф. полез. дейст.	Площадь га
1. Бассейн реки Сурхан и ее главных составляющих (Тупо-лап, Каратаг, Ширкент и Сангардак)	0,55	120.552	0,423	93700
2. Бассейн реки Ходжа-ипак	0,65	9.216	0,45	6400
3. Бассейн реки Дашнабад	0,65	5.232	0,45	2600
Итого		135000		102700
4. Кроме того, площадь возможного орошения под зерновые в пределах Сурханской долины		12000		14300

Взяв перспективную площадь орошения — 147.000 га и принятые для нее оросительные нормы, мы получим общее потребление для ирригационных нужд в 1650×10^6 м³. Имея средний сток Сурхана за 1930 г. в 2975×10^6 м³, мы видим, что часть водных ресурсов реки бесполезно сбрасывается в Аму-дарью и что использование стока равно всего 55%.

Что касается р. Ширабад-дарьи, то ее оросительная способность для среднего расчетного и минимального года при различных коэффициентах полезного действия системы может быть представлена следующими цифрами.

Коэффициент полезного действия	Оросительная способность при среднем расчетном годе (га)	Оросительная способность при минимальном расчетном годе (га)
0,40	10900	8200
0,55	15600	11300
0,65	17700	13400

Следовательно, при естественном неотрегулированном стоке максимальная перспективная площадь орошения на Ширабадской системе может достигнуть 18.000 га.

Таким образом, по бассейнам р. Сурхан и Ширабад-дарьи предельная площадь орошения при незарегулированном стоке этих рек определяется в 154.000 га (без зерновых).

Если обратиться к бассейну р. Сурхана, то здесь при наличии 214 тыс. га земель, вполне пригодных для сельхозосвоения, оказывается возможным оросить без регулирования стока всего 134 тыс. га, оставляя неорошенными 80 тыс. га, расположенных в основном в низовьях Сурхана в Ширабадской долине, где мы имеем наиболее благоприятные климатические условия для посевов египетского хлопка и субтропических культур.

Перспективные водохозяйственные мероприятия по р. Сурхану и ее притокам проработаны на предельную площадь орошения в 214 тыс. га, однако, вопрос регулирования стока реки оставлен открытым в связи с полной его неясностью. Прежде чем перейти к характеристике вопроса об увеличении оросительной способности реки, считаем необходимым кратко осветить схему перспективных водохозяйственных мероприятий в бассейне р. Сурхана и Ширабад-дарьи.

Характеристику ведем с верховьев р. Сурхана, постепенно спускаясь вниз по течению реки. В описании проводим только основные мероприятия, не упоминая по каждой системе о таких работах, как переустройство мелкой и мельчайшей сети, проведение водосборной сети и т. п., ибо все эти работы являются необходимыми для каждой системы.

Верхне-Сурханский район объединяет шесть ирригационных систем рек Каратага, Ширкента, Дашнабада, Туполанга, Сангардака и Ходжа-ипака.

Системой реки Каратаг орошается в настоящее время 24.771 га, в том числе хлопка 56%, или 14.000 га.

Из реки Каратаг берут начало магистральные каналы Чузы, Заркомар, Ходжа-нахшинон, Батош, Тойчи и Ново-сай — в пределах Таджикистана; Джан-чек, Шакар, Хатыб и Узун — в пределах Узбекистана.

По общей схеме переустройства на системе Каратаг, вместо существующих 16 голов с самостоятельным забором из Каратага, намечается 7 узлов с заборными инженерными сооружениями и объединяющими каналами на правом и левом берегу.

Орошаемая ныне площадь на системе реки Ширкент составляет 3.293 га, получающих расчетные расходы из следующих магистральных каналов: Сейшамбе, Ак-мечеть, Регар, Чартак, Узбекон и др.

Переустройство системы Ширкент предполагается осуществить путем создания вместо 13 голов ныне существующих арыков одного узла сооружений с правобережным и левобережным объединяющими каналами.

Ирригационными каналами с водозабором из реки Дашнабад орошалось в 1934 г. 2.895 га, в том числе хлопка 44%, или 1.287 га.

Магистральные арыки Дашнабадской системы, имеющие самостоятельный водозабор: Дашнабад, Танги-пугул, Суфион, Джар-асты, Галя Бухта и Джендалык, обладают обычными для туземных систем недостатками.

Схема переустройства этих каналов предполагает вместо 7 голов устроить один узел, с одним объединяющим каналом, разветвляющимся на правобережную и левобережную ветви.

Следующей верховой системой, имеющей значительные перспективы по своему развитию, является Туполангская, где в 1934 году орошалось 14.071 га, в том числе хлопка 66,5%, или 9.390 га.

Из реки Туполанга ответвляется ряд магистральных каналов, а именно: Дам, Ак-гузар (Хазарбаг), Харкуш, Динау, Мурчагай, Таджикон и Лянгар.

В 1929-30 году, в порядке мелкого строительства, был проведен магистральный канал Хазарбаг с переключением на него части земель нижележащей Ходжи-ипакской системы.

Туполангская система в большей степени, чем другие системы района, характеризуется избыточностью водозабора, неурегулированностью водораспределения, отсутствием сбросной сети, наличием заболоченных земель и длинными холостыми частями, по преимуществу в галечной пойме.

Проект переустройства предусматривает устранение этих недостатков проведением таких мероприятий, как устройство головных сооружений, объединение водозабора, проведение водосборно-сбросной сети и т. п.

По одному из вариантов переустройства водозабор в магистральные объединительные каналы из реки Туполанг осуществляется путем устройства в пойме реки сипайно-таштугайных шпор, в головах подводящих каналов, подающих воду к бетонным головным сооружениям.

Правобережный и левобережный каналы, рассчитанные в голове — первый на расход 12, 57 м³/сек и второй на расход — 19,08 м³/сек, идут почти исключительно в целине, главным образом в галечном русле, с большим количеством перепадов.

В целях комбинированного ирригационно-гидро-энергетического использования водных ресурсов реки Туполанг проработан также другой вариант переустройства, когда на р. Туполанг устраивается одно постоянное головное сооружение.

По топографическим условиям, а также в интересах получения максимальной мощности гидростанции, водозабор принят односторонний — на правый берег реки.

От регулятора плотины, устраиваемой в Зарчобском ущелье, отходит магистральный оросительный канал, являющийся в то же время деривационным каналом для ГЭС.

На 4,3 км этого канала устраивается ГЭС № 2, мощностью в 15.000 квт.

Следующая станция устраивается на расстоянии 2,4 км от плотины и использует на деривационном канале перепад в 8 м, что позволяет получить сравнительно незначительную мощность в 4.700 квт.

Из нижнего бьефа ГЭС № 2 вода попадает в правобережный магистральный канал, на котором устраивается вододелитель для распределения воды между правым и левым берегом. На левый берег Туполанга вода перебрасывается дюкером длиной 241 м.

Орошаемая площадь по системе реки Сангардак в 1934 году составила 4.849 га, в том числе хлопка 74%, или 3542 га.

Магистральные каналы Сангардака следующие: Аткамыр, Старый Хазарбах, Катта-карши, Охляр, Бадова и Хайрабад.

Схема переустройства системы Сангардака предполагает, вместо существующих 9 голов самостоятельного водозабора, устроить два узла с двумя объединяющими каналами на правом и левом берегу.

Ирригационная система Ходжа-ипака орошала в 1934 г. — 11660 га, в том числе хлопка 25% т или 2927 га.

Преобладающей культурой являются зерновые, составлявшие 67%.

Схема переустройства Ходжаипакской системы заключается в замене 8 голов самостоятельного питания существующих каналов — Ходырша, Пастуны, Тангыз, Кара-арык, Джаильма и Илещук, двумя узлами сооружений, где сосредоточен весь водозабор для правого и левого берега.

Верхне-Сурханские левобережные системы охватывают узкую полосу по левому берегу реки Сурхана от кишлака Ак-тумшук до кишлака Огры-гузар, протяжением 60, при ширине 2—4 км.

Эта полоса орошается группой магистральных арыков, имеющих самостоятельный забор воды непосредственно из Сурхан-дарьи. В числе этих арыков Файзана, Шурча, Ходжа-мильк и др.

На этой системе в 1934 году орошалось 1.788 га, в том числе хлопка 52%, или 984 га.

Схемой переустройства предусматривается объединение всех магистральных арыков верхнего левобережья в 3 системы с 3 головными узлами на Сурхане.

К ирригационным системам нижнего Сурхана относятся Кумкурганская, Зангская, Термезская и системы левобережья Сурхана.

Кумкурганская система, построенная в 1931-1932 году, занимает узкую полосу вдоль правого берега реки Сурхан-дарьи длиной 80 км, со средней шириной 2,30 км.

Общая площадь, охватываемая системой, составляет 18.300 га, из коих расчетная площадь орошения равна 13.796 га.

Помимо этих земель, Кумкурганской системой может быть орошено машинным способом еще 1.500 га.

Кумкурганская система достаточно полно оборудована инженерными сооружениями, за исключением головного водозабора, который осуществляется помощью сипайных и таштугайных водозаборных шпор. Существующее головное сооружение предположено заменить инженерным сооружением, состоящим из бетонной плотины на реке Сурхан и из бетонного головного регулятора на правом берегу.

Зангская и Термезская ирригационные системы и часть левобережных переключаются на питание из Нижне-Сурханского узла, которым предположено подавать расчетные расходы левобережным магистральным каналам Ак-тепе, Янги и Джой-джангаль, и правобережным Зангу, Термезу и Туркмену, с общей площадью орошения (расчетная нетто) в 26231 га, распределяющихся по отдельным системам следующим образом:

Термезская система — 6198 га

Зангская система — 14313 „

Левобережная система — 5720 „

Итого 26231 га

Необходимо отметить, что все каналы Термезского района, вследствие большой их заиляемости, пришли в полную негодность, причем в особенно тяжелом положении находится орошаемая Термезским каналом часть района с городом Термезом—около 4000 га.

За последнее время заиление этого канала достигло таких размеров, что вопрос о коренном его переустройстве является насущнейшей задачей ближайшего времени.

Схема реконструкции водного хозяйства этой части Сурханского района с устройством Нижне-Сурханского узла как-раз и предполагает коренное переустройство питания всего правобережья и левобережья Нижнего Сурхана.

На Сурхан-дарье намечается постройка железобетонной плотины, преграждающей русло реки, и правобережного регулятора. Из магистрального правобережного канала предположено оросить земли Термезского района путем переключения на магистраль арыка Занг, от которого в месте пересечения его с железной дорогой получит начало Термезская ветка.

Земли левого берега, питаемые арыками Ак-тепе, Янги, Кзыл-бай и Джон-джангаль, предположено также переключить на питание из нового канала посредством переброски воды акведуком через Сурхан-дарью.

Устройство Нижне-Сурханского узла открывает, кроме того, широкие перспективы по орошению земель всей Ширабадской долины на

площади до 60.000 га, возможных к переключению на питание из Сурхан-дарьи, или после осуществления регулирования стока р. Сурхана, или после осуществления дополнительного питания Сурхана из бассейна другой какой-либо реки.

Собственно Ширабадская система в настоящее время орошает 17.773 га, из них хлопка 5.004 га, или 28,5%.

До недавнего времени система реки Ширабад-дарьи представляла собою яркий пример системы местного типа, с особенно сильно выраженными недостатками.

К настоящему времени рядом перезаклучений отдельных магистральных каналов, количество самостоятельных водозаборных голов достигавших до последнего времени 27, значительно сократилось.

В перспективных предположениях намечено осуществить объединение существующих магистральных каналов в два — правобережный и левобережный, с устройством на реке инженерного водозаборного сооружения.

В итоге, после проведения всех охарактеризованных выше мероприятий по коренному переустройству системы и новому орошению неосвоенных в настоящее время земель, перспективная площадь орошения по бассейну Сурхан-дарьи достигнет

Без регулирования стока . . .	134.000 га
С регулированием " . . .	214.000 га.

В Ширабад-дарье соответственно будет иметься или 18, или 24 тысячи га орошенных земель.

Как видно из приведенных цифр, по Сурхану максимальная площадь нового прироста при незарегулированном стоке реки может достичь примерно 35 тыс. га, при чем этот прирост будет разбросан отдельными мелкими массивами по всем системам бассейна. Основной прирост, сверх указанных 35 тыс. га, примерно в 80 тыс. га, будет сосредоточен в двух массивах — на левобережных площадях нижнего Сурхана и на землях собственно Ширабадской долины, при чем этот прирост может быть орошен лишь при условии регулирования стока р. Сурхана.

Последнее обстоятельство, как это указывалось уже раньше, объясняется тем, что режим реки не конформен режиму орошения, когда в периоды максимальных поливных норм на орошаемых площадях, мы имеем в реке значительно сниженные расходы и, наоборот, в периоды незначительной потребности в воде для ирригационных каналов проходящие по реке расходы превосходят эти потребности и не используются полностью.

Поэтому только 55% всего стока Сурхана возможно использовать полезно для целей орошения, а 45% сбрасываются в реку Аму-дарью.

Естественно, возник вопрос о регулировании стока Сурхана для использования его обильных паводковых вод на орошение Ширабадской долины, где вновь орошаемые площади смогут быть использованы под посевы хлопчатника египетских сортов.

Вопросом регулирования стока реки водохозяйственные организации Узбекской ССР занимаются с 1929 г., причем до настоящего времени сколько-нибудь удовлетворительного решения этого вопроса не найдено.

В свое время (1930 год) была выдвинута идея создания водохранилища в урочище Акджар, расположенном на правом берегу, в адырной части среднего течения реки Сурхана, осуществление которой решало Сурхан-Ширабадскую проблему полностью.

Указанное место подверглось топографическим и геологическим исследованиям, причем оказалось, что по геологическим условиям соз-

дание водохранилища весьма рискованно, а по топографическим условиям подача воды потребует проведения весьма сложных и дорогих работ. В связи с тем, что вопрос водохранилища, как это выявлено в водоземельном балансе реки, чрезвычайно важен и определяет будущее Ширабадской долины и части земель Сурханской долины, были проведены рекогносцировочные обследования притоков Сурхана.

Эти обследования, а также энергетическая экспедиция Саогидэп'а, проведенная по этим рекам в 1933 г., не выявила мест, удобных для создания ирригационных водохранилищ, т. к. наличие весьма значительных уклонов и незначительной ширины поперечного сечения притоков Сурхана позволяет создать только ряд мелких водохранилищ для целей гидроэнергетики, что, конечно, ирригационные нужды района удовлетворить ни в какой мере не может.

Здесь же необходимо отметить, что при разрешении вопроса о регулировании стока р. Сурхана будут иметь место следующие обстоятельства:

1. Зимние излишки стоков совершенно отсутствуют, имеются только осенние (сентябрь,—октябрь), представляющие собой небольшую долю общих излишков; таким образом, рассчитывать на питание будущего водохранилища зимними водами нет оснований.

2. В связи с этим будущие водохранилища в значительной мере, если не исключительно, будут наполняться паводковой водой, почему их проектирование осложнится вопросом по борьбе с напосами и заилением.

Эти данные в связи с отсутствием удобных мест под водохранилища, заставили искать другой вариант повышения оросительной способности Сурхана, вариант подпитывания из бассейна другой реки.

К настоящему моменту этот вариант проработан в достаточно схематическом виде как водохозяйственными, так и энергетическими организациями.

Этими проектными наметками предполагается перебросить в Сурхан необходимые расходы из р. Кафирнигана.

Основным моментом, от разрешения которого целиком и полностью зависит проблема переброски, является вопрос о возможности изъятия необходимых расходов из р. Кафирнигана без ущерба для земельного водного баланса этой реки.

Произведенные Саогидэп'ом в 1933 году достаточно подробные подсчеты выявили полную возможность изъятия из реки Кафирнигана расчетных расходов для ирригационных нужд Сурханского бассейна.

В последующие годы было произведено уточнение земельного фонда бассейна Кафирнигана, при чем по сравнению с подсчетами 1933 г. этот фонд уменьшился примерно на 20 тысяч га (как минимум) за счет исключения явно непригодных для орошения земель в Бешкентской долине.

Последнее обстоятельство позволяет еще более уверенно говорить о возможности переброски, о ее безболезненности для бассейна реки Кафирнигана.

В связи с тем, что проблема подпитывания Сурхана имеет достаточно крупные гидроэнергетические перспективы, увязка которых с потребностями ирригации на настоящий момент произведена весьма приближенно, возникает неотложная необходимость в комплексном разрешении данного вопроса.

В целях освещения общей схемы гидроэнергоспользования р. Сурхана с его притоками и Сурхан-Кафирниганского подпитывающего канала, в дальнейшем изложении приводим краткое описание предварительных соображений по этому вопросу, составленных на основе имеющихся на данный момент в Саогидэп'е проектных материалов.

Сурхан-дарья в энергетическом отношении изучена очень слабо. Первые обследования были произведены в 1922 году Кафирниган-Сурханской энергетической экспедицией, организованной Саогидэ'пом. До этого времени имелись лишь указания на возможность использования водной энергии небольшими установками в некоторых ирригационных проектах.

Кафирниган-сурханской экспедицией составлены продольные профили реки Сурхан и ее притоков на основании барометрического нивелирования и, кроме того, сделано геологическое описание намеченных точек энергетического использования.

Специальных топографических и геологических работ для энергетических целей на реке Сурхан и ее притоках Саогидэ'ом не производилось.

При определении расходов ГЭС, расположенных на той или иной реке выше гидрометрических постов, использовались замеры расходов, произведенных экспедицией 1932 года по створам этих установок, на основании которых были выведены коэффициенты и пропорциональности, связывающие ориентировочно расходы гидрометрических постов с расходами по створам ГЭС. В качестве расчетного года принят среднеарифметический год.

Месторасположение установок определялось экспедицией по наличию благоприятных топографических и геологических условий для возведения всего комплекса сооружений по той или иной ГЭС.

Энергетическая схема использования водных потоков бассейна Сурхан-дарьи дается по порядку с севера на юг, и по каждому притоку сверху вниз.

Река Каратаг используется 4 установками. Первая ГЭС — Пайрон, использует естественный завал реки Пайрон (притока реки Каратаг). Установка довольно экономичная, т. к. позволяет при короткой деривации — около 100 м — получить значительный напор в 126 м. Участок реки ниже завала, вследствие больших каменных осыпей и крутых поперечных склонов ущелья, не может быть признан экономически рациональным для проведения длинной деривации.

Мощность установки при расчетном расходе $6,55 \text{ м}^3/\text{сек.}$ равна 6.600 квт.

Следующая установка Ляби-джуй использует участок реки Каратаг между Сарбин-саем и селением Ляби-джуй, длина деривационного напорного туннеля 2,7 км, напор нетто 168 м, расчетный расход $26,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ установленная мощность ГЭС 35.000 квт.

Породы в месте сооружения плотины (порфиры) позволяют устройство высокой плотины, но вследствие высокой сейсмичности этого района высота плотины принята лишь для обеспечения водозабора в деривационный тоннель.

Устройство более длинного тоннеля экономически нерентабельно, т. к. трассу деривации пересекает крупный сай Ляби-джуй.

Участок реки, используемый ГЭС Бедгун, характеризуется наличием естественного завала, который послужил причиной образования каскадного перепада, со средним падением 70 м на километр. Подпор плотины установлен из условий неподтопления вышележащей установки Ляби-джуй. Длина безнапорного тоннеля ограничена глубоким ущельем, образованным рекой Бедгун, и равна 1,2 км. При напоре 88,6 и при расходе $26,0 \text{ м}^3$ установленная мощность ГЭС равна 17 тыс квт.

Последней установкой, использующей реку Каратаг, является Каратагская ГЭС. Эта установка использует участок реки между притоком Бедгун и селением Каратаг с падением в 126 м.

В основном варианте трасса канала проходит открытой деривацией длиной 8,5 км по правому берегу реки Каратаг и у одноименного селения заканчивается напорным бассейном ГЭС, при напоре нетто 116 м и расчетном расходе $28 \text{ м}^3/\text{сек}$, установленная мощность ГЭС равна 26 тыс. квт.

Дальнейшее использование водной энергии реки Каратага может идти по линии создания мелких ГЭС на притоках Каратага—Ширкент, Пшти-миона, Тимур-дара и др. и по линии использования перепадов на ирригационных каналах.

Следующим энергетически используемым притоком Сурхана является Туполанг. На этой реке устраивается пять установок.

Первая—Муш, приплотинного типа, запроектирована на 3,2 км ниже сел. Муш, где река имеет узкое, высокое ущелье, образованное плотными серыми гранитами. Устройством плотины из каменной наброски высотой 150 м и напорным деривационным тоннелем длиной 2,6 км оказывается возможным получить напор нетто 132,5 м, что при расчетном расходе в $36,7 \text{ м}^3/\text{сек}$. дает установленную мощность ГЭС в 38900 квт. Необходимо отметить, что плотинной создается водохранилище с полезным объемом в $45 \times 10^6 \text{ м}^3$, при высоте срабатываемого слоя в 35 м.

Следующей установкой является ГЭС Ховат на притоке реки Туполанг-ховате, где на 1 км выше сел. Симчо устраивается плотина из каменной наброски высотой 8 м, от которой отходит деривационный напорный тоннель длиной 2,5 км, пересекающий горную гряду из плотных серых гранитов, разделяющую р. Ховат от р. Туполанг, в направлении к р. Туполанг. Получающийся при этой схеме напор нетто в 235 м, при расчетном расходе $9,2 \text{ м}^3/\text{сек}$. дает установленную мощность ГЭС в 17.360 квт.

На 0,5 км ниже впадения р. Оби-барагара на р. Кштут возводится водоподъемная плотина высотой 8 м, от которой отходит деривационный напорный тоннель длиной 5,6 км Кштутской ГЭС. В этом случае, как и в установке Ховат, используется разница в отметках рек Кштут и Туполанг—тоннель пересекает гряду, отделяющую первую реку от второй. При напоре нетто 223 м и при расчетном расходе $31,4 \text{ м}^3/\text{сек}$. установленная мощность ГЭС Кштут равна 55.000 квт.

Дальнейшее использование Туполанга осуществляется установкой Чош. Вследствие сильной изрезанности берегов, установка запроектирована приплотинного типа. Плотина высотой 50 м располагается на 0,5 км выше впадения в Туполанг реки Чош в месте выхода гнейсов, образующих прочное основание для плотины. Последней создается водохранилище с полезным объемом в $6,10^6 \text{ м}^3$ при высоте срабатываемого слоя воды в 10 м. При напоре нетто 48 м и расчетном расходе $78 \text{ м}^3/\text{сек}$. установленная мощность ГЭС получилась равной 80.000 квт.

Участок реки Туполанг от места впадения р. Чош до сел. Зарчоб не используется, т. к. здесь можно встретить комплекс песчаников, мергелей, известняков, простирающихся то параллельно, то перпендикулярно к реке, что при сильной изрезанности берегов многочисленными силевыми саями, ручьями и притоками реки создает крайне неблагоприятные условия для строительства ГЭС.

Наконец, последний участок реки Туполанг, между селениями Зарчоб и Пада-хана, используется деривационной установкой Пада-хана. Конец деривации этой установки, имеющей общую протяженность в 5 км, определен невозможностью ее продолжения по топографическим условиям, а также необходимостью сбросить воду в реку несколько выше расположения ирригационного водodelителя. При напоре нетто в 27 м и при расчетном расходе $84 \text{ м}^3/\text{сек}$. установленная мощность ГЭС получилась равной 18100 квт.

Река Сангардак используется в трех установках. На 2,5 км выше сел. Хоякузкий каньон реки перегораживается гравитационной каменной плотиной высотой 180 м, берега каньона сложены плотными известняками. Здание станции устраивается у плотины. На напоре нетто 150 м и расчетном расходе $19,80 \text{ м}^3/\text{сек.}$ установленная мощность ГЭС равна 23.700 квт.

Нижележащий участок р. Сангардак до ГЭС Нимо имеет пологие склоны, покрытые осыпями, и использование его для гидроэнергетических целей экономически нерентабельно.

Следующий участок реки используется 2 ступенями ГЭС Нимо, из которых первая—установка приплотинная, вторая—деривационная. Плотина ГЭС Нимо I, высотой 70 м располагается в месте естественных ворот, сложенных кристаллическими известняками на 0,5 км выше впадения в р. Сангардак р. Нимо.

При напоре нетто 70 м и расчетном расходе $22,7 \text{ м}^3/\text{сек.}$ установленная мощность ГЭС равна 12.700 квт.

II ступень ГЭС Нимо питается отработанными водами первой ступени. Деривация ГЭС II ступени при длине в 6,3 км использует падение реки от ГЭС Нимо I до впадения р. Булянгур. При напоре нетто в 103,7 м и расчетном расходе в $22,7 \text{ м}^3/\text{сек.}$ установленная мощность ГЭС Нимо II равна 18.850 квт. Ниже долина реки расширяется. Склоны берегов довольно крутые, но невысокие, изрезаны выходами мелких саев; почему для использования под деривацию признаны непригодными. На 1 км выше впадения в Сангардак р. Курпа-сай по правому берегу начинается спокойная высокая терраса, которая создает весьма благоприятные условия для проведения деривации. При длине последней в 4 км создается напор нетто в 38 м, что при расчетном расходе в $24,16 \text{ м}^3/\text{сек.}$ позволяет получить установленную мощность в 7.350 квт. Здание ГЭС располагается у сел. Катта-курбанча.

Ниже река выходит в Сурханскую долину и энергетического значения не имеет.

Последний используемый для энергетических целей, приток Сурхана—это река Ходжа-ипак. Река на участке селения Курбанча—родники Ходжа-ипак протекает в узком ущелье. Образующееся расширение в месте слияния реки Ай-лянгар и Кизыл-су дает возможность устройства небольшого водохранилища полезным объемом в $25,10^6 \text{ м}^3$. Плотина располагается примерно в 5 км от сел. Зарворос. Приплотинная ГЭС при напоре нетто 100 м и расчетном расходе $5,00 \text{ м}^3/\text{сек.}$ имеет установленную мощность 4.060 квт.

Ниже впадения реки Койрак река протекает в отвесных берегах, образующих очень узкий каньон. Высокая плотина при узком каньоне и значительных уклонах не может создать водохранилища достаточного объема, и поэтому этот участок используется деривационной установкой Ходжа-ипак. При длине деривации в 3,5 км создается напор нетто 58 м. Установленная мощность ГЭС при расчетном расходе $8,12 \text{ м}^3/\text{сек.}$ равна 3760 квт. Низовья реки Ходжа-ипак не используются вследствие маловодности и сильной изрезанности берегов саями.

Река Сурхан-дарья от истока до самого устья течет в сравнительно низких берегах, не имея нигде выхода коренных пород. Поэтому создание высоконапорной плотины для зарегулирования стока на Сурхан-дарье не представляется возможным.

При использовании реки деривационными установками также необходимо сооружение плотины в весьма слабых грунтах, что может быть рентабельным лишь в условиях комплексного использования потребностей ирригации и энергетики. В связи с тем, что комплексной проработ-

ки этого вопроса не производилось, гидроэнергетическое использование низовьев Сурхан-дарьи не проработано.

В этом районе возможно говорить вполне определенно лишь об устройстве Кумкурганской ГЭС, сооружаемой на существующем Кумкурганском ирригационном канале. При расчетном расходе в $13,24 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и напоре нетто $14,86 \text{ м}$ установленная мощность этой ГЭС равна 1.400 квт.

Однако, следует упомянуть о том, что этот участок Сурхан-дарьи приобретает некоторый энергетический интерес при осуществлении переброски воды из реки Кафирниган в реку Сурхан-дарью, т. к., во-первых, оказывается возможным создать ряд установок на ирригационных каналах в связи со значительным увеличением пропускной способности и т. к., во-вторых, при увеличении расходов по самой реке не исключена возможность создания низконапорных приплотинных установок.

Схема переброски воды из р. Кафирнигана в р. Сурхан заключается в следующем: несколько выше сел. Дашты-бед на реке Кафирниган возводится перегораживающая реку плотина и головное сооружение канала. Трасса канала идет по правому берегу реки, пересекает ряд саев и оврагов реки Дюшамбинки и Ханака и примерно на 100 км у сел. Шахринау впадает в р. Каратаг.

Первая гидростанция на этом канале располагается у селения Бомбурча на $14,5 \text{ км}$ его трассы. Этой гидростанцией используется напор в 99 м . От нижнего бьефа Кафирниганской ГЭС (отметка 960) канал на протяжении 2 километров проходит по ровной местности в суглинках. Дальше, на протяжении 11 км , трасса идет у подножия адыр и по самим адырам, имея довольно извилистые очертания. На этом участке канал запроектирован с бетонной облицовкой.

Против города Янги-базара трасса, перейдя сай Семиганч акведуком на невысоких опорах, входит в долину со спокойным рельефом, по которой следует в земляном русле до 38 км у г. Сталинабада, где располагается напорный бассейн и здание станции № 2, использующей падение в 93 метра . От нижнего бьефа ГЭС № 2 канал продолжается в земляном русле. При пересечении р. Дюшамбинки устраивается дюкер, подходные участки к которому на длине 2 км бетонизируются. После перехода через Дюшамбинку трасса канала выходит в Гиссарскую долину со спокойным рельефом и идет в земляном русле.

Около сел. Шураб у р. Ханака на $66,5 \text{ км}$ трассы располагается стационарный узел ГЭС № 3, использующей падение в 42 м . Перейдя дюкером р. Ханаку, Сурхан-Кафирниганский канал вступает в верховья Сурханской долины, которую проходит по сравнительно благоприятной в отношении топографии местности, имея лишь у перевала около сел. Тоды и Наджи выемку до $10-12 \text{ м}$. На сотом километре канал впадает в р. Каратаг, по которой и осуществляется подпитывание р. Сурхана.

Напорный бассейн и здание станции ГЭС № 4 располагается на реке Каратаг близ железнодорожной станции Чептура. На этой установке оказалось возможным использовать падение в 120 м .

На всей длине своей трассы, кроме рек Варзоба и Ханака, канал пересекает 7 крупных и до 30 мелких саев, переход через которые осуществляется акведуками или нормальным руслом, с пропуском силевых вод поверх канала. На длине канала предусмотрено устройство нескольких катастрофических сбросов. Величина расчетного расхода канала в зависимости от того, какой уклон будет придан принятому варианту — чисто энергетический, чисто ирригационный или комплексный, меняется от $155 \text{ м}^3/\text{сек.}$ до $60 \text{ м}^3/\text{сек.}$ при различной степени обеспеченности. Ниже в табличной форме нами приводятся для различных вариантов основные технические параметры по отдельным ГЭС.

Наименование ГЭС	Расход 4 месячной обеспечен.	Расход 5 месячной обеспечен.	Расчетный напор нет то	Установ. мощность ГЭС при $Q =$ 155 м ³ /сек и кВт	Установ. мощность ГЭС при $Q = 80$ м ³ /сек и кВт	Ориентиро- вочная сто- им. уста- новл. квт. в руб
	энерг. вер. в м ³ /сек	компл. вер. в м ³ /сек				
ГЭС № 1	155	80	92,8	115.500	59.500	1500
ГЭС № 2	155	80	84,00	104.500	54.000	1500
ГЭС № 3	155	80	34,00	41.500	21.800	1500
ГЭС № 4	155	80	110,00	134.000	70.500	1500
Итого по каналу	155	80	320,8	395.000	205.800	1500

Как видно из этой таблицы, колебание установленных мощностей ГЭС достигает значительных размеров, и поэтому вопрос об установлении величины расчетного расхода канала является весьма серьезным и требует целого ряда предварительных подсчетов. В настоящий момент довольно затруднительно остановиться на одном из вариантов и дать вполне определенный ответ по разрешению проблемы переброски в комплексном ее виде.

Из всего вышеизложенного по характеристике ирригационных и энергетических перспектив в бассейне р. Сурхан-дарьи мы видим, что комплексно может быть разрешен только вопрос о переброске расходов из р. Кафирнигана, т. к. все остальные наметки по энергоиспользованию водных ресурсов Сурхана сосредоточены в основном на притоках этой реки, выше мест водозабора в ирригационную сеть и ни в какой мере не отражаются в ту или иную сторону на водохозяйственных перспективных мероприятиях.

Таким образом, все дальнейшие комплексные проектные проработки должны будут коснуться вопроса о подпитывании р. Сурхана из р. Кафирнигана, о наиболее технически целесообразном и экономически выгодном его разрешении и об увязке этой идеи с перспективами по ирригации. При проектировании Сурхан-Кафирниганского канала может иметь место целый ряд вариантов в разрешении вопроса о переброске: место водозабора, расчетные расходы канала на отдельных его участках, сброс части расходов в р. Дюшамбинку или р. Ханаку, уточнение трассы и т. п., не говоря о таком вопросе, как выбор источника подпитывания р. Кафирниган или р. Дюшамбинка.

Каковы же ирригационно-энергетические перспективы осуществления Сурхан-Кафирниганского канала?

В первую очередь необходимо отметить громадное значение переброски для ирригационных нужд Сурхан-Ширабадского района, т. к. эта переброска позволит довести орошаемые в этом районе площади до 214 тыс га, с введением в севооборот ныне не орошаемых площадей в низовьях Сурхана и Ширабад-дарьи в количестве до 80 тыс. га. Эти площади являются наиболее ценными по климатическим показателям, т. к. именно на них возможна культура хлопка египетских сортов и субтропических растений.

Не менее важным результатом разрешения проблемы переброски является то, что имеющиеся на данный момент схемы переустройства и нового орошения по бассейну в целом смогут осуществляться в порядке известной постепенности, имея под собой совершенно твердую базу водообеспеченности.

Последнее обстоятельство необходимо оттенить особо, т. к. без предварительной увязки всей схемы в целом приступить к тем или

иным водохозяйственным мероприятиям по району нецелесообразно, при дальнейшем уточнении отдельных компонентов схемы может выявиться неувязка между ними, необходимость перепроектировки и т. п. Имея же схему комплексного разрешения всей проблемы, можно быть гарантированным от подобных неувязок и проводить осуществление перспективных мероприятий вполне планомерно.

Десятки тысяч тонн египетского хлопка и высокоценные продукты эксплуатации плантаций субтропических культур — вот те перспективы, которые вполне достижимы в Сурхан-Ширабадском районе УзССР.

С гидроэнергетической стороны переброска воды имеет весьма значительные перспективы, т. к. по трассе Кафирниган-Сурханского канала возможно получить до 200 тысяч киловатт установленной мощности (при расчете на 5-месячную обеспеченность).

Все гидростанции расположены на территории Тадж. ССР, являясь мощным энергетическим резервом для развивающегося народного хозяйства этой республики.

Кроме того, увеличивая переброской оросительную мощность Сурхана, мы достигаем перспективной величины расходов магистральных каналов и их ветвей, увеличивая и по ним энергетические перспективы.

Таким образом, разрешение проблемы проведения Кафирниган-Сурханского канала явится крупнейшим стимулом к развитию целого комплекса ирригационно-энергетических мероприятий, в разрешении которых крайне заинтересованными являются две из основных бедующих хлопковых республик Союза — Узбекская и Таджикская.

Р. Ташкент.

При составлении очерка использованы следующие материалы:

1. Водно-энергетическая схема Ср. Азии, составленная САОГИДЭП'ом.
2. Материалы Узирстроя и схема орошения Сурханской долины.

Противонаносные мероприятия на Вахшской ирригационной системе

Введение

Вахшская ирригационная система орошает водами реки Вахш левобережные земли Вахшской долины. Головной регулятор системы расположен несколько ниже места выхода реки из Вахшского ущелья. Левый берег реки в этом месте сложен из прочного красного песчаника с известковой цементацией. Регулятор и головной участок магистрального канала высечены в этом песчанике в глубокой выемке, порядка 15 м.

На пикете 46 магистрального канала расположены перегораживающее сооружение и регулятор отходящей вправо Северной ветви. Длина Северной ветви 2,5 км. В конце Северной ветви расположены регуляторы каналов Джой-бор, Джиликуль и Кизыл и сброс в р. Вахш, образующие концевой узел сооружений. Магистральный канал ниже Северной ветви питает через Мардатсай Кафыр - Джиликульскую ветвь (рис. 1)

Первые годы эксплуатации показали, что значительная часть каналов системы заиляется и требует ежегодной очистки. Кроме того, в головной регулятор попадают крупные наносы, забрасывающие вход в регулятор и головной участок канала.

Летом 1935 г. исследовательской партией Санири, по заданию управления Вахшстроя, производилось обследование системы в отношении режима твердого стока¹. Параллельно, в Гидротехнической лаборатории Санири производились опытные исследования режима взвешенных наносов. Указанные полевые и лабораторные исследования производились с



Рис. 1. План головной участка магистрального канала и Северной ветви.

¹ Начальник партии инж. Чекулаев Г. С.

целью выработки проекта противонакосных мероприятий на системе, который и был составлен под руководством автора¹.

Настоящая работа и связанные с ней исследования производились при непосредственной консультации руководителя Гидротехнического сектора Санири А. Н. Гостунского, за что автор и выражает ему благодарность.

I. Характеристика наносов системы

Наносы Вахшской ирригационной системы можно разделить на две основные группы. Первую группу составляют наносы крупные (булыжник, галька и гравий), отложения которых не распространяются далее одного километра от головного регулятора. Вторую группу составляют наносы взвешенные, за счет которых и происходит заиливание системы.

§ 1. Донные (крупные) наносы и борьба с ними

Крупные или донные наносы, отлагаясь сейчас же за головным регулятором, из года в год накапливаются и поднимают дно головного участка магистрального канала². Удаление этих отложений чрезвычайно затруднено большой глубиной выемки этого участка канала.

Таким образом, борьба с донными наносами в верхнем бьефе головного регулятора является актуальнейшим вопросом для системы, ибо существующее положение грозит либо выводом из строя головного регулятора, либо весьма значительными ежегодными затратами на удаление наносов из глубокой выемки с высокими отвалами.

В верхнем бьефе головного регулятора ныне существуют два основных струйных винта. Первый, образуемый вследствие поворота русла реки вправо, увлекает твердый поток к правому берегу и потому благоприятен для регулятора. Второй винт образуется вследствие забора воды в регулятор, расположенный под прямым углом по отношению к стремени реки. От действия второго винта через порог регулятора перебрасываются булыги весом до 17 кг.

Мероприятия по борьбе с донными наносами должны быть направлены либо на усиление первого винта, что приведет к методам поперечной циркуляции, либо на устранение вредного действия второго винта, что приведет к переустройству головного регулятора.

Первый вариант мероприятий, в виде применения системы щитов проф. Потапова в верхнем бьефе Вахшского головного регулятора, встречает серьезные затруднения, вследствие значительных скоростей в реке, порядка до 6 м/сек. Это усложняет конструкцию щитов и, особенно, их установку, тем более, что необходимость уборки системы щитов во время ледохода и шугохода делает затраты на их установку многократными.

Кроме того, возмущающее действие направляющих щитов на поток при больших скоростях последнего не предотвратит переход части донных наносов во взвешенное состояние.

Наиболее рациональное расположение системы щитов проф. Потапова приводится на рис. 2.

¹ Схематический проект противонакосных мероприятий на Вахшской ирригационной системе составил, под руководством автора, студент Тинимсх М. П. Шахворостов в порядке дипломного проектирования.

² Объем отложений крупных наносов в головном участке магистрального канала в 1935 г. составлял 14.000 м³.

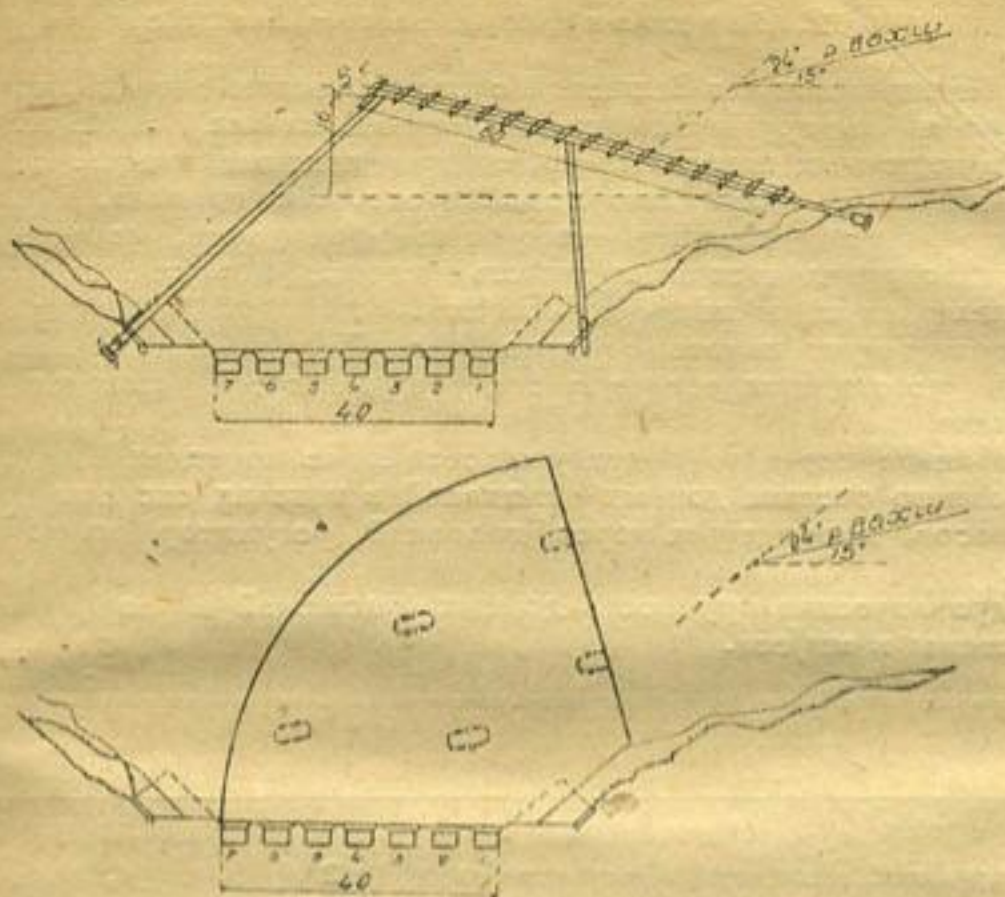


Рис. 2. Головной регулятор. Вверху — система щитов проф. Потапова. Внизу — выносной баллон Санири

Другое решение вопроса борьбы с донными наносами, методом переустройства головного регулятора, предлагается в виде легкого железобетонного балкона, выдвинутого в реку, примерно до середины стрежня потока (рис. 2). Такой балкон, отделив поверхностные струи от струй донных, устранит вредное действие струйного вихря перед порогом регулятора, ибо влекущие наносы донные струи потока пройдут под балконом, пронося с собой и твердый донный поток, в регулятор же будут заворачивать только струи, попавшие на поверхность балкона и не содержащие донных наносов.

Образование под балконом наносной пробки мало вероятно в силу наличия больших скоростей, обеспечивающих свободный пронос под балконом даже самых крупных обломков, влекомых рекой на этом ее участке.

Очертания балкона могут быть заданы траекторией струй, заворачивающих в головной регулятор, причем передняя грань балкона располагается нормально к стрежню потока, а дальний конец ее располагается на линии продолжения левого устоя регулятора. Таким образом, вынос балкона получается примерно равным 40—45 м. Опоры для балкона осуществляются в виде узких обтекаемых бычков, вытянутых по течению, дабы меньше стеснять сечение реки и не создавать условий, способствующих задержанию наносов и мусора.

Устройство такого балкона является еще более трудным, чем установка щитов проф. Потапова, но зато балкон, являясь стационарной конструкцией, не требует столь значительных ежегодных эксплуатационных расходов, как этого требуют щиты Потапова.

Окончательный выбор как метода борьбы, так и самих конструкций, желательно сделать на основании модельных испытаний, постановку которых необходимо провести в ближайшее время.

§ 2. Взвешенные (мелкие) наносы

Взвешенные наносы Вахшской системы, в свою очередь, могут быть разделены на две группы по их поведению в каналах системы. Первая группа взвешенных наносов, характеризующаяся гидравлической крупностью¹ меньше 4 мм/сек. находится в потоке, как правило, в количестве недостаточном для насыщения его этими фракциями, вследствие чего фракции с гидравлической крупностью меньше 4 мм/сек. в исследованных каналах системы почти не оседают.

Вторая группа наносов с гидравлической крупностью больше 4 мм/сек (мелкий песок) попадает в систему в излишке и, выпадая, заиляет последнюю.

Сказанное наглядно подтверждается ниже приведенными таблицами фракционного состава донных отложений в каналах системы и взвешенных наносов, проходящих через головной регулятор магистрального канала.

Гидравлическая крупность донных отложений в различных каналах системы в мм/сек.

Таблица 1

	Макс.	Мин.	Средняя
Магистральный канал ниже Северной ветви	24,7	4,4	14,5
Джаликуль-Кафырская ветвь	48	8,9	41,6
Ороситель П-5	15,4	3,9	14,1
Северная ветвь	44,2	10,6	36,0
К-д Балдай	58,0	12,4	43,9
Кизыл	46,3	12,8	40,7
Даньир-куль	24,7	4,9	14,5

Примечание. Приведена средняя гидравлическая крупность преобладающей массы или ядра наносов.

Фракционный состав взвешенных наносов в головном регуляторе (в среднем за 3 месяца) в процентах к общей мутности.

Таблица 2

Фракции	Диаметр по Сабанину в мм	Гидравл. крупность мм/сек.	Процент
I	0,25	31	1,4
II	0,25—0,05	31—2	29,7
III	0,05	2	68,9
Сумма I и II фракций			31,1

Вахшская система в отношении заиления может быть разделена на две части. Часть системы, питаемая магистральным каналом ниже

¹ Скорость падения в спокойной воде.

Северной ветви, заиляется незначительно в то время как другая ее часть, получающая питание от Северной ветви, интенсивно заиляется. Объем осевших в 1935 г. в системе наносов распределяется следующим образом:

Магистральный канал — 125.000 м³
Северная ветвь — 585.000 м³

причем площади, орошаемые Магистральным каналом и Северной ветвью одинаковы.

Выпадение наносов, наблюдаемое в части системы, питаемой Магистральным каналом, главным образом вызывается несоответствием пропускаемых расходов сечениям каналов и интенсивным зарастанием последних.

Борьба с наносами в этой части системы должна быть сведена к следующим мероприятиям:

1. Рациональная эксплуатация, пропуск расходов, нормальных для данных сечений, своевременная борьба с зарастанием и т. д.

2. Частичное уменьшение крупных фракций наносов за счет более интенсивного завлечения последних в регулятор Северной ветви, что может быть достигнуто применением методов поперечной циркуляции.

3. Переустройство в период строительства второй очереди незначительной части мелких оросителей.

С проведением указанных мероприятий вопрос об отстойнике для этой части системы ставится под сомнение.

Вторая часть системы, питаемая Северной ветвью, заиляется, главным образом благодаря постоянному пересыщению наносами, что объясняется условиями водозабора в Северную ветвь и из нее.

Регулятор Северной ветви расположен под углом в 90° к оси Магистрального канала, благодаря чему он забирает большую часть наносов крупных фракций, успевающих на предыдущем тракте опуститься в придонные слои потока. Наличие постоянного и шандорного порогов в перегораживающем сооружении помогает этой неравномерности деления твердого расхода.

Боковое расположение регуляторов и лобовое расположение постоянно действующего сбросного сооружения, в концевом узле Северной ветви, также увеличивает концентрацию наносов в этой части системы опять за счет крупных фракций. Содержание крупных фракций по к. Джойбор доходит до 59% от общей мутности.

Таким образом, система Джойбора и Джиликуля, обладающая значительными уклонами, все же не может пронести попадающих в нее мутностей с ненормальным фракционным составом. Вследствие выказанного необходимость устройства отстойника для системы Джойбора и Джиликуля очевидна.

Нижеприведенная таблица 3 показывает рост мутности Джойбора по отношению к мутности головного регулятора.

Таблица 3

Дата		19/VI	20/VI	22/VI	23/VI	24/VI	25/VI	1/VII	14/VII	16/VII	25/VII	29/VII
Мутность гр./л.	Регулятор	2,94	3,49	7,14	7,02	3,44	3,24	3,80	5,18	5,63	3,77	3,36
	Джойбор	4,51	5,43	11,70	7,99	10,40	6,33	7,86	8,0	10,89	6,82	6,11

II. Метод расчета и расчетные величины

Целью устройства ирригационных отстойников является освобождение потока от избыточного количества взвешенных наносов, превышающего транспортирующую способность ирригационной сети.

Таким образом, для расчета отстойников необходимо знать, с одной стороны законы выпадения наносов в пересыщенном потоке и, с другой стороны, критическую незаилающую мутность каналов ирригационной системы, для которой устраивается отстойник. Методов расчета ирригационных отстойников, основанных на указанных принципах, до настоящего времени нет.

Для расчета отстойников гидросиловых установок, устраиваемых с целью осаждения крупных фракций песка (обычно крупнее 0,25—0,40 мм, гидравлическая крупность по Риттингеру 31—43 мм/сек.) применяется следующий метод.

Считается, что частицы падают в текущей воде со скоростью, равной скорости падения в спокойной воде, за вычетом «вертикальной» составляющей потока, значение которой берется равным от $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{7}$ средней скорости потока.

Для частиц крупнее 0,25—0,40 мм (31—43 мм/сек.) скорости в отстойниках получаются порядка 0,25 м/сек. Этот метод вообще вызывает сомнение в виду того, что вертикальная составляющая скорости потока имеет как восходящее, так и нисходящее направления.

Не вдаваясь в дальнейшую критику этого метода, ограничимся указанием на трудность применения его в рассматриваемом случае.

Для осаждения мелкого песка со средней гидравлической крупностью, равной 10 мм/сек., потребовались бы скорости в отстойнике менее 5—10 см/сек. а для осаждения более мелких наносов, типа низовьев Аму-дарьи, потребовались бы скорости в отстойнике менее 1 см/сек. Между тем, известно, что в пересыщенных наносами потоках происходит интенсивное выпадение наносов при скоростях гораздо больших.

Расчет отстойника произведен нами по методу, предложенному А. Н. Гостунским и излагаемому ниже.

§ 3. Динамика мутности

При расчетах ирригационных отстойников, а также во всех вопросах, связанных с заилением, приходится оперировать с понятием критической мутности, т.е. мутности, которая при неизменяющихся элементах потока устанавливается в нем при достаточной длине, зависящей от элементов потока.

Повидимому, можно предполагать, что существуют две критические мутности, как два предела двух противоположных процессов. Первая — критическая мутность, как предел, к которому стремится поток от пересыщенного состояния. Эту мутность назовем критической незаилающей. Вторая — критическая мутность, к которой стремится недосыщенный поток. Эту мутность назовем критической неразмывающей мутностью.

Дать соотношение между этими двумя мутностями в настоящее время не представляется возможным, можно только полагать, что незаилающая — больше неразмывающей. Рассмотрим некоторый турбулентный отсек воды, ограниченный вертикальной цилиндрической поверхностью, с площадью основания F и глубиной h , имеющий в некоторый момент времени t , вследствие наличия в воде взвешенных частиц, с гидравлической крупностью u м/с, мутность ρ кг/м³ (рис. 3).

Если рассматриваемый отсек находится в покое, то за время dt количество выпавших наносов было бы:

$$\rho F u dt \text{ кг.}$$

Турбулентное состояние, в котором находится отсек, связано с существованием некоторой критической мутности ρ_k , при которой выпадения наносов не происходит. Представим себе фактическую мутность ρ состоящей из двух слагаемых:

$$\rho = \rho_k + (\rho - \rho_k)$$

Первое слагаемое выпадения не дает. Вследствие этого можно положить, что процесс изменения мутности в рассматриваемом турбулентном отсеке происходит под действием второго слагаемого $\rho - \rho_k$. Таким образом, количество выпавших наносов за время dt для рассматриваемого отсека будет равно $(\rho - \rho_k) F u dt$ кг.

Изменение мутности $d\rho$ за это же время получим, если отнесем выпавшее количество наносов к объему отсека

$$-d\rho = \frac{\rho - \rho_k}{Fh} F u dt = \frac{\rho - \rho_k}{h} u dt$$

Интегрируя это уравнение, имеем

$$-\ln(\rho - \rho_k) = \frac{ut}{h} + C$$

Для определения постоянной, положим, что в начале счета времени, т.е. при $t=0$ мутность имела некоторое начальное значение ρ_0 .

Таким образом

$$-\ln(\rho_0 - \rho_k) = C$$

Подставляя это значение C , имеем

$$-\ln(\rho - \rho_k) = \frac{ut}{h} - \ln(\rho_0 - \rho_k)$$

или

$$\ln\left(\frac{\rho - \rho_k}{\rho_0 - \rho_k}\right) = -\frac{ut}{h}$$

или

$$\frac{\rho - \rho_k}{\rho_0 - \rho_k} = e^{-\frac{ut}{h}}$$

откуда

$$\rho = \rho_k + (\rho_0 - \rho_k) e^{-\frac{ut}{h}} \quad (1)$$

Если рассматриваемый отсек принадлежит к потоку, имеющему среднюю скорость v , то имеем

$$t = \frac{x}{v} \quad (2)$$

где x — длина пути, пройденного отсеком за время t .

Подставляя значение t в (1), получим

$$\rho = \rho_k + (\rho_0 - \rho_k) e^{-\frac{ux}{hv}} \quad (3)$$

или заменяя hv через погонный расход q , получим

$$\rho = \rho_k + (\rho_0 - \rho_k) e^{-\frac{ux}{q}} \quad (4)$$

Это уравнение дает возможность определить длину отстойника в зависимости от его гидравлических элементов (определяющих также и критическую мутность) и величины u .

Величина u при однородном составе наносов рассматривается как скорость падения частиц в турбулентной среде и есть функция крупно

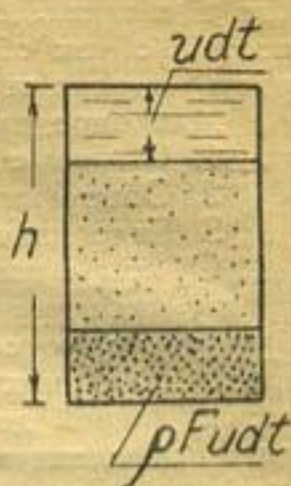


Рис. 3.

сти последних. Для наносов же, представляющих смесь различных крупностей, с чем обычно и приходится иметь дело, величина u есть скорость падения частиц некоторой средней крупности.

Для определения величины u нами использованы следующие данные:

1. Опыты с наносами в лаборатории Санири.
2. Опыты инж. Гостунского на мелкой сети в Голодной степи в 1932 г.
3. Гидравлические исследования Чимбайской системы в 1932 г.

Опыты с наносами, проведенные в Санири в двух параллельных установках в циркуляторе, представляющем попытку создания модели турбулентного отсека с системой восходящих и нисходящих токов (рис. 4), и циркуляционном лотке, представляющем бетонированный лоток длиной до 80 м, шириной 0,5 м и глубиной до 0,70 м, подтвердили приведенную выше динамику мутности. Иллюстрацией этому служат изображенные на рис. 4 кривые мутности

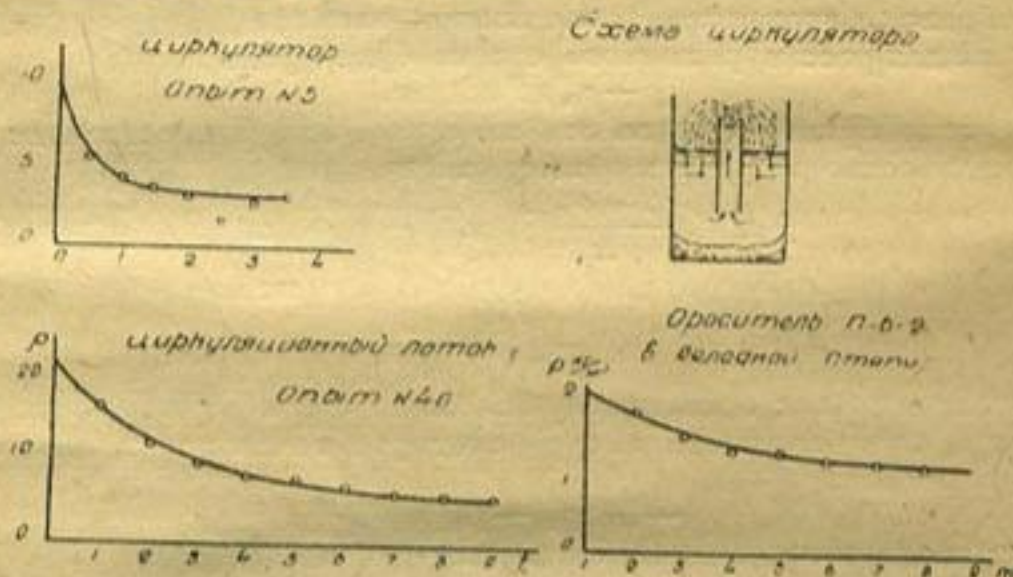


Рис. 4. Динамика мутности в опытах и теоретические кривые мутности. Схема циркуляра

Среднее значение u по опытам в циркуляторе с лессом, взятым с территории Института, получилось равным $0,000185$ м/сек.

Опыты А. Н. Гостунского на мелкой сети в Голодной степи в 1932 г. выявили динамику мутности искусственно пересыщенного потока.

На рис. 4 приведена также динамика мутности по длине в одном из голодностепских оросителей.

Среднее значение u по опытам на шести оросителях получилось равным $0,00017$ при незначительном отклонении отдельных значений.

По материалам гидравлических исследований Чимбайской системы удалось выявить динамику пересыщенной мутности по четырем наблюдениям. Среднее значение u по чимбайским исследованиям оказалось равным $0,00015$.

Таким образом, имеем для u следующие значения:

1. Опыты в циркуляторе — $0,000185$
2. Голодностепские исследования — $0,00017$
3. Чимбайские исследования — $0,00015$

Среднее $0,00016$ м/сек.

Гидравлическая крупность, равная $0,00016$ м/сек., соответствует диаметру частиц (по Хазену) $d = 0,011$ мм. Это значение совпадает с крупностью преобладающей массы наносов во всех вышеприведенных исследованиях.

Вопрос о том, можно ли для смеси наносов иного фракционного состава принять значение u равным крупности преобладающей массы наносов или, например, равным средне-взвешенной гидравлической крупности смеси, еще нельзя считать разрешенным и требует дальнейшего уточнения.

Для данного проекта величина u определена на основании сведенных в таблицу 5 опытов в циркуляторе лаборатории Санири, показавших, что значение u в формуле (4) растет с возрастанием крупности наносов, но растет медленнее роста последней. Определить эту зависимость пока не представляется возможным. Предварительно, и весьма условно, можно считать, что

$$u = 0,4 \sqrt{s} \text{ мм/сек.}$$

где s мм/сек — средне-взвешенная гидравлическая крупность смеси.

Таблица 5

№№ п/п	№№ опы- тов	Наименование материалов	Гидравли- ческ. крупн. ядра м/сек.	u м/сек.	ρ_k кг/м ³
1	7	Саларский песок	0,0300	0,00256	4,34
2	31	Репетекский песок	0,0183	0,00204	2,10
3	33	„ „	0,0276	0,00208	2,04
4	26—в	Лесс	0,0005	0,000737	10,85

Приведенные в таблице 5 значения u , вычисленные по опытам с мелким песком, дают основание принять, в частности, для расчета вахских отстойников значение ее равным 0,002.

§ 4. Критическая незаилающая мутность

Для определения критической незаилающей мутности использованы материалы вахской экспедиции Санири в 1936 г. и данные опытов с наносами в лаборатории Санири в 1935 г., а также материалы гидравлических исследований по Южному Хорезму в 1930 г., Чимбаю — в 1932 г. и голодноостепские исследования по мелкой сети инж. Гостунского в 1932 г.

В результате опытов с лессом в циркуляторе лаборатории предварительно установлена следующая зависимость между критической мутностью, скоростью и глубиной $\rho_k = \beta \frac{v^{3/2}}{h^\alpha}$ (5)

где α от 1 до $7/8$.

Решая относительно скорости, получим:

$$v = \left(\frac{\rho_k h^\alpha}{\beta} \right)^{2/3} = \left(\frac{\rho_k}{\beta} \right)^{2/3} h^{2/3\alpha} \quad v = \left(\frac{\rho_k}{\beta} \right)^{2/3} h^{2/3\alpha} \quad (6)$$

Значение $2/3\alpha$ может быть равно от 0,66 до 0,77.

Сравнивая с ф-лой Кеннеди

$$v = kh^{0,64} \quad (7)$$

видим близкое совпадение зависимости скорости от глубины для каналов с одинаковыми взвешивающими свойствами.

По материалам хорезмских, чимбайских и голодноостепских исследований специалистом Санири Г. С. Чекулаевым получена следующая

зависимость критической незаилающей мутности от элементов потока

$$\rho_{\text{к}} = \alpha \sqrt{v R i} \quad (8)$$

где v — средняя скорость потока в м/сек;

R — гидравлический радиус в м; i — уклон.

Эта формула может быть приведена к виду

$$\rho_{\text{к}} = \frac{\alpha v^{3/2}}{C} \quad (9)$$

где C — коэффициент Шези.

Как видим, степень зависимости $\rho_{\text{к}}$ от скорости совпадает с зависимостью, установленной опытами.

Для смеси наносов, характеризующихся таблицей 7, по которой среднее значение гидравлической крупности наносов равно 0,00016, значение коэффициента $\alpha = 450$.

Для наносов иного фракционного состава коэффициент, очевидно, будет другим.

Для вахшских наносов коэффициент α нами определен по данным опытов в лаборатории Санири и материалам вахшской экспедиции Санири в 1935 г.

В результате специально проведенных опытов с песком для диапазона гидравлической крупности от 0,1 до 30 мм/сек. (см. таблицу 8) предварительно получена зависимость критической мутности от гидравлической крупности наносов в виде

$$\rho_{\text{кр}} = \frac{p}{\sqrt{c}} \quad (10)$$

$$\text{или считая, что падение частиц следует закону Стокса } \left[\rho_{\text{кр}} = \frac{q}{d} \right] \quad (11)$$

где d — диаметр частиц; p и q — постоянные коэффициенты.

Таким образом, можно написать, что для наносов с гидравлической крупностью c мм/сек. выражение (8) имеет вид:

$$\rho_{\text{к}} = \sqrt{\frac{450}{c}} \sqrt{v R i} = \frac{180}{\sqrt{c}} \sqrt{v R i}$$

или

$$\alpha = \frac{180}{\sqrt{c}} \quad (12)$$

Выше было показано, что в каналах Вахшской системы осаждаются только наносы с гидравлической крупностью больше 4 мм/сек. Следовательно, проектирование отстойника следует вести без учета более мелких, проносящихся на поля фракций.

Наличие в мутности потока мелких фракций будет одинаково сказываться на выпадении крупных фракций как в отстойнике, так и в каналах системы.

Среднюю гидравлическую крупность подлежащих осаждению наносов можно задать по средней крупности донных отложений на характерных оросителях системы.

Как видно из таблицы 1, наименьшую гидравлическую крупность ядра донных отложений можно принять равной 14,5 мм/сек. Следовательно, средняя гидравлическая крупность подлежащих осаждению наносов для системы Джойбора и Жиликуля может быть принята с запасом $c = 10,0$ мм/сек.

Значение коэффициента в выражении (8) при этом:

$$\alpha = \frac{180}{\sqrt{10}} = 57$$

По данным Вахшской экспедиции во время опытной промывки Северной ветви 19/IX 1935 г. в конце ее установилась средняя мутность $2,9 \text{ кг/м}^3$, из коих фракций, подлежащих осаждению, $2,14 \text{ кг/м}^3$ (73,6%). Эту мутность можно принять за критическую неразмывающую.

Если положить, что соотношение между критической неразмывающей мутностью $\rho_{кр}$ и критической-незаиляющей мутностью ρ_k , подобно соотношению между скоростью, при которой донные наносы останавливаются, и скоростью, при которой они начинают двигаться, то получим:

$$\rho_k = \psi \rho_{кр}$$

где ψ от 1,2 до 1,3

Таким образом, критическая незаиляющая мутность для промывавшихся фракций наносов равна

$$\rho_{кр} = 1,25 \times 2,14 = 2,7 \text{ кг/м}^3.$$

и коэффициент α найдется из выражения

$$\alpha = \frac{\rho_k}{\sqrt{vRi}}$$

Средне-участковые значения v , R и i , измеренные одновременно с измерением мутности, выражаются величинами $v=1,70$; $R=1,32$; $i=0,00094$.

Подставляя эти значения, получим

$$\alpha = \frac{2,70}{\sqrt{1,70 \times 1,32 \times 0,00094}} \approx 59$$

Приведенные соображения дают основание принять для расчета отстойника зависимость критической незаиляющей мутности от элементов потока в виде

$$\rho_k = 60 \sqrt{vRi} \dots \dots \dots (13)$$

Фракционный состав наносов в низовьях р. Аму-дарьи

Таблица 7

Об'екты	Относительная мутность					Примечание
	в мг/м ³	процент по фракциям				
		I >0,25 мм	II 0,25—0,05 мм	III 0,05—0,01 мм	IV <0,01 мм	
Аму-дарья	3,9	0	7	21	72	1932 г.
Южный Хорезм						
Сава	2,5	0	9	30	61	1930 г.
Магист. каналы	3,4	0	8	20	72	
Распределители	3,2	0	10	26	64	
Чимбайский р-н						
Магистралы	4	0	5	25	70	
Распределители	4,38	0	3	20	77	1932 г.
Мелкая сеть	2,98	0	3	20	77	
Опыты с моделью Кунадарьинского отстойника	—	0	3	23	74	1 серия
Санири 1932 г.	—	0	1	13	86	2 серия

Гидравлическая крупность наносов и критическая незаилающая мутность по опытам в циркуляторе

Таблица 8

№№ п/п.	с мм/сек.	$\rho_{кр}$ кг/м ³
1	0,10	32,2
2	0,50	26,8
3	18,3	2,13

§ 5. Расчетные величины

Мутность, выпускаемая из отстойника ρ

Подставляя в полученную формулу парциальной критической мутности элементы типовых оросителей, получим их транспортирующую способность по заданным к отстаиванию фракциям наносов (таблица 9).

Таблица 9

Канал	Дата	$\rho_{общ}$ кг/м ³	Q м ³ /сек	v м/сек	R м		$\rho_{кр} = \frac{60Q}{vR}$
Даньяр-	20/VI	3,95	1,078	0,606	0,454	0,000603	0,773
Куль	31/VII	3,70	0,405	0,537	0,374	0,000453	0,573
	17/VIII	6,38	0,557	0,392	0,37	0,000547	0,535
Кизыл	13/VI	2,66	3,677	1,389	0,534	0,000682	1,35
	20/VI	2,98	3,786	0,806	0,707	0,000639	1,15
	29/VI	2,54	2,653	0,566	0,768	0,000769	1,10
	15/VIII	7,23	2,704	0,716	0,589	0,000912	1,18
Балдай	8/VI	3,82	2,364	0,874	0,454	0,000534	0,874
	20/VI	3,06	1,304	0,614	0,375	0,000572	0,69
	29/VI	2,65	2,106	0,574	0,591	0,000547	0,82
	25/VIII	2,84	2,772	0,735	0,574	0,000627	0,98
Иалтын	20/VI	4,66	3,119	0,817	0,732	0,00101	1,48
	29/VI	2,55	2,835	0,885	0,661	0,000996	1,45
	19/VIII	6,47	2,36	0,735	0,632	0,000953	1,26
	23/VII	—	0,271	0,345	0,328	0,0004	0,405
	7/VIII	—	0,382	0,393	0,365	0,000433	0,485

Последний ороситель относится к части Вахшеской системы, питаемой магистральным каналом ниже Северной ветви.

За нормальные расходы этих каналов следует считать большие из приведенных значений Q.

На основании таблицы 9 значение парциальной мутности, выпускаемой из отстойника, с учетом концентрации за счет потерь воды на фильтрацию принято равным

$$\rho = 0,5 \text{ кг/м}^3$$

Фракционный анализ взвешенных наносов в конце наиболее заиляемого канала Даңьяр-куль, приведенный в таблице 10, не противоречит принятому значению ρ .

Таблица 10

Д а т а	Общая в кг/м ³	Фракция в кг/м ³		
		I 0,25 мм	II 0,25—0,05	III 0,05
13/VI	2,5	0,004	0,57	1,926
20/VI	3,95	0,0068	1,38	2,57
31/VII	3,70	0,00416	0,0485	3,65
17/VIII	6,38	—	0,613	5,77
Среднее		0,005	0,65	

Мутность, входящая в отстойник ρ_0

За исходные данные для определения мутности, входящей в отстойник, принята мутность в головном регуляторе за 1935 год.

По предварительным данным, содержание фракций, подлежащих осаждению в отстойнике, по головному регулятору магистрального канала составляет примерно 25% от общей мутности. При максимальной наблюдаемой мутности в головном регуляторе за 1935 г. в 10 кг/м³, это составляет около 2,5 кг/м³.

При расходе магистрального канала $Q = 150$ м³/сек., соответствующем второй очереди, и заборе в отстойник максимального расхода $Q = 50$ м³/сек. можно допустить, что вследствие бокового водозабора и применения щитов проф. Потапова в отстойник попадут все наносы указанных фракций.

Тогда парциальная начальная мутность в отстойнике

$$\rho_0 = \frac{2,5 \times 150}{50} = 7,5 \text{ кг/м}^3$$

При средней максимальной мутности в головном регуляторе в 6 кг/м³ (данные 1935 г.) парциальная мутность в нем равна

$$6 \times 0,25 = 1,5 \text{ кг/м}^3$$

и начальная мутность отстойника

$$\rho_0 = \frac{1,5 \times 150}{50} = 4,5 \text{ кг/м}^3$$

Для существующего режима системы начальную мутность отстойника можно найти по материалам экспедиции Санири в 1935 году.

По этим материалам превышение мутности в голове Джойбора над мутностью в головном регуляторе магистрального канала доходит до 250%.

В среднем по тридцати наблюдениям мутности в голове Джойбора на 50% больше мутностей в головном регуляторе.

Полагая, что прирост мутности происходит за счет крупных фракций, засасываемых регулятором Северной ветви, получим, что количество крупных фракций, составляющее в головном регуляторе 25% общей мутности, в голове Джойбора достигает 50%.

При средне-максимальной мутности Джойбора в 9,0 кг/м³ можно считать, что начальная мутность отстойника будет:

$$\rho_0 = 9 \times 0,5 = 4,5 \text{ кг/м}^3$$



Для расчета отстойника принимаем худший случай, т.е.

$$\rho_0 = 7,5 \text{ кг/м}^3$$

Уклон. Уклон дна отстойника принят равным уклону дна, установившемуся после промывки Северной ветви 19/IX 1935 г.

$$i = 0,001$$

Этот же уклон получается из условия сопряжения горизонта воды при промывке с горизонтом высоких вод в р. Вахш в месте сброса.

III. Расчет отстойника

§ 6. Отстаивание

Расчет отстойника производится при помощи следующих двух зависимостей: динамики мутности в пересыщенном потоке

$$\rho = \rho_n + (\rho_0 - \rho_n) e^{-\frac{u x}{v}} \dots \dots \dots (4)$$

и критической мутности

$$\rho_n = \alpha \sqrt{v R i} \dots \dots \dots (8)$$

Решая выражение (4) относительно длины отстойника x , получим

$$x = \frac{q}{u l g e} \lg \left(\frac{\rho_0 - \rho_n}{\rho - \rho_n} \right) \dots \dots \dots (14)$$

или

$$x = \frac{Q}{u l g e B} \lg \left(\frac{\rho_0 - \rho_n}{\rho - \rho_n} \right) \dots \dots \dots (14)$$

где B — ширина отстойника по верху (в метрах).

Подставляя известные величины, полученные выше (гл. II) имеем

$$x = \frac{Q}{0,002 \times 0,434 B} \lg \left(\frac{7,5 - \rho_n}{0,5 - \rho_n} \right)$$

или

$$x = 1150 \frac{Q}{B} \lg \left(\frac{7,5 - \rho_n}{0,5 - \rho_n} \right) \dots \dots \dots (a)$$

Критическая мутность по уравнению (8) может быть представлена как функция расхода Q смоченного периметра χ и площади живого сечения ω

$$\rho_n = \alpha V^{\frac{1}{2}} \frac{v}{C} = \alpha V^{\frac{1}{2}} \frac{n}{R^{\frac{1}{2}}} = \alpha_n' Q^{\frac{1}{2}} \frac{\chi^{\frac{1}{2}}}{\omega^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (15)$$

Здесь n — коэффициент шероховатости по Маннингу, который по материалам Вахшской экспедиции Санири 1935 г. для больших каналов системы равен 0,02.

Подставляя в формулу (15) известные величины, получим

$$\rho_n = 60 \times 0,02 \times Q^{\frac{1}{2}} \frac{\chi^{\frac{1}{2}}}{\omega^{\frac{1}{2}}}$$

или

$$\rho_n = 1,2 Q^{\frac{1}{2}} \frac{\chi^{\frac{1}{2}}}{\omega^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (6)$$

Задаваясь шириной и глубиной отстойника и решая уравнения (14) и (15), или (а) и (б), можно получить ряд решений, удовлетворяющих заданным условиям.

Подставив значение ρ_k из (15) в (14), получим

$$x = \frac{Q}{ulgeB} \lg \frac{\rho_0 - \alpha n Q \frac{\chi^{1/2}}{\omega^{3/2}}}{\rho - \alpha n Q \frac{\chi^{1/2}}{\omega^{3/2}}}$$

или

$$x = A \frac{1}{B} \lg \frac{\rho_0 - D \frac{\chi^{1/2}}{\omega^{3/2}}}{\rho - \alpha n Q \frac{\chi^{1/2}}{\omega^{3/2}}} \dots \dots \dots (16)$$

где А и D — постоянные в каждом данном случае величины.

Объем отстойника

$$V \approx xhB$$

или

$$V = Ah \lg \frac{\rho_0 - D \frac{\chi^{1/2}}{\omega^{3/2}}}{\rho - \alpha n Q \frac{\chi^{1/2}}{\omega^{3/2}}} \dots \dots \dots (17)$$

Рассмотрение уравнения (17) показывает, что объем отстойника уменьшается с уменьшением глубины h и с увеличением ширины B. При постоянной глубине ширина отстойника должна быть больше критического значения $B < B_k$, которое получается из условия $\rho < \rho''$. . . (18)

Вахшский отстойник проходит целиком в выемке; таким образом, уменьшение объема отстойника обуславливает также уменьшение стоимости.

Однако, уменьшение глубины и увеличение ширины не может быть беспредельным. Для равномерного распределения скоростей в отстойнике и во избежание блуждания потока при отстаивании должно быть обеспечено плавное сопряжение головного и концевого участков и отстойник должен быть не слишком широким и мелким. Далее, для обеспечения удовлетворительной промывки, при данном промывном расходе отстойник также не должен быть слишком широким.

В вахшских условиях при заданном промывном уклоне промывка ухудшается с увеличением ширины. Действительно, если считать по Шокличу, то имеем для секундного расхода наносов, при данной крупности, выражение:

$$Q_1 = A j^{0.12} (Q - Q_0) \text{ кг/сек.}$$

где Q_1 — расход наносов в кг/сек;

A — постоянный коэффициент;

Q — промывной расход;

Q_0 — расход, при котором начинается движение наносов, при

чем $Q_0 = \frac{0,00002d}{i^{1/2} B}$

При заданном уклоне с увеличением ширины расход наносов уменьшается.

Далее можно считать, что промывка будет происходить равномерно по всему сечению, если соотношения элементов потока при промывке соответствуют таковым же соотношениям для устойчивых естественных русел.

Для таких русел известны следующие уравнения.

По Лассею
$$B = 5 \sqrt{Q}$$

где B — ширина русла (по верху) в метрах;

Q — расход русла в м³/сек.

По Глушкову
$$B^{0,5} = Kh_c$$

где B — имеет то же значение;

K — коэффициент; для песчаного грунта $K = 2,75$;

K — коэффициент; для мелко-песчаного, легко размываемого $K = 5,5$;

h_c — средняя глубина русла.

Наиболее решающим из всех вышеприведенных условий в данном случае является обеспечение удовлетворительной промывки отстойника, так как освобождение отстойника от наносов путем промывки делает проект наиболее эффективным.

С учетом приведенных выше замечаний глубина отстойника принята равной 4 м; длина его, в связи со стремлением использовать всю длину Северной ветви, принята, за вычетом сопрягающих участков, равной 2.100 метров.

Для основного третьего варианта расчетный расход одной секции при отстаивании

$$Q = 34 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пользуясь уравнениями (а) и (б), составляется таблица II, из которой следует, что при длине 2.100 м и глубине 4,0 м (откосы одиночные) ширина поверху B должна быть равной 26,7 м.

Таблица II

B м	h м	ω м ²	$\omega^{2/3}$	χ м	$\chi^{1/3}$	$\rho_{кр}$ кг/м ³	x м	ωx тыс. куб м
24	4,0	80	1490	27,32	1,74	0,278	2480	199
26	4,0	88	1740	29,32	1,755	0,240	2180	192
26,7	4,0	90,8	1830	30,02	1,765	0,231	2100	191
28	4,0	96,0	2010	31,32	1,78	0,211	1970	189
30	4,0	104,0	2300	33,32	1,795	0,186	1790	186

Прочие элементы при отстаивании:

скорость $v = 0,974$ м/сек.;

гидр. радиус $R = 3,3$ м;

уклон $i = 0,000013$.

Ширина отстойника принята везде одинаковой и равна 26,7 м. Уклон дна принят, как указано выше в гл. II, равным 0,001. Таким образом,

фактическая глубина отстойника увеличивается с 4 м до 6,1 м; вместе с глубиной, с сохранением одиночного внутреннего откоса, уменьшается ширина по низу от 18,7 м до 14,5 м.

§ 7. Промывка

Имеющиеся в литературе опытные данные и эмпирические формулы не дают возможности определить расход донных наносов при промывке отстойника и необходимое время промывки.

Существующие эмпирические зависимости получены из опытов с крупными наносами. Например, приведенная выше формула Шоклича получена в результате опытов с наносами крупнее 3 миллиметров.

Поэтому экспедицией Санири в Вахшстрое была произведена опытная промывка отложений наносов на Северной ветке путем открытия сбросного отверстия. Промывка происходила при следующих данных:

Промывной расход $Q = 28,8 \text{ м}^3/\text{сек.}$;

ширина потока наверху $B = 11,3 \text{ м.}$

погонный расход $Q_l = 2,54 \text{ м}^3/\text{сек. на пог. м.}$

уклон дна, установившийся после промывки $i = 0,001$, при чем в течение промывки уклон изменялся незначительно;

общая длительность промывки 35 часов. $T_{\text{пр}}$

Крупность наносов приведена выше в таблице 1. Интенсивность промывки характеризуется следующей табличкой расхода наносов на единицу ширины q_l по времени.

Время промывки часов	0—3 ч.	3—23 ч.	23—35 ч.
Длительность часов	3 ч.	20 ч.	12 ч.
Погонный расход наносов q_l кг/сек	33,2	21,6	1,06

При этом не учитывались взвешенные наносы; средняя мутность взвешенных наносов была равна $2,9 \text{ кг/м}^3$.

Если отбросить последние 12 часов, во время которых расход наносов был весьма мал, то в среднем за 23 часа промывки твердый расход будет равен $23,1 \text{ кг/сек.}$, что составляет

$$\frac{23,1}{2,56} = 9 \text{ кг на куб. метр воды.}$$

Принятый в отстойнике уклон дна, равный полученному при промывке, дает основание полагать, что промывка в отстойнике будет происходить с той же интенсивностью, что и во время опытной промывки.

Тогда, при наличии двух секций, можно определить потребный промывной расход. Действительно, приняв промывной период на 10 % меньше периода отстаивания (считая, что 10 % времени уйдет на операции со щитами, наполнение одной и спуск воды из другой камеры)

имеем:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{от}}}{0,90} \frac{\rho_{\text{от}}}{\rho_{\text{пр}}}$$

Здесь $Q_{\text{пр}}$ — промывной расход;

$Q_{\text{от}}$ — расход при отстаивании;

$\rho_{\text{от}}$ — отстаиваемая мутность

$$\rho_{\text{от}} = \rho_0 - \rho$$

$\rho_{\text{пр}}$ — мутность при промывке, как выше показано

$$\rho_{\text{пр}} = 9 \text{ кг/сек. м}^3$$

При средне-максимальной мутности, имеем

$$\rho_{от} = 4,5 - 0,5 = 4,0 \text{ кг/сек.}$$

$$Q_{пр} = \frac{34}{0,9} \frac{4,0}{9,0} = 16,8 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

При сохранении же промывного расхода 30 м³/сек. соответственно сократится время промывки.

По ориентировочным подсчетам период отстаивания без заметного ухудшения работы отстойника может быть несколько более двух суток — при $\rho_0 = 7,5$ кг/сек. и около четырех суток при $\rho_0 = 4,5$ кг/сек. Объем заиливания в отстойнике при этом будет приблизительно равен 35000 м³.

Произведем проверку ширины потока в отстойнике при промывке по формуле Лассея для устойчивого естественного русла.

При $Q = 30$ м³/сек. имеем:

$$B = 5\sqrt{30} = 27,4 \text{ м.}$$

При $Q = 16,8$ м³/сек. имеем:

$$B = 5\sqrt{16,8} = 20,5 \text{ м} > 18,7 \text{ м.}$$

§ 8. Улавливающая способность отстойника

Ниже приводится примерный подсчет количества задерживаемых отстойником песчаных фракций наносов по осредненным данным 1935 г.

Месяцы	ρ_0 кг/м ³	$\rho_0 - \rho$ кг/м ³	ΣQ тыс. м ³	$(\rho_0 - \rho) \Sigma Q$ м ³
Апрель	1,20	0,7	69.008	36.000
Май	2,10	1,6	85.609	101.000
Июнь	3,30	2,80	86.551	180.000
Июль	3,40	2,90	101.031	217.000
Август	3,10	2,60	88.256	170.000
Сентябрь				30.000
Итого	1,20	0,70	58.603	734.000

Подсчеты относятся к существующему режиму системы.

§ 9. Описание вариантов отстойника

Для отстойника использована Северная ветвь¹ с соответствующим ее расширением и переустройством сооружений¹. Очистка такого отстойника легко осуществима промывкой через концевой сброс.

Запроектировано три варианта отстойного тракта. Все три уложены в существующую длину Северной ветви.

Переход от ширины отверстия сооружения к ширине отстойника осуществляется сопрягающими участками с раствором не более 10 % во всех трех вариантах.

Первый вариант запроектирован на пропуск форсированного расхода 50 м³/сек. через одну секцию с шириной зеркала 40 м и глубиной наполнения от 4 метров в начале до 6 метров в конце отстойника.

¹ Использование Северной ветви для отстойника принято по предложению инженера Вахшестроя Запрометова.

Тогда, в случае прохождения максимальной возможной мутности
 $\rho_0 = 7,5 \text{ кг/сек}$ имеем
 $\rho_{от} = 7,5 - 0,5 = 7 \text{ кг/сек.}$

$$Q_{ир} = \frac{34}{0,9} \frac{7}{9} = 29,4 \text{ м}^3/\text{сек.} = 30 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Входное сооружение при этом варианте остается прежним, и головной узел дополнительно оборудуется только системой направляющих щитов проф. Потапова для усиления завлечения придонных наносов в регулятор отстойника. Выходной узел переустраивается с сохранением существующих регуляторов Джойбора, Джиликуля и Кизыла.

Сбросное сооружение заглубляется на 1,25 метра с увеличением ширины отверстия. Необходимость расширения сбросного сооружения обуславливается промывным режимом отстойника.

Основным недостатком этого варианта является прерывистая подача воды в систему вследствие частых и долговременных промывок отстойника.

Второй вариант запроектирован на пропуск форсированного расхода 50 м³/сек. через две одинаковые секции, с шириной зеркала 17,5 м в каждой. Глубина наполнения меняется от четырех метров в начале до 6 метров в конце отстойника. Секции разделены дамбой с шириной поверху в 4 метра. Дамбы как наружные, так и внутренние горизонтальны с отметкой 474,46.

Входное сооружение этого варианта запроектировано двумя, отдельно стоящими регуляторами, одним из которых является существующий регулятор Северной ветви. Выходной узел сооружений в этом варианте переустраивается также с сохранением регуляторов Джойбора, Джиликуля и Кизыла. Сбросное сооружение заглубляется на 1,25 м. Отверстие его расширяется вдвое против существующего с разделением на 2 пролета, перекрытых плоскими щитами.

На уровне порогов Джойбора и Джиликуля устраивается железобетонная плита, разделяющая сооружение на два этажа. Верхний этаж, общий для обеих секций, служит водоприемником, нижний же разделен на две части бетонной стенкой, представляющей продолжение межсекционной дамбы, и выполняет роль промывных отверстий. Щиты промывных отверстий устанавливаются в начале камер таким образом, что могут обслуживать и верхний этаж сооружения, закрывая последний при открывании промывных камер.

Описанное сооружение дает возможность производить промывку одной секции, в то время как вторая секция продолжает подавать воду в систему. В этом варианте прерывистость подачи воды в систему, обусловленная промывками отстойника, значительно смягчается, так как в периоды промывок подача воды в систему не прекращается, как в первом варианте, а только снижается до 25 м³/сек.

Третий, основной вариант, запроектирован также двухсекционным, но пропускная способность секции доведена до нормального расхода Северной ветви $Q_n = 34 \text{ м}^3/\text{сек.}$ В этом случае система работает без перерывов и снижения расходов. Ширина зеркала секции в этом варианте $B = 26,7 \text{ м.}$

Глубина наполнения меняется от 4 метров в начале до 6,10 м в конце отстойника. Концевой узел для третьего варианта отстойника изображен на рис. 5.

Экономические показатели

§ 10. Объемы работ стоимости

Объем земляных работ по основному варианту исчисляется

в 405.000 м³. Стоимость кубометра экскаваторных работ, приведенная по лессу — 1 р. 97 к. Коэффициент приведения по галечнику — 1,82. Следовательно, стоимость кубометра галечникового грунта $1,97 \times 1,82 = 3,58$ р. (Данные отчета Вахшстроя).

Стоимость земляных работ

$$405.000 \times 3,58 = 1.450.000 \text{ р.}$$

Стоимость переустройства выходного узла оценивается по аналогии с подобными работами в 400.000 р.

Итого общая стоимость отстойника по первому варианту составляет округленно 1.850.000 рублей.

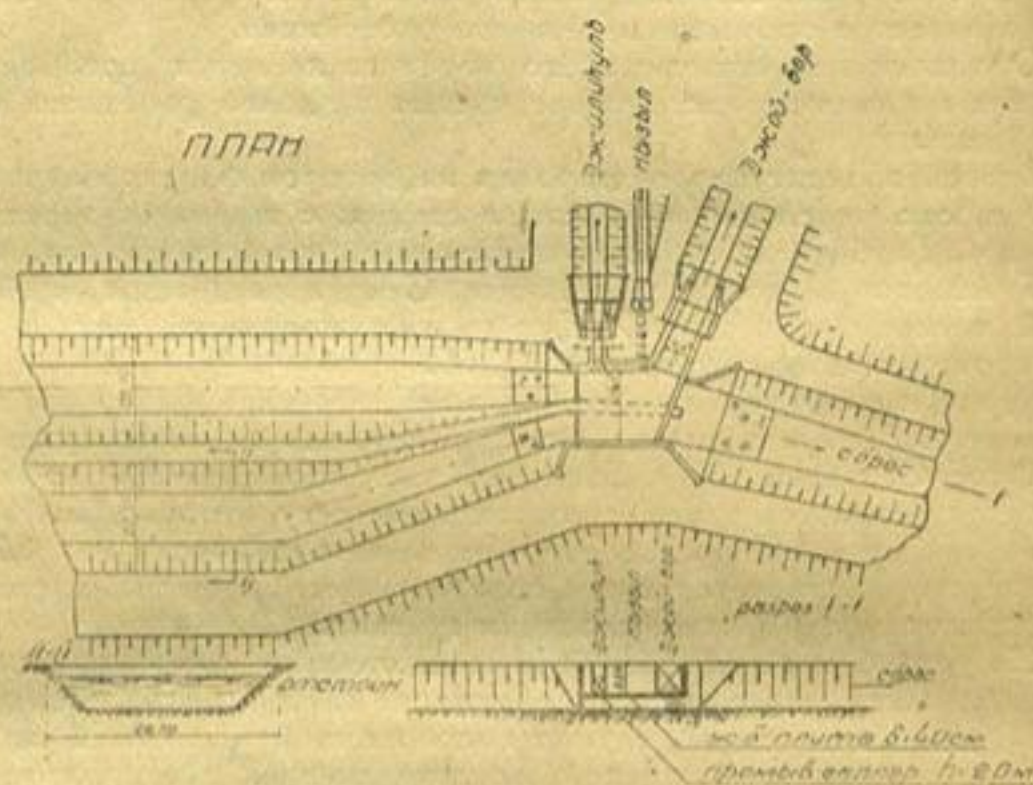


Рис. 5. Концевой узел отстойника (основной вариант)

Приведем сводную ведомость объемов и стоимостей по трем вариантам.

Ведомость объемов и стоимостей

В а р и а н т	Земляные работы		Сооружен.	Всего руб.
	Объем в м ³	Стоимость руб.	Стоимость руб.	
1-й	362.000	1.300.000	200.000	1.500.000
2-й	220.500	800.000	400.000	1.200.000
3-й основной	405.000	145.000	400.000	1.850.000

Проектом принят третий вариант, как незначительно увеличивающий стоимость и наиболее отвечающий условиям эксплуатации системы.

§ 11. Эффективность проекта

По сведениям Вахшского системного управления, объем очистки по системе Джойбора, без включения мелкой сети, составляет около 600000 м³ в год. В этот объем вошла незначительная часть строительных работ. Канал Джойбор орошает около 90 % всех земель, орошаемых Северной ветвью. Как видим, эта цифра не расходится с данными экспедиции Санири, приведенными в § 2, по которым объем заиливания 1935 г. на системах Северной ветви равен 585.000 м³. Последнюю цифру и примем для расчетов. Стоимость кубометра очистки может быть принята равной в среднем 1 р. 50 коп.

Следовательно, примерная стоимость очистки системы Джойбора выражается суммой в 900.000 руб. в год. Эксплуатационные расходы по отстойнику весьма невелики и состояются из амортизации и содержания незначительного эксплуатационного штата.

Таким образом, стоимость отстойника покроеется экономией на очистке сети в течение двух лет.

Ташкент

Номограмма уравнения $vh = h \left(\frac{KN}{t} + v_0 \right) = q$ для определения элементарного расхода q , измеренного вертушками

1. Описание

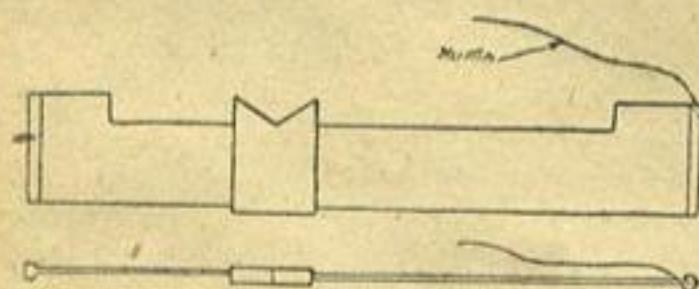
На номограмме имеется несколько шкал: крайняя слева носит название t и h , и на ней отсчитываются значения времени t и глубины вертикалей h . По середине имеются две шкалы, нанесенных на одном шкалоносце: по левой стороне отсчитываются значения общего числа оборотов лопастей вертушки N и по правой — значения элементарного расхода (площадь скорости) q .

Крайняя справа шкала носит название v и по ней отсчитываются значения скоростей v .

К номограмме прилагается линейка, по которой движется хомутик и на конце которой есть отверстие, предназначенное для вдевания нити. Нить, будучи натянута, выполняет роль прямой линии, необходимой при работе на номограмме.

2. Приготовление к работе

В линейке на одном конце есть отверстие, в отверстие это вдевается нить таким образом, как это указано на рис. 1.



Хомутик устанавливается в положение, зависящее от величины коэффициента уравнения тарифовочной кривой вертушки, измерения которой мы собираемся вычислять.

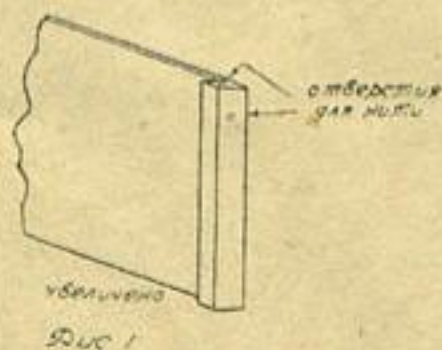
Например, дана вертушка ИВХ с уравнением

$$v = 0,731n + 0,002, \text{ где } n = \frac{N}{t}$$

Прежде всего округляем величины уравнения до двух десятичных знаков, ибо точность будет вполне достаточной. Итак, округляем и получаем:

$$v = 0,73n + 0,00 = 0,73n$$

Располагаем линейку вдоль шкалы t и h и место, где на-



чинается нить, совмещаем с делением 0,30 (рис. 2) по шкале t и h , а верхний край хомутика совмещаем с делением 0,73 по той же шкале и после этого можем приступить к работе.

В дальнейшем предполагаем, что все измерения сделаны вертушкой с уравнением $v = 0,73n$.

3. Работа по номограмме

При работе по номограмме разберем 4 случая вычисления: 1) измерение произведено на 0,6 Н; 2) измерение произведено на 0,2 Н и 0,8 Н; 3) величины измерения превышают величины, имеющиеся на шкалах; 4) уравнение вертушки имеет постоянную прибавку такой величины, что пренебречь ею невозможно; 5) коэффициент тарировки вертушкой менее 0,30.

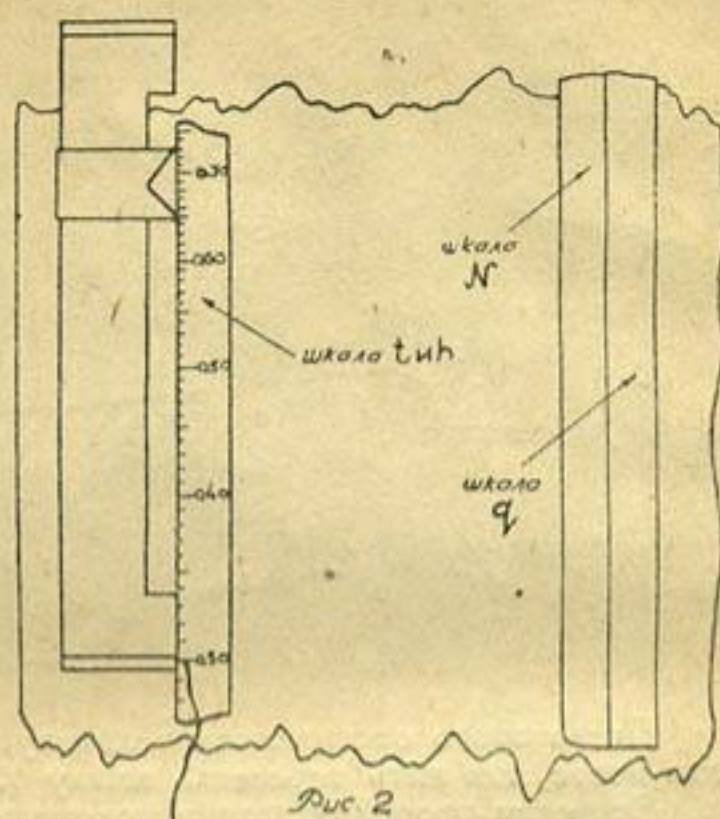


Рис. 2

Случай 1

Измерение произведено на 0,6 Н и скорость на 0,6 Н является средней скоростью
Вертушка ИВХ — $v = 0,73n$

№№ вертушки	Расстояние между вертикалями	Глубина на вертушке	Глубина погружения вертушки	Число оборотов вертушки за прием	Продолжительность в секундах одного приема					Общ. число оборотов вертушки	Число оборотов в 1 секунду	Скорость течен. в точке	Сред. скорость в сред. на вертикали	Площ. скорость на вертикали
					1	2	3	4	5					
3	2,00	0,80	0,48	20	32	65	96	128	—	120	0,94	0,685	0,685	0,55
	2,00													

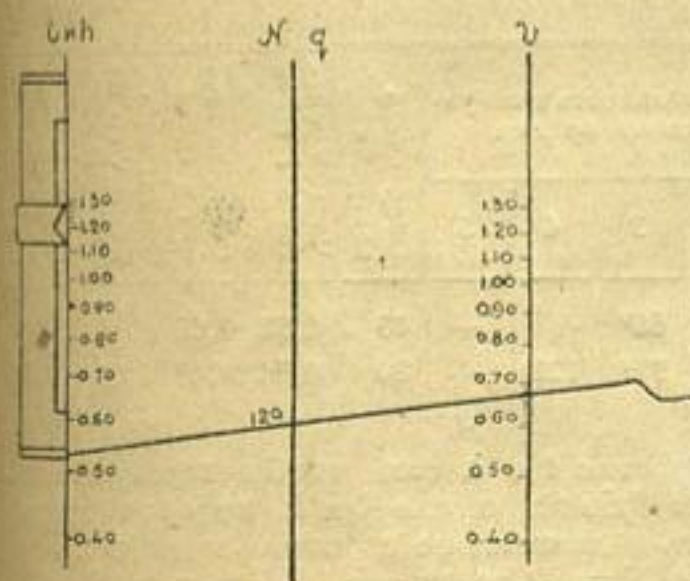
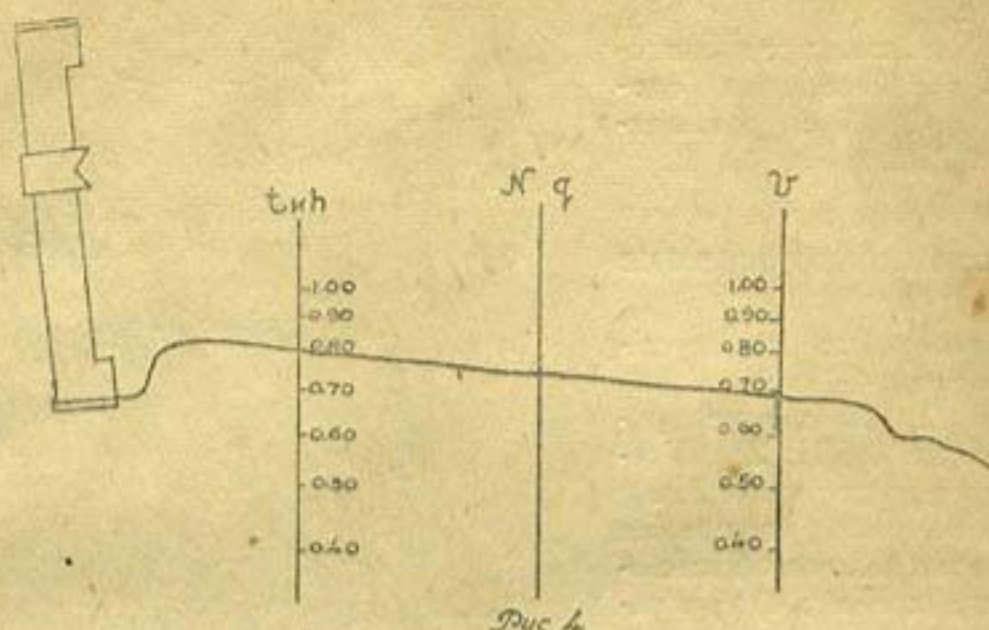


Рис. 3.

Подкладываем линейку к шкале t и h так, чтобы верхний край хомутика совпал бы с значением $h = 1,28$, которое принимаем за $t = 128''$. Совместив линейку с нужным делением, натягиваем нить, доводим ее до шкалы v и передвигаем по шкале v до тех пор, пока нить не пересечет на шкале N значение общего числа оборотов 120 (см. рис 3).

Придерживаем нить в том месте, где она пересекла шкалу v , а противоположный конец нити (где линейка) передвигаем по шкале t и h до тех

пор, пока нить не пересечет значения $h=0,80$ по шкале t и h (см. рис. 4.)



После этого отсчитываем величину 0,55, полученную на шкале q в том месте, где нить пересекла шкалу q .

В течение второй операции положение линейки безразлично.

Случай II.

Измерение производилось на двух точках—на 0,2Н и 0,8Н и, таким образом, средняя скорость определится по формуле

$$v_{\text{ср. верт.}} = \frac{v_{0,2H} + v_{0,8H}}{2}$$

а средний элементарный расход по формуле

$$q_{\text{верт.}} = h \left(\frac{v_{0,2H} + v_{0,8H}}{2} \right) = \frac{h v_{0,2H} + h v_{0,8H}}{2} = \frac{q_{0,2H} + q_{0,8H}}{2}$$

Дано измерение:

Вертушка ИВХ $v = 0,73n$

№ Вертикали	Расстояние между вертикалями	Глубина на вертушки	Глубина погружения вертушки	Число оборотов за прием	Продолжительность в секундах одного приема					Общ. число вертушки	Число оборотов в 1 секунду	Скорость течения в точке	Средн. скорость v ср на вертушки	Площ. скорости на вертушке
					1	2	3	4	5					
2	1,00	1,15	0,23	20	22"	45"	66"		—	60	0,91	0,66		
3	1,00		0,92	20	30"	61"	92"	121"	—	80	0,66	0,48	0,51	0,66

Прикладываем линейку к шкале t и h так, чтобы верхний край хомутика совпал бы с значением 0,66 по шкале t и h , которое принимаем за $t = 66''$. Натягиваем нить и двигаем ее по шкале v до тех пор, пока нить не пересечет значения $N = 60$ по шкале N (см. рис. 5).

Удерживаем нить в том месте, где она пересекла шкалу v , а противоположный конец нити двигаем вдоль шкалы t и h до тех пор, пока нить не пересечет значения $h=1,15$ по шкале t и h . Добившись этого,

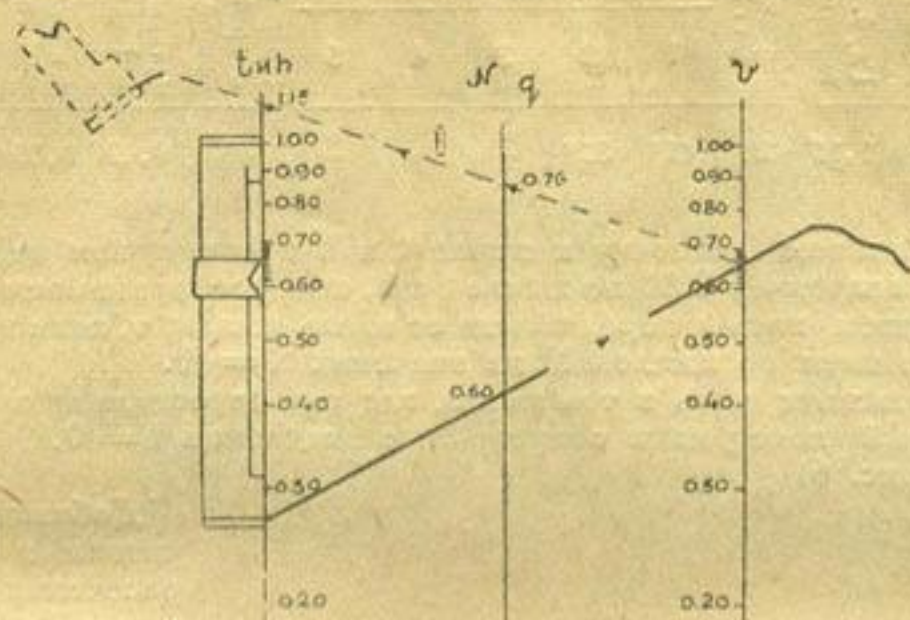


Рис 5

записываем величину, отсчитываемую на пересечении нити со шкалой $q=0,76$.

Повторяем ту же операцию для измерения $0,8H$. Совмещаем верхний край хомутика с значением $1,21$ по шкале t и h , которое принимаем за $t=121''$, натягиваем нить и двигаем ее по шкале v , пока нить не пересечет значения $N=80''$ по шкале N . Удерживаем нить в том месте, где она пересекла шкалу v , а противоположный конец нити передвигаем вдоль шкалы t и h до тех пор, пока нить не пересечет значения $h=115$ по шкале t и h . Записываем величину, отсчитываемую на пересечении нити со шкалой $q=0,55$.

Складываем полученные величины и делим на 2

$$\frac{0,76 + 0,55}{2} = 0,66 = q_{\text{вертикали}}$$

В случае трехточечного измерения на $0,2H$, $0,6H$ и $0,8H$ проделываем точно такую же операцию и затем полученные величины складываем и делим по формуле:

$$\frac{q_{0,2H} + 2q_{0,6H} + q_{0,8H}}{4} = q_{\text{вертик.}}$$

Случай III.

Измерение произведено на одной точке $0,6H$, но величины измерения превышают величины, имеющиеся на шкалах.

Дано измерение:

Вертушка ИВХ — $v=0,73n$

№№ вертикал.	Расстоян. между вертикал.	Глубина на вертикали	Глуб. погруж. вертушки	Число оборот. верт. за прием	Продолжительность в секундах одного приема					Общ. число оборот. вертушки	Число оборот. в 1 секунду	Скорость течен. в точке	Ср. скор. на вертик.	Площ. скор. на верт.
					1	2	3	4	5					
6	0,50 0,50	1,94	1,16	20	41"	81"	—	—	—	40	0,49	0,36	0,36	0,70

Прикладываем линейку к шкале t и h и совмещаем верхний край хомутика с значением 0,81 по шкале t и h , которое принимаем за $t = 81''$.

Натягиваем нить и передвигаем ее вдоль шкалы v , пока не добьемся пересечения нити со шкалой N на значении $N = 40$.

Придерживаем нить в том месте, где она пересекла шкалу v , а противоположный конец нити совмещаем с значением $h = 0,194$ по шкале t и h (см. рис. 6)

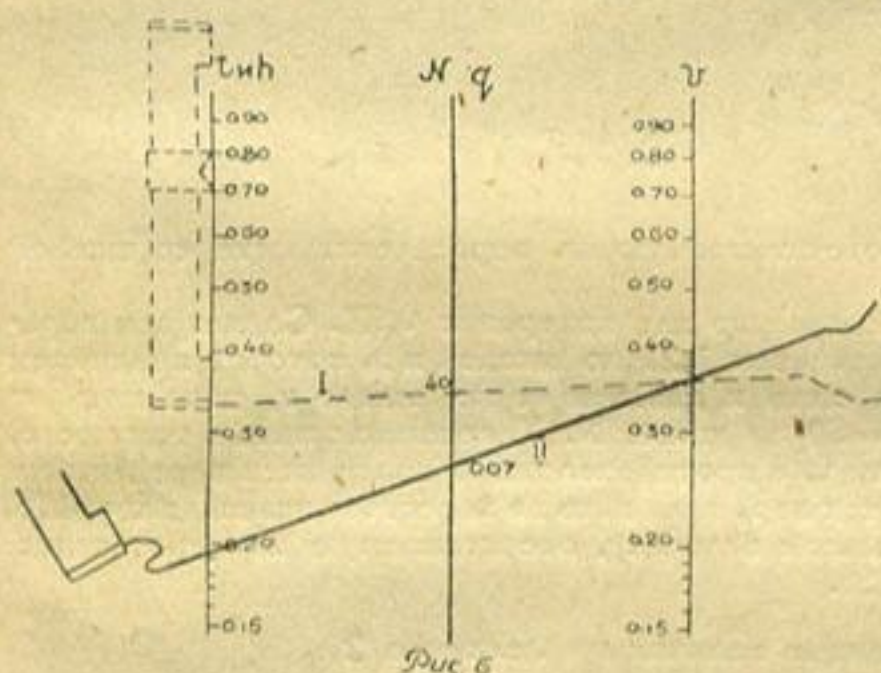


Рис. 6

Добившись этого, читаем в точке пересечения нити с шкалой q результат $q = 0,07$, но поскольку вместо $h = 1,94$ нами взято $h = 0,194$, следовательно, мы получили $q = 0,07$ вместо $q = 0,70$

Можно поступить и иначе: взять на шкале t и h не 1,94; а 0,97, и тогда получим $q = 0,35$, а действительный результат получим после удвоения полученного, т.е. $0,35 \times 2 = q = 0,70$.

Случай IV.

Измерение производилось на одной точке 0,6Н, но уравнение тарировки вертушки, которой производился замер, имело следующий вид: $v = 0,718n + 0,019$. Округляем до двух десятичных знаков и получаем,

$$v = 0,72n + 0,02$$

Дано измерение:

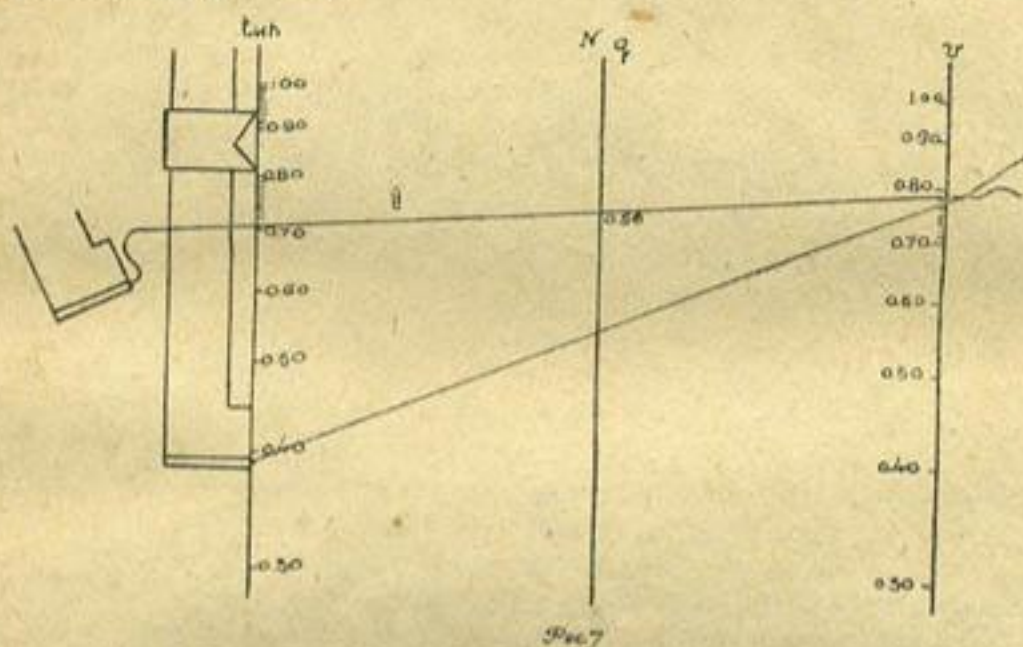
$$\text{Вертушка ИВХ } v = 0,72n + 0,02$$

№ вертикали	Расстояние между верт.	Глубина на вертикали	Глубина погружения вертушки	Число оборот. верт. за прием	Продолжительность в секундах одного приема					Общее число обор. верт.	Число оборот. в 1 сек.	Скорость течения в точке	Сред. скор. в ср. на вер.	Площ. скор. на вертик.
					1	2	3	4	5					
2	1,00 1,00	0,71	0,43	20	19"	69"	67"	76"	94"	100	1,06	0,79	0,97	0,56

Прикладываем линейку к шкале t и h и совмещаем верхний край хомутика с значением $0,94$, которое принимаем за $t=94''$.

Натягиваем нить и добиваемся такого положения, чтобы шкала N была бы пересечена на значении $N=100$. После этого замечаем место, где нить пересекает шкалу v и передвигаем нить по шкале v вверх ровно на два деления, ибо цена деления равна $0,01$, а постоянная прибавка в уравнении равна $0,02$ ($0,72n + 0,02$).

Передвинув нить, удерживаем ее в этом месте, а противоположный конец нити передвигаем вдоль шкалы t и h , пока нить не пересечет значения $h=0,71$, после этого в точке пересечения нити с шкалой q читаем результат $q=0,56$.



Случай V

Измерение произведено на $0,6H$, уравнение тар. кривой вертушки имеет вид $v=0,171n+0,008$.

Округляем до двух знаков и получаем $v=0,17n+0,01$.

Прикладываем линейку к шкале t и h так, чтобы нить была вверху по отношению к хомутику. Начало нити совмещаем с делением $0,30$, а хомутик с делением $0,17$ (см. рис. 8) по шкале t и h .

При дальнейших вычислениях измерений данной вертушки край хомутика должен устанавливаться на значения t , но нить всегда будет находиться выше хомутика, в остальном вычисление протекает так же, как и в вышеприведенных случаях.

При подсчете величины q не обязательно нужно знать величину скорости v , но в некоторых случаях это может оказаться необходимым, и тогда нужно записывать те показания, которые получаются на шкале v . Если вертушка имеет

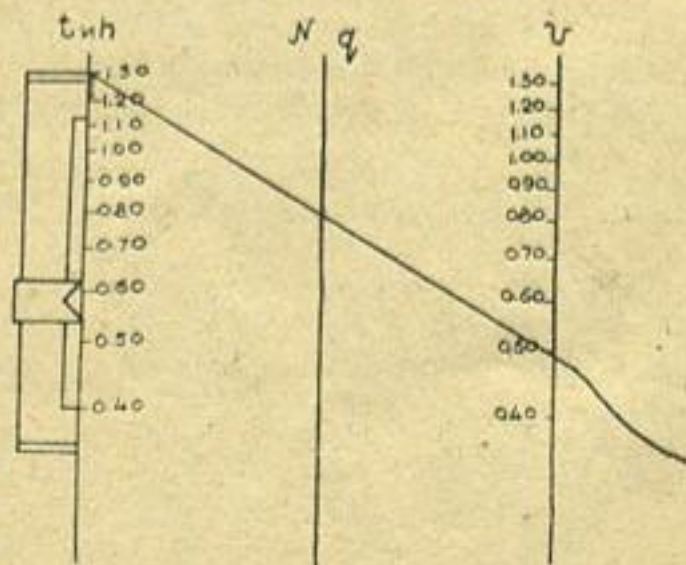


Рис. 8.

два уравнения, то для каждого уравнения хомутик нужно передвигать.

Нить нужно брать не мохнатую.

Главное в овладении техникой работы по номограмме это умение легко отсчитывать по шкалам. Гидрометр, научившийся делать отсчеты, легко и без затруднений сможет производить подсчет. По номограмме можно производить также умножение и деление, для этого нужно множимое взять на крайней шкале, а множитель на другой крайней шкале и, соединив их прямой линией, прочесть результат на пересечении линии с шкалой q .

При делении делимое берется на шкале q , делитель — на одной из крайних шкал и после соединения их прямой линией получим на другой крайней результат в том месте, где линия пересечет шкалу.

Ташкент

Районирование гидротехнических мелиораций поливной зоны Средней Азии.¹

По ориентировочным подсчетам до 47% земель из свыше пяти-миллионного обарыченного фонда поливной зоны Средней Азии в той или иной мере засолены и заболочены. Около 60% засоленных и заболоченных земель находятся в наиболее тяжелых условиях, будучи засолены и заболочены в сильной степени. Особенно значительное распространение в поливной зоне Средней Азии имеет засоление почвы, удельный вес которого составляет 35,7%.

По отдельным республикам Средней Азии распространение засоленных и заболоченных земель выражается таблицей 1.

Как видно, подавляющая площадь засоленных и заболоченных земель сосредоточена в трех республиках: Узбекистане, Туркмении и Кара-Калпакии. При чем в этих же республиках концентрируются основные массивы земель, засоленных в сильной степени.

Наименьшее распространение засоление и заболачивание имеет в Таджикистане и Киргизии. Вместе с тем, в этих же республиках засоление и заболачивание носит более легкие формы.

Таким образом, значительнее всего поражены засолением и заболачиванием основные хлопковые республики Средней Азии. На долю одного только Узбекистана приходится 53,2% всех засоленных и заболоченных земель, в том числе 62,9% сильно засоленных и заболоченных земель всей Средней Азии.

Основные массивы засоленных земель сосредоточены в крупнейших и лучших хлопковых районах Средней Азии—в Ферганской долине Бухарском оазисе, по среднему течению Аму-дарьи, в Южно-Хорезмском и Мервском оазисах.

В перечисленных 5 оазисах площадь засоленных и заболоченных земель составляет до 60% от всей площади засоленных и заболоченных земель Средней Азии.

Удельный вес засоленных и заболоченных земель в этих оазисах составляет: в Фергане—16,2%, Южном Хорезме—16,4%, Бухаре—10,8%, Мургабе-Теджене—8,7%, в среднем течении Аму-дарьи—7,8%. На остальные оазисы Средней Азии—Чирчик-Ангрен, Голодную степь, Дальверзин, верхнее и среднее течение р. Зеравшана Кашка и Сурхан-дарью, Южный Таджикистан, Северный Хорезм, Копет-даг, Атрек, Северную Киргизию приходится всего 40%, а без Северного Хорезма—28,5% всех засоленных и заболоченных земель Средней Азии.

¹ Настоящая статья является кратким изложением выводов работы Сектора мелиорации Санири, в которой принимали участие, помимо авторов, сотрудники Полозов В. А. и Корчак В. Д.

Таблица 1

Засоленные и заболоченные земли в обарыченной зоне по республикам Средней Азии

Республики	Посев хлоп- ка в 1933 г.	Посевная площадь в 1933 г.	Водоной об- арыченный фонд	Засоленные земли			Заболоченные земли			В том числе		Засо- н. и заболоч. земли.	Сильно засо- н. и заболоч.	% к Ср. Аз. обары- чен. фонду
				Сабо	Сильно	Итого	Сабо	Сильно	Итого	Сабо	Сильно			
УзССР — абс.	876339	1417291	2715135	615625	383684	999309	161544	165900	327444	777169	549584	—	—	—
%	—	—	—	22,7	14,1	36,8	5,9	6,1	12,0	28,6	20,2	48,0	62,9	53,2
ТССР — абс.	150784	322463	990784	404060	166080	570140	22975	23059	46034	427035	189139	—	—	—
%	—	—	—	40,7	16,8	57,5	2,3	2,8	5,1	43,0	19,6	26,4	21,7	24,8
Тадж. ССР — абс.	93270	240585	373696	22973	6926	29899	19104	11496	30600	42077	18422	—	—	—
%	—	—	—	6,2	1,8	8,0	5,1	3,1	8,2	11,3	4,9	2,6	2,1	2,4
Кир. АССР — абс.	65263	512769	848175	30400	—	30400	50780	37351	88131	81180	37351	—	—	—
%	—	—	—	3,6	—	3,6	6,0	4,4	10,4	9,6	4,4	5	4,3	4,8
ККАССР — абс.	52339	104495	380192	220536	44660	265196	70177	33850	104027	290743	78510	—	—	—
%	—	—	—	58	11,7	69,7	18,4	8,9	27,3	70,4	20,6	18	9	14,8
Сред. Азия — абс.	1237985	2597303	5307982	1293594	601350	1894944	324580	271656	596236	1618174	873006	—	—	—
%	—	—	—	24,4	11,3	35,7	6,1	5,1	11,2	30,5	16,4	100	100	100

Таблица 2
Засоленные и заболоченные земли об'арыченной зоны по оазисам Средней Азии

№ п.п.	Р а й о н	Объем фонда брутто	Засоленные земли			Заболоченные земли			Всего	В том числе		% засола и забол. зем. в Ср. Азии
			Сало	Славно	Итого	Сало	Славно	Итого		Сало и забол.	Славно забол.	
1	Северн. Киргизия (Чу, Талас.)	350052	30400	—	30400	33400	23900	57300	87700	63800	23900	3,5
2	Чирчик-Ангрен	268039	13990	—	13990	57500	70980	128480	142470	71490	70980	5,7
3	Голодная степь	88237	31105	28970	59705	8900	2500	11400	71105	40005	31100	2,9
4	Дальверзин	29204	6653	3586	10239	180	—	180	10419	6833	3586	0,4
5	Ферганская долина	842012	190254	90122	281086	62064	58722	120786	401872	253028	148844	16,2
6	Средн. течение Зеравшана и р-н рек Туркестанского хребта	478637	23840	21880	45720	18944	37060	56004	101724	42784	56940	4,1
7	Бухарский оазис	299605	133870	132669	266539	1900	600	2500	269039	135770	133269	10,8
8	Кашка-дарья	399393	69875	3220	72895	—	—	—	72995	69875	3120	2,9
9	Сурхан-дарья	199993	55050	12170	67220	15730	4660	20390	37610	70780	16830	3,5
10	Гиссарская долина	86280	2676	—	2676	10130	5700	15830	18526	12826	5700	0,7
11	Вахш	68406	9682	1205	11167	1700	680	2380	13567	11682	1885	0,5
12	Куляб-Пархар	36920	3120	520	3640	1190	475	1665	5306	4310	996	0,2
13	Ср. течение Аму-дарья	262129	107650	65090	172750	12350	8834	21184	193934	120010	73924	7,8
14	Южный Хорезм	499515	257985	133880	391865	12745	4230	16975	408840	270730	138110	16,4
15	Северный Хорезм	299993	158526	32570	191096	65007	32320	97327	289023	224133	64890	11,6
16	Мургаб-Толжен	425150	134700	69500	204200	2450	10185	12635	216835	137150	79685	8,7
17	Копет-даг	142020	54930	290	55220	—	1340	1340	56580	54930	1630	2,3
18	Атрек	24370	6960	5110	12100	—	—	—	12100	6990	5110	0,5
19	Высокогорные районы	536057	1276	1038	2316	19770	9469	29239	31555	21048	10507	1,3
	Средняя Азия	5307982	1283594	601350	1894944	324580	271636	596236	2491180	1618174	873006	100

Широкое развитие явлений засоления и заболачивания имеет место, как правило, в долинах многоводных естественных источников и происходит как вследствие неурегулированности самого источника орошения, так и, главным образом, в силу неурегулированности самого дела орошения и недоучета роли водно-мелиоративного баланса.

Ярким примером последствий неполноты учета и поверхностного отношения к делу орошения является история орошения Голодной степи, Бассага-Керкинского канала и других объектов.

Колхозы, ведя напряженную борьбу с засолением и заболачиванием, применяют целый комплекс мелиоративных мероприятий—соответствующую агротехнику, промывки, устройство зауров, сухой дренаж, чем достигаются известные положительные результаты и ослабляется засоление и заболачивание земель. Однако, практикуемые населением простейшие агро-мелиоративные мероприятия нуждаются в целом ряде случаев в более капитальных и планомерных работах в виде гидротехнических мелиораций.

Существование засоления и заболачивания в больших масштабах наносит огромный урон поливному хозяйству, а также народному хозяйству Средней Азии, вызывая:

1. Снижение урожайности хлопка и других сельскохозяйственных культур, в некоторых случаях до 50%, ослабление темпов роста урожайности из-за действия засоления и заболачивания даже на культурно поливных землях. По некоторым расчетам (В. Малыгин) потери в урожайности от засоления и заболачивания определяются в 10—30% от валовой сельскохозяйственной продукции Средней Азии.

2. Выпадение из хозяйственного оборота, в силу высокого засоления и заболачивания, ценных хлопковых обарыченных земель.

3. Ухудшение состояния здоровья и понижение трудоспособности и производительности труда населения вследствие заболевания малярией.

4. Увеличение трудовых затрат населения в поливном хозяйстве, направленных прямо или косвенно на борьбу с явлением засоления и заболачивания.

Не поддающееся учету, но совершенно очевидное и огромное по своим отрицательным последствиям, воздействие засоления и заболачивания на народное хозяйство Средней Азии должно усилить внимание соответствующих директивных, оперативных и научно-исследовательских организаций Средней Азии к мелиоративным проблемам.

Поставленная партией и правительством величайшая задача небывалого подъема урожайности, резкого увеличения продукции технических и продовольственных культур, задача подъема благосостояния населения обязывает также к изжитию явлений засоления и заболачивания.

Плановое социалистическое хозяйство не может мириться с засолением и заболачиванием—продуктом отсталости, некультурности и низкой техники в поливном хозяйстве. Организация осуществления плановых мелиоративных мероприятий предполагает выявление засоленных и заболоченных земель, изучение и систематизирование существующей разрозненной мелиоративной практики, анализ факторов засоления и заболачивания, выработка научно-обоснованных мелиоративных мероприятий для отдельных районов и установление последовательности их проведения.

Целью настоящей статьи в связи с этим является:

- а) выявление пространственного размещения по отдельным бассейнам и районам площадей засоленных и заболоченных земель различной

степени засоления и заболачивания в пределах поливной и обарыченной зоны;

б) установление основных и второстепенных факторов засоления и заболачивания по отдельным бассейнам и районам;

в) построение классификации—схемы гидротехнических мероприятий, с учетом их объема, местоположения и сроков выполнения.

1. Характеристика и факторы процессов засоления и заболачивания

Болотный процесс заключается в избыточном увлажнении почвогрунтов; солончаковый процесс проявляется в перемещении и накоплении в толще почвы, особенно в верхних горизонтах, вредных легко-растворимых солей, хлоридов и сульфатов по преимуществу; отрицательное действие заболачивания почв проявляется (помимо ухудшения санитарного состояния местности) в резком ухудшении воздушного режима почв, угнетающем культурную растительность, вплоть до невозможности ее произрастания.

Отрицательное действие засоления почв находит свое выражение в повышении концентрации почвенного раствора, что ухудшает условия питания растений, задерживает произрастание семян, замедляет и угнетает рост растений, приводит их в конце концов к гибели. Одновременное и совместное развитие заболачивания и засоления определяет наличие суммы свойственных им неблагоприятных влияний.

Интенсивность влияния той или иной степени засоления и заболачивания обуславливается целым рядом факторов: химическим составом солей (наиболее ядовиты хлориды), наличием смеси солей, ослабляющих действие солей, особенно при содержании солей кальция, механическим составом почв (более тяжелые почвы усугубляют вредное влияние солей), содержанием влаги в почве (понижение ее количества увеличивает концентрацию и вредность солей), размещением солей по различным горизонтам в данный момент, наконец, самим характером культурных растений, в частности характером корневой системы, надземных вегетативных органов, способностью растений переносить обильное увлажнение. Кроме того, отрицательное воздействие засоления не одинаково во времени в различные фазы вегетации культурных растений. Особенную опасность для культуры засоление приобретает в период прорастания и в начале фазы вегетации растений, уменьшаясь по мере укрепления и развития корневой системы, надземной вегетативной массы и огрубения тканей.

По литературным данным считается, что содержание солей в корнеобитаемом слое почвы (1—1,5 м) до 0,3% (плотн. остаток) и иногда до 0,6% не является вредным и, наоборот, благоприятно сказывается на развитии растений. Возрастание количества солей до 1% уже угнетает растительность и снижает урожайность; дальнейшее увеличение засоления от 1 до 2%, иногда до 3%, ставит культуру в исключительно тяжелые условия, резко снижая урожайность. И затем переход засоления за пределы 2—3% приводит к гибели и к невозможности культуры.

Таким образом, является бесспорным то положение, что засоление при всех условиях и во всех районах, выраженное степенью большей, 1—2%, не проходит бесследно для культуры, подавляет развитие растений, уменьшает урожайность.

Наряду с этим раз начавшееся и ничем не сдерживаемое засоление во многих случаях угрожает обостриться—перейти в высшие и опасные стадии.

Почвы по засолению, по степени влияния его на культуры дифференцируются на незасоленные, слабо засоленные, средние засоленные и сильно засоленные.

Существует несколько схем классификаций засоленных земель: по процентному содержанию плотного остатка солей в корнеобитаемом, слое почвы (А. Розов, Тюремнов); по содержанию хлоридов в верхнем слое.

Нами, как и ЦСУА, принята схема классификации по плотному остатку в таком выражении:

1) незасоленные почвы до 0,3%; 2) слабо засоленные—0,3—1%, 3) средне-засоленные—1—2%; 4) сильно-засоленные свыше 2%.

Схема весьма условна, приближена, в виду значительной динамики солончакового процесса в Средней Азии и постоянной борьбы с ним в орошаемых районах.

Состояние сильного засоления только отчасти свидетельствует о тяжелых мелиоративных условиях, поскольку в пределах этой высшей стадии могут уместиться почвы разнообразных степеней засоления, начиная от 2—3% и кончая 30—50%.

Заболачивание оказывает то или иное влияние на культуру в зависимости от уровня грунтовых вод, их минерализации. Чем выше залегают грунтовые воды и чем более они минерализованы, тем они вреднее для растений. Грунтовые воды на глубине ниже 1,5 м безопасны сами по себе (опасность в засушливых районах от засоления) для культуры на глубине 1,5—1 метра уже сказывается угнетающе; поднятие их до 1—0,25 м вносит особенное ухудшение в жизнь растений, значительно снижает урожайность и, наконец, стояние грунтовых вод на глубине до 0,25 м и выше приводит к грани предельно-возможного существования культуры.

Почвы по отношению к заболачиванию классифицируются по признаку глубины залегания грунтовых вод: а) незаболоченные—свыше 1,5 м; б) слабо заболоченные—1—1,5 м; в) средне-заболоченные 0,25—1 м; г) сильно-заболоченные—до 0,25 м.

Природа образования засоленных почв и солончаков вообще различна: засоленность коренных пород, избыток просачивающихся оросительных и поверхностных вод, приток грунтовых вод извне и др.

В условиях же орошаемой зоны Средней Азии засоление так же, как и заболачивание,—процесс постепенный и связан в основном с искусственным орошением и неурегулированностью орошения, с появлением грунтовых вод, в соответствующей гидрогеологической обстановке и при наличии интенсивного испарения (так называемое вторичное засоление).

Процесс засоления протекает таким образом: грунтовые воды, вновь образованные, благодаря фильтрации оросительных вод или притоку вод со стороны, периодически или непрерывно поднимаясь к поверхности (2—3 м), под воздействием капиллярного поднятия и высоких температур подвергаются усиленному испарению, отлагают в поверхностных горизонтах водорастворимые соли, которые постепенно и засоляют почвы.

Возникновение и развитие процессов засоления и заболачивания обуславливается целым рядом факторов, из которых являются важнейшими:

а) близость первичных грунтовых вод, притекающих в долину с возвышенностей и гор;

б) избыточное наличие поверхностных, оросительных и сбросных вод;

в) усиленная фильтрация ирригационных вод в каналах и поливных вод на полях;

г) рельеф—уклоны местности, механический состав и водопроницаемость грунтов, определяющие скорость притока и оттока притекающих и образующихся грунтовых вод;

Основные орошаемые хлопковые оазисы Средней Азии расположены по среднему и нижнему течению рек — в равнинной засушливой зоне, с высоким испарением, с незначительными уклонами, сложенной пролювиально-аллювиальными или аллювиальными отложениями, и поэтому с грунтами обычно невысокой или низкой водопроницаемости. В этой зоне поэтому малейший избыток поверхностных и оросительных вод, попадающий путем фильтрации в ирригационной сети и на полях в грунты, быстро влечет за собой появление и подъем грунтовых вод и, как следствие, заболачивание, а при минерализации грунтовых вод и засоление.

Современное состояние ирригационных систем и водного хозяйства Средней Азии, несмотря на целый ряд произведенных улучшений за последние годы, не является удовлетворительным, особенно в мелиоративном отношении. Неурегулированный водозабор, сбросы излишних паводковых или осенне-зимних вод на периферию, обильные поливы и промывки, дефекты самой ирригационной сети, излишняя густота и параллелизм каналов, большой удельный вес холостых пробегов, заглуженность каналов в головных участках до водопроницаемых, хорошо фильтрующих слоев — вот те причины, которые порождают обилие излишних и потому вредных вод даже на маловодных системах (в отдельные периоды), огромный объем фильтрующихся вод в грунты, скопление их, вследствие незначительности оттока в грунте, затем подъем их, и в итоге заболачивание и засоление.

Многовековой опыт населения и мелиоративная наука выработали целый арсенал средств по борьбе с отрицательными последствиями орошения, по борьбе с заболачиванием и засолением, а именно — агро-мелиоративные, лесомелиоративные и гидротехнические мелиоративные мероприятия; затенение почвы, пескование, сухой дренаж, урегулирование водозабора, плановое водопользование, промывки, устройство сбросной сети, сооружение системы коллекторов, горизонтальный и вертикальный дренаж, использование дренажных и сбросных вод на орошение и т. п.

Но выработанные мелиоративной практикой и наукой средства по борьбе с засолением и заболачиванием по существу в Средней Азии еще не получили широкого и полного применения, которое собственно только и могло бы дать ощутимый и положительный эффект.

В отдельных случаях проводившиеся мелиоративные работы не всегда основывались на глубоком и полном учете факторов засоления и заболачивания мелиорируемых и соседних участков, отличались небольшими масштабами, неполнотой, незаконченностью, вследствие чего и результаты их были небольшими.

II. Методика работы

Причина заболачивания и засоления заключается, таким образом, в избытке поверхностных и грунтовых вод, не находящихся оттока по условиям рельефа и водопроницаемости грунтов. Для засоления же необходимо еще действие интенсивного испарения на поднимающиеся в зону капиллярного поднятия (2—3 м) минерализованные грунтовые воды.

Поскольку в основном в поливной зоне Средней Азии источником образования и подъема грунтовых вод являются избыточные поверхностные, ирригационные и сбросные воды (доля атмосферной влаги непосредственно в орошаемых районах ничтожно мала), то естественно, что мелиоративные мероприятия должны быть в первую голову направлены на недопущение избытка воды, на недопущение и ослабление фильтрации вод в ирригационных системах, наконец, на удаление излишних поверхностных вод и на снижение уровня грунтовых вод. Снижение уров-

ия грунтовых вод будет препятствовать капиллярному их поднятию и благодаря этому — выносу солей в верхние слои почвы.

Все эти мероприятия относятся к категории гидротехнических мелиоративных мероприятий.

Отдельные виды гидротехнических мероприятий могут быть подразделены на:

I. Профилактические: а) по недопущению в ирригационных системах и на полях избытка воды, урегулирование водозабора, плановое водопользование, применение водооборота, жесткие поливные и оросительные нормы; б) по ослаблению фильтрации воды в ирригационной сети и на полях: разрежение сети, ликвидация многоголова, холостых пробогов, выпрямление каналов, бетонировка каналов.

II. Собственно мелиоративные мероприятия: а) по удалению и отводу излишних поверхностных и ирригационных вод, по снижению и отводу грунтовых вод путем устройства сбросной сети, сооружения системы коллекторов и дренажа.

III. Специальные мелиоративные мероприятия по ограждению поливных земель от затопления, избытка поверхностных вод, обвалование рек и каналов, разгрузка паводков, механический водоподъем.

Характер мелиоративных мероприятий тесно связан с типом общественного строя. В эпоху феодализма и в докапиталистический период, в условиях парцеллярного, технически невооруженного крестьянского хозяйства, борьба с засолением и заболачиванием могла идти и направлялась по пути приспособления к существующим условиям засоления и заболачивания.

В эпоху капитализма и в капиталистических странах, при существовании хозяйства предпринимательского типа, основанного на принципе погони за прибылями, где орошение получает крупные масштабы, но беспланный и анархический характер, борьба с засолением и заболачиванием строится под углом ликвидации последствий беспланового орошения. Наоборот, в плановом социалистическом хозяйстве, в котором основным и единственным типом хозяйства являются технически вооруженные колхозы и совхозы, борьба с засолением и заболачиванием должна идти и идет по пути применения профилактических мероприятий, в направлении изменения естественно-исторических условий в применении к запросам планового социалистического хозяйства.

Однако, профилактические мероприятия могут не предотвратить засоление и заболачивание на территории, вновь орошаемой и организованной на новых социалистических началах. В обстановке же районов старого и древнего орошения, насчитывающих тысячелетия существования, где на мелиоративный характер районов наложили отпечаток предшествующие социальные формации, где мы встречаемся с значительным количеством уже сильно засоленных и заболоченных земель, очевидно потребуются применение собственно мелиоративных мероприятий по ликвидации засоления и заболачивания.

И все же, несомненно, огромная роль в мелиорации старых орошаемых районов должна принадлежать мерам профилактического порядка, т. е. упорядочению водопользования в широком смысле этого слова, организации планового водопользования, которые в значительной степени снизят размер необходимых, собственно мелиоративных мероприятий.

Необходимо все же отметить, что только в перспективе мыслимо орошение, лишенное какого-либо избытка воды и фильтрации вод в ирригационной сети и на орошаемых полях, идеал которого связывается с введением дождевания. В условиях же исключительно малых уклонов, низкой водопроницаемости грунтовых и высокого испарения, какие мы имеем в большинстве орошаемых районов Средней Азии, излишек

просочившихся в грунты вод уже приводит к засолению и заболачиванию почв.

Поэтому как в новых, так и в старых орошаемых районах, наряду с применением профилактических мероприятий, неизбежно применение собственно мелиоративных мероприятий по удалению избыточных вод сбросная сеть, коллекторы и в особо тяжелых условиях — дренаж с промывками.

Несомненно, что упорядочение водопользования, в частности плановое водопользование, в известных случаях сможет в сильной степени облегчить, упростить характер и объем собственно мелиоративных мероприятий и в более благоприятных случаях — исключить их необходимость.

Одновременное же осуществление профилактических и мелиоративных мероприятий даст наибольший эффект в борьбе с засолением и заболачиванием, приведет к улучшениям орошаемых земель и предотвратит опасность засоления и заболачивания в последующем.

Борьба с засолением и заболачиванием должна идти и по линии агротехнических мероприятий, как-то: затенение почв, загущение посевов, органические удобрения, введение севооборотов с большим удельным весом люцерны и травопольной системы земледелия и т. д.

Агрономические мелиоративные мероприятия имеют целью ослабление почвенного испарения, снижение уровня грунтовых вод путем испарения растениями (затенение почв, загущение посевов) или усиление почвенного испарения на неорошаемых участках внутри оазисов для общего снижения уровня грунтовых вод; или, наконец, достижение полного разрыва капиллярного сообщения пахотного горизонта и подпахотный посредством обращения пахотного горизонта в прочное комковатое структурное состояние (травопольная система, органические удобрения).

Таким образом, агрономические мелиоративные мероприятия направлены, главным образом, на ослабление испарения при помощи растений, или на прекращение капиллярного сообщения верхних горизонтов почвы с грунтовыми водами, т. е. они сами по себе не устраняют основной причины засоления, заболачивания в орошаемых районах — избытка поверхностных и оросительных вод, а также не снижают значительно уровня грунтовых вод. В силу этого сами по себе агрономические мелиоративные мероприятия, особенно в тяжелых гидрогеологических условиях, не могут привести к рассолению и разболачиванию земель.

Наиболее эффективные результаты на испорченных землях староорошенных районов они могут дать лишь в сравнительно легких условиях засоления и заболачивания. В районах нового орошения опять-таки не всегда возможно будет обойтись одними агрономическими средствами. Предотвращение явлений засоления и заболачивания в этих районах, вообще говоря, можно обеспечить совместным применением профилактических, собственно гидротехнических мелиораций и агротехнических мелиораций.

В истории орошаемых районов Средней Азии агротехнические мелиорации сыграли огромную роль в деле сохранения культурных оазисов от резкого развития засоления и заболачивания. Однако, они не смогли отчасти вследствие неплановости, неполноты их применения не только ликвидировать, но и значительно уменьшить размер засоления и заболачивания.

Выдвигаемая академиком Вильямсом идея введения травопольной системы земледелия в качестве средства борьбы с засолением должна найти практическое применение и в условиях орошаемых районов Средней Азии, которое безусловно резко ограничит возможность развития

засоления на новоорошенных землях и ослабит дальнейшее засоление на старых орошаемых землях.

Однако, нельзя всецело полагаться на травопольную систему земледелия как на единственную меру борьбы с засолением, особенно в районах старого орошения, в тяжелых гидрогеологических условиях и при одновременном сильном развитии засоления и заболачивания, при наличии избыточных поверхностных и грунтовых вод.

Очевидно, что испорченные орошаемые земли не могут быть приведены в нормальное состояние при помощи одной травопольной системы земледелия. Успех мелиораций засоленных и заболоченных земель может быть обеспечен лишь комплексным применением в зависимости от условий тех или иных гидротехнических, а также агротехнических мероприятий. При этом, учитывая, что в районах старого орошения основная причина засоления и заболачивания лежит в избытке поверхностных и грунтовых вод, ведущая роль в этом комплексе должна принадлежать гидротехническим мелиорациям — профилактическим и основным, агротехнические же мелиорации должны сопутствовать им, строиться на основе гидротехнических мелиораций.

Исходя из приоритета ведущей роли гидротехнических мелиораций в орошаемой зоне Средней Азии, настоящая работа ограничивается установлением и пространственным размещением гидротехнических мелиораций. Все виды гидротехнических мелиораций представляются в следующей схеме:

1. Промывки (условно отнесенные к гидротехническим мелиорациям).
2. Промывки со сбросной сетью.
3. Дренаж с промывками.
4. Упорядочение водопользования.
5. Редкие коллекторы.
6. Коллекторы с частой подводящей сетью.

В зависимости от условий засоления и заболачивания та или иная земельная площадь, район, по замыслу работы, должны быть отнесены к одному или к группе способов, входящих в схему гидротехнических мероприятий, или к не требующим гидротехнических мелиораций.

Поэтому все земли орошаемых районов Средней Азии в итоге дифференцируются на следующие категории:

I. В пределах валового обарыченного фонда, требующие:

1) промывок, 2) промывок со сбросной сетью, 3) дренажа с промывками, 4) упорядочения водопользования, 5) редких коллекторов, 6) коллекторов с подводящей сетью и 7) не требующие мелиораций.

II. В пределах поливной зоны — вне валового обарыченного фонда:

8) земли неизвестных мелиораций, при отсутствии почвенно-гидрогеологических данных, 9) непригодные для орошаемого земледелия, 10) неорошенные земли, пригодные при соответствующих мелиорациях.

Метод работы по пространственному размещению типов гидротехнических мелиораций заключался в следующем.

1. Все орошаемые оазисы Средней Азии в отдельности подвергались тщательному изучению в климатическом, топографическом, гидрогеологическом, почвенном и ирригационном отношениях.

2. Выявлялись основные и второстепенные факторы засоления и заболачивания.

3. В пределах орошаемых оазисов выделялись идентичные в мелиоративном отношении по условиям засоления и заболачивания районы (ирригационные системы).

4. На основе учета условий засоления и заболачивания, рассмотрения практикуемых населением мелиоративных приемов, намечались по районам главные направления гидротехнических мероприятий.

5. В каждом мелиоративном ирригационном районе (на площадки одной или группы ирригационных систем) фиксировались типы мелиораций в привязке к контурам почвенных разностей и по условиям рельефа, водопроницаемости грунтов, режима и уровня грунтовых вод, по состоянию засоления и заболоченности почв.

Отнесение контура почвенной разности района к тому или иному типу гидротехнических мелиораций производилось при помощи схемы гидротехнических мелиораций, охватывающей встречающиеся в действительности факторы засоления и факторы заболачивания¹.

Мелиоративная обстановка орошаемых районов в Средней Азии является весьма пестрой. Очень часто отдельные неблагоприятные мелиоративные факторы сочетаются с благоприятными факторами. В целом ряде оазисов Средней Азии (Фергана, Бухара, Хорезм и др.) процесс заболачивания переплетается с процессом засоления, когда при близком залегании грунтовых вод, благодаря огромному испарению, имеет место и сильное засоление грунтовых вод и почвогрунтов. По этой причине при установлении типов мелиорации введена комплексная комбинированная двух- и трехчленная оценка почвенных разностей; например, мероприятия по сооружению коллекторов комплексуются с промывками, упорядочение водопользования — с коллекторами и промывками.

Но вместе с тем, во всех случаях выделяется ведущий основной тип мелиораций. Мелиоративная же характеристика районов производится по преобладающим в данном районе типам мелиораций, по мелиоративному мероприятию, имеющему для района решающее значение, общий, а не локальный характер.

Объектом мелиоративного изучения и оценки принята поливная зона и обарыченный земельный фонд.

Под поливной зоной понимается территория, заключенная в границах командования существующих ирригационных систем и определяемая в основном почвенными материалами.

В понятие обарыченного земельного фонда входит обарыченная площадь с сохранившейся ирригационной сетью, хотя бы и не действующей, а также внутренние необарыченные земли, этот фонд определяется по почвенному признаку (культурно-поливные земли, эксплуатируемые и заброшенные).

Установленные вышеуказанным методом в пределах поливной и обарыченной зоны географически зафиксированные типы мелиораций на почвенно-ирригационных картах отдельных районов масштаба 1/100000 — 1/200000 помощью планиметра подсчитывались в гектарах — по административным районам, мелиоративным районам, оазисам и бассейнам. Площади типов мелиораций исчислялись брутто без выделения мелких контуров (менее 100 га). Затем они увязывались с валовыми площадями поливной зоны и с площадями обарыченных и эксплуатируемых земель.

В конечном счете установленные типы мелиораций наносились на мелиоративную карту масштаба 1/500000 в привязке к отдельным административным районам и ирригационным системам.

III. Установленные типы мелиораций в поливной и обарыченной зоне Средней Азии

Произведенной Сектором мелиорации Сани и ри работой охвачен рассмотрением валовой обарыченный фонд, т. е. земельный фонд с

¹. См. журнал „Ирригация и гидротехника“ № 8, 1935 г. — Виноградов Г. Н., „Приемы установления типов гидротехнических мелиораций в Средней Азии“.

сохранившейся ирригационной сетью, хотя бы и не действующей, плюс внутренние необарыченные земли в размере брутто 6.023.690 га и вся поливная зона, находящаяся в пределах командования существующих ирригационных систем в размере брутто 14 969 600 га.

При мелиоративной оценке земель поливной зоны был принят такой порядок:

1. Детальному разбору и отнесению к отдельным типам мелиораций подвергались все земли валового обарыченного фонда общей площадью 602360 га.

2. Земли поливной зоны, находящиеся за пределами валового обарыченного фонда, площадью 8.946.000 га, были разбиты только на три категории:

а) земли, пригодные для орошения, но совершенно неизвестных мелиораций, т.-е. земли, мелиоративную оценку которых оказалось невозможным установить по состоянию почвенно-гидрогеологических материалов;

б) земли, непригодные для орошения по условиям рельефа, механическому составу почв и грунтов;

в) земли, пригодные для орошения без мелиорации или с применением мелиорации, расшифровка которых не производилась.

В целом по Средней Азии из 8.946.000 га земельного фонда поливной зоны, находящегося за пределами валового обарыченного фонда, установлено:

а) пригодных для орошения площадей, при условии обеспечения водой — 4.767.500 га, т. е. около 53,3%;

б) пригодных для орошения, но с неизвестными мелиорациями — 726.200 га, т.-е. 8,1%;

в) непригодных для орошаемого земледелия — 3.452.300, т.-е. 38,5%.

Основные массивы необарыченных земель и крупные по размеру — пригодные для орошения, располагаются в районах: Голодная степь, Ферганская долина, среднее течение Зеравшана, нижнее течение Сурхан-дарьи и Ширабада, Кашка-дарья, Южный и Северный Хорезм, Мургаб-Теджен и Копет-даг.

Земли неизвестных мелиораций, зафиксированы, главным образом, в районах: Чирчик-Ангрен, Бухарский оазис, нижнее течение Сурхан-дарьи и Ширабада, среднее течение Аму-дарьи, Мургаб-Теджен, Копет-даг и Атрек.

Валовой обарыченный земельный фонд Средней Азии распределяется по категориям необходимых мелиораций таким образом:

I. Промывки	— 281600 га
II. Промывки со сбросной сетью	— 533600 "
III. Дренаж с промывками	— 137400 "
IV. Упорядочение водопользования	— 538800 "
V. Редкие коллекторы	— 392100 "
VI. Частые коллекторы	— 85900 "
VI—I. Редкие коллекторы с промывками	— 243600 "
VI—I. Частые коллекторы с промывками	— 405000 "
IV—V Упорядочение водопользования с редкими коллекторами	— 714100 га
Итого требуют мелиораций	— 3332100 га
Не требуют мелиораций	— 2691500 га

По отдельным ирригационным районам земельный фонд поливной зоны требует следующих мелиораций (см. табл. 1).

Потребные типы гидротехнических мелиораций по

Бассейны рек	Эксплоатир. площадь	Потребные типы мелио						
		I	II	III	IV	V	VI	V—I
1. Северная Киргизия	216330	—	30400	—	46100	7700	—	—
2. Чирчик-Ангрен:								
Правобережье	61597	—	—	—	17600	21100	25300	—
Левобережье	52857	—	—	—	63700	2800	—	—
Ангрен	44019	—	—	—	51900	1800	—	9000
3. Голодная степь	34894	22200	—	25000	—	—	—	—
4. Дальверзин	20936	—	17200	—	—	—	—	—
5. Ферганская долина:								
Правобережье	106731	2500	13300	1200	—	22400	—	—
Восточная часть	252713	—	900	1000	13900	104200	—	127500
Левобережье	265242	2500	5300	63400	5300	32700	—	—
Западная часть	29271	1200	10000	—	—	—	—	—
6. Зеравш. долина:								
Р-ны р.р. Тур. хр.	55100	—	—	—	—	—	—	400
Среди. течение	244605	—	800	—	144500	63300	9000	—
Бухарский оазис	179565	89500	96800	252200	—	—	—	60200
7. Кашкадарья:								
Верхн. и сред. течение	46464	—	—	—	—	—	—	—
Нижн. течение	86591	5100	—	—	—	—	—	—
8. Сурхан-дарья:								
Верх. и ср. течение	66090	10600	—	8800	28700	10900	7200	—
Нижн. течение	25982	29100	—	—	—	—	—	—
9. Южн. Таджикист:								
Гиссарск. долина	52676	—	—	—	36900	30300	8100	—
Вахшск. долина	32747	11500	22100	2600	6900	17500	400	—
Куляб-Пархар	18993	—	1500	—	21900	2500	—	—
10. Сред. течение								
Аму-дарья	86077	33500	119700	—	72200	40000	—	—
11. Низовья Аму-дарьи:								
Южн. Хорезм	226038	—	37300	—	—	—	—	46500
Северн. Хорезм	76072	—	74300	—	—	—	—	—
12. Мургаб-Теджен	135674	20200	81800	10200	—	28900	16400	—
13. Копет-даг	30650	51600	—	—	—	—	—	—
14. Атрек	6280	—	21300	—	—	—	19500	—
15. Горн. р-ны	364522	2300	—	—	29200	—	—	24360
Среди. Азия	2817739	281600	533600	137400	538800	392100	85900	—

Таблица 1

отдельным районам Средней Азии

район		Итого треб. мелиор. VII	Не тре- бует. ме- лиорат. VII	Вало- вой обары- чен. фонд	Необарычен. фонд			Итого не- обарыч.	Валовая площадь полив. зоны
VI—II	IV—V				VIII	IX	X		
—	—	84200	265900	350100	—	—	316900	316900	667000
—	—	38700	89400	128100	—	—	16700	16700	144800
—	—	91800	13600	105400	—	—	6200	6200	111600
—	—	53700	20600	74300	2600	40500	33600	76700	151000
103300	—	159500	20400	179900	116000	126200	524000	796200	946100
—	—	17200	41500	58700	18800	36100	64900	119800	178500
—	—	39200	99600	138800	—	146700	45500	192200	331000
—	—	120000	226200	346200	—	261000	—	261000	607200
48400	—	285100	154100	439200	—	293900	136300	430200	869400
—	—	12100	59700	71800	—	436900	24300	461200	533000
—	—	—	100200	100200	10000	230400	199300	439700	539900
6200	—	230200	145000	375200	30600	192800	420000	643400	1018600
20200	—	291900	—	291900	86500	270600	19900	377000	668900
—	—	—	177700	177700	3000	6300	219500	228800	406500
—	—	5100	215900	221000	1300	1300	98800	101400	322400
—	—	57400	62200	119600	30700	221500	51300	303500	423100
—	—	37900	—	37900	14400	97500	100800	212700	250600
—	—	75300	28100	103400	—	6800	35000	41800	145200
—	—	61000	13000	74000	—	33900	80500	114400	188400
—	—	25900	15100	41000	6300	—	53600	59900	100900
—	—	265400	19800	285200	63800	23600	50400	137800	423000
226900	482200	746400	—	746400	—	243800	523500	767300	1513700
—	231900	352700	—	352700	—	600700	862100	1462800	1815500
—	—	157500	228700	386200	32500	67800	247900	348200	734400
—	—	51600	190300	241900	237500	114000	636500	988000	1229900
—	—	40800	—	40800	72200	—	—	72200	113000
—	—	31500	504500	536000	—	—	—	—	536000
400000	714100	3332100	2691500	6023600	726200	3452300	4767500	8946000	14969600

Республики и районы	Экспл. площадь	Потребные типы мелнор					
		I	II	III	IV	V	VI
УзССР							
1. Чирчик-Ангр.	158473	—	—	—	133200	25700	25300
2. Голод. степь	21477	22200	—	25000	—	—	—
3. Дальверзин . .	20936	—	17200	—	—	—	—
4. Фергана . . .	521576	4800	14200	61000	5300	150600	—
5. Зеравшан . . .	265601	89500	97600	25200	144500	69300	9000
6. Кашка-дарья .	133055	5100	—	—	—	—	—
7. Сурхан-дарья .	92073	39700	—	8800	28700	10900	7200
8. Хорезм	117616	—	—	—	—	—	—
9. Горные районы	14057	1900	—	—	—	—	—
Итого	1544864	163200	129000	120000	311700	256500	41500
ТССР							
1. Сред. теч. Аму	86077	33500	119700	—	72200	40000	—
2. Ташауз	70727	—	37300	—	—	—	—
3. Мургаб-Тедж. .	135674	20200	81800	10200	—	28900	16400
4. Конет-даг . . .	30650	51600	—	—	—	—	—
5. Атрек	6280	—	21300	—	—	—	19500
Итого	329408	105300	260100	10200	72200	68900	35900
ТадССР							
1. Север. Тадж. .	63749	1200	16200	4600	5300	1500	—
2. Юж. Тадж. . . .	103416	11500	23600	2600	65700	50300	8500
3. Гор. районы . .	79447	400	—	—	9100	—	—
Итого	246612	13100	39800	7200	80100	51800	8500
ККАССР							
1. Юж. районы . .	37695	—	—	—	—	—	—
2. Север. районы	76072	—	74300	—	—	—	—
Итого	113767	—	74300	—	—	—	—
КирАССР							
1. Южная	82301	—	—	—	8600	7200	—
2. Северная (Чу-Та- ласе)	216330	—	30400	—	46100	7700	—
2. Гор. р-ны	271018	—	—	—	20100	—	—
Итого	569649	—	30400	—	74800	14900	—
Среди. Азия . . .	2804320	281600	533600	137300	538800	392000	86000
КазССР Голод. степь	131419	—	—	—	—	—	—
Всего	2817739	281600	533600	137400	538800	392100	85900

Таблица 2

Республикам Средней Азии

Район	Итого греб. ме- лнораз.	Не треб. мелнор. VII	Валовой обар. фонд	Необарычен. фонд			Итого не- обарыч.	Валовая площадь поливной зоны
				VIII	IX	X		
—	184200	123600	307800	2600	40500	56500	99600	407400
—	106700	20700	127400	34100	—	11600	45700	173100
—	17700	41500	58700	18800	36100	64900	119800	178500
—	406200	346700	753000	—	392900	181800	574700	1327800
—	522200	217600	739800	127200	67000	638200	1441600	2181300
—	5100	393600	398700	4300	7600	318300	330200	728900
—	95300	62200	157500	45100	319000	152100	516200	673700
233400	353600	—	353600	—	70000	159300	129300	482900
—	1900	28300	28200	—	—	—	—	28200
233400	1692500	1232200	2924700	232100	1542300	1482700	3257100	5181800
—	265400	119800	285200	63800	23600	50400	137800	423000
123500	255500	—	255500	—	142400	373600	516000	771500
—	157500	228700	386200	32500	67800	247900	348200	734400
—	51600	190300	241900	237500	114000	636500	988000	1229900
—	40800	—	40800	72200	—	—	72200	113000
123500	770800	438800	1209600	406000	347800	1308400	2062200	3271800
—	34200	109100	143300	—	581900	25400	607300	750600
—	162200	56100	218300	6300	40700	169200	216200	434500
—	9500	88400	97900	—	—	—	—	97900
—	205900	253600	459500	6300	622600	194600	823500	1283100
125300	137300	—	137300	—	31500	90500	122000	259300
231900	352700	—	352700	—	600700	862100	1462800	1815500
357200	490000	—	490000	—	632200	952600	1584800	2074800
—	15800	111200	127000	—	181200	—	181200	308200
—	84200	265900	350100	—	—	316900	316900	667000
—	20100	389800	409900	—	—	—	—	409900
—	120100	766900	887000	—	181200	316900	498100	138100
714100	3279300	2691700	5971000	644300	3326100	4255200	8225600	14196800
—	52800	—	52800	81800	126200	612300	720300	773100
714100	3332100	2691500	6023800	726200	3452300	4767500	8946000	14969600

Удельный вес различных типов гидротехнических ме...

	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Север. Киргизия:							
Чу-Талас	—	8,7	—	13,2	2,2	—	—
2. Чирчик-Ангрен:							
а) Правобережье . . .	—	—	—	13,8	16,4	—	—
б) Левобережье	—	—	—	60,4	2,7	24	—
в) Ангрен	—	—	—	69,7	2,4	—	—
Итого	—	—	—	43,4	8,3	8,2	—
3. Голод. степь	12,3	—	13,9	—	—	—	—
4. Дальнорайон	—	29,3	—	—	—	—	—
5. Фергана:		9,6	0,8	—	16,2	—	—
а) Правобережье . . .	1,6	—	—	—	—	—	—
б) Восточн. Фергана .	—	0,3	0,3	4,0	30,0	—	—
в) Левобережье	0,6	1,2	14,4	1,2	7,4	—	—
г) Западн. Фергана . .	1,7	15,2	—	—	—	—	—
Итого	0,6	3,0	6,6	1,9	15,9	—	—
6. Дол. р. Зеравшана:							
а) Р-н р. Турк. хреб.	—	—	—	—	—	—	—
б) Сред. течение . . .	—	0,2	—	38,6	18,5	2,4	—
8. Бухарск. оазис	30,6	33,1	8,6	—	—	—	—
Итого	11,7	12,7	3,3	18,9	9,3	1,2	—
9. Кашка-дарья	1,2	—	—	—	—	—	—
10. Сурхан-дарья							
а) Верхне-ср. теч. . .	8,9	—	—	24,0	9,1	6,1	—
б) Ниж. теч.	76,8	—	23,3	—	—	—	—
Итого	25,2	—	5,6	18,2	6,9	4,6	—
10. Южн. Таджики:							
а) Гиссарск. дол. . . .	—	—	—	35,6	29,4	7,8	—
б) Вахш. дол.	15,5	29,9	3,5	9,4	23,5	0,6	—
в) Куляб-Пархар . . .	—	3,5	—	53,6	6,1	—	—
Итого	5,3	10,8	12	30,0	23,1	3,9	—
11. Сред. теч. Аму-дарья	11,8	41,9	—	25,3	14,0	—	—
12. Низов. Аму-дарья . .	—	4,9	—	—	—	—	—
а) Южный Хорезм . . .	—	—	—	—	—	—	—
б) Северн. Хорезм. . .	—	2,1	—	—	—	—	—
Итого	—	10,2	—	—	—	—	—
12. Мургаб-Тедж	5,2	21,1	2,6	—	7,5	4,2	—
13. Копет-даг	21,3	—	—	—	—	—	—
14. Атрек	—	52,3	—	—	—	47,7	—
15. Горн. р-ны	0,4	—	—	5,4	—	—	—
Сред. Азия	4,7	8,8	2,3	8,9	6,5	1,4	—

Таблица 3

по ирригационно-мелиоративным районам Ср. Азии

I	IV—V	Итого	Не треб. мелиора- ций	Обарыч. фонд	VIII	IX	X	Необа- рыч. фонд.	Вся полив. зона
—	—	24,1	75,9	52,4	—	—	—	47,6	100
—	—	30,2	69,8	88,4	—	—	—	11,6	100
—	—	87	12,9	94,4	—	—	—	5,6	100
—	—	72,1	27,7	49,2	3,4	52,8	43,7	51,8	100
—	—	59,9	40,1	75,6	2,6	40,6	56,7	24,4	100
7,2	—	88,3	11,4	19	15,1	16,4	68,4	81,0	100
—	—	29,3	70,7	33	15,8	30,2	54,3	67,0	100
—	—	28,2	71,7	41,8	—	76,3	23,7	58,2	100
—	—	34,6	65,3	57	—	100	—	43,0	100
1,0	—	64,9	35,1	50,5	—	68	32,0	49,5	100
—	—	16,9	83,1	13,6	—	94,7	5,3	86,4	100
4,8	—	45,8	54,2	42,5	—	84,7	15,3	57,5	100
—	—	—	100	18,6	2,3	52,3	45,4	81,4	100
1,7	—	61,2	38,6	36,8	4,8	30	65,2	63,2	100
6,9	—	100	6	43,6	22,9	71,8	5,3	56,4	100
4,4	—	68,2	31,8	34,6	8,7	47,6	43,7	65,4	100
—	—	1,2	98,8	54,7	1,3	2,3	96,4	45,3	100
—	—	48,1	52,0	28,3	10,4	72,8	16,8	71,7	100
—	—	100	—	15,3	6,8	45,8	47,4	84,7	100
—	—	60,5	39,4	23,3	8,7	61,8	29,5	76,7	100
—	—	72,8	27,2	70,9	—	16,3	83,7	28,9	100
—	—	82,4	17,5	39,4	—	29,6	70,4	66,6	100
—	—	63,2	36,7	40,6	10,4	—	89,6	59,4	100
—	—	74,2	25,7	50,3	2,9	18,8	78,3	49,7	100
—	—	93,0	7,0	67,4	46,2	17,2	36,6	32,6	100
4,4	64,4	100	—	49,4	—	31,7	68,3	50,6	100
—	65,8	100	—	19,4	—	41,0	52,0	80,6	100
2,6	65,0	100	—	33,0	—	37,9	62,1	67,0	100
—	—	40,7	59,2	52,5	9,3	19,5	71,2	47,4	100
—	—	21,3	78,6	19,7	24,1	11,6	64,3	80,3	100
—	—	100	—	36,1	100	—	—	63,9	100
—	—	5,8	94,2	100	—	—	—	—	100
1,7	11,8	55,2	44,6	40,2	8,1	38,5	53,3	59,8	100

В разрезе республик Средней Азии положение земельного фонда поливной зоны в мелиоративном отношении представляется в таком виде (см. табл. 2).

Удельный вес отдельных типов мелиораций в обарыченной зоне характеризует сравнительное преобладание того или иного типа, и основное направление мелиораций по районам, которое рисуется нижеследующей таблицей (см. табл. 3).

В целом, по Средней Азии из 6-миллионного обарыченного фонда 3.332.100 га, т.-е. 55,2% всего фонда требуют тех или иных мелиораций. Остальные же 26.91.500 га, т.-е. 44,6%, не нуждаются в гидротехнических мелиорациях.

(Окончание следует)

О расхождении стока взвешенных наносов, вычисленного по декадно-суммарному и ежедневному способам

Для учета стока взвешенных наносов чаще всего применяются два способа—суммарный и ежедневный. Как при одном, так и при другом способе, ежедневно в так называемой постоянной точке один или три раза в день берется проба воды. При суммарном способе такие ежедневные пробы воды за установленный период времени, чаще всего за декаду, сливаются вместе и для такого периода находится средняя относительная мутность. При ежедневном способе пробы, взятые в различные дни, не смешиваются друг с другом, и относительная мутность за каждый день вычисляется отдельно.

Для дальнейшего изложения введем следующие обозначения:

$Q_1, Q_2, \dots, Q_{10}$ — средне-суточные расходы воды за период времени в 10 дней;

$q_1, q_2, \dots, q_{10}$ — ежедневные пробы воды, взятые в постоянной точке за те же 10 дней;

$g_1, g_2, \dots, g_{10}$ — вес наносов в каждой ежедневной пробе воды;

$p_1 = \frac{g_1}{q_1}; p_2 = \frac{g_2}{q_2}; \dots, p_{10} = \frac{g_{10}}{q_{10}}$ — ежедневные относительные мутности в постоянной точке.

Сток наносов за период в 10 дней, в случае применения ежедневного способа, найдется по формуле:

$$S = 86400 \cdot K (p_1 Q_1 + p_2 Q_2 + \dots + p_{10} Q_{10}) = 86400 \cdot K \left(\frac{g_1}{q_1} Q_1 + \frac{g_2}{q_2} Q_2 + \dots + \frac{g_{10}}{q_{10}} Q_{10} \right) = 86400 \cdot K \sum_{i=1}^{10} \frac{g_i}{q_i} Q_i \dots \dots \dots (1)$$

В последней формуле численный коэффициент 86.400 выражает не что иное, как число секунд в сутках, а K — поправочный коэффициент, вводимый для перехода от мутности в постоянной точке к мутности по всему живому сечению.

Если учет наносов ведется декадно-суммарным способом, то сток наносов за декаду вычисляется по формуле:

$$S_1 = 86400 \cdot K \frac{g_1 + g_2 + \dots + g_{10}}{q_1 + q_2 + \dots + q_{10}} (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{10}) = \\ = 86400 \cdot K \frac{\sum_{i=1}^{10} g_i}{\sum_{i=1}^{10} q_i} \sum_{i=1}^{10} Q_i \dots \dots \dots (2)$$

Возникает вопрос, при каких условиях учет по ежедневному и декадно-суммарному способу дает одинаковые результаты. Это возможно только в двух случаях:

1. Ежедневная относительная мутность за период в 10 дней не меняется.
2. Объем ежедневной пробы берется пропорционально расходу воды. Действительно, в первом случае мы имеем:

$$\frac{g_1}{q_1} = \frac{g_2}{q_2} = \dots = \frac{g_{10}}{q_{10}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} g_i}{\sum_{i=1}^{10} q_i}$$

и формула (1) преобразуется в формулу (2).

Во втором случае при

$$\frac{q_1}{Q_1} = \frac{q_2}{Q_2} = \dots = \frac{q_{10}}{Q_{10}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} q_i}{\sum_{i=1}^{10} Q_i}$$

формула первая может быть преобразована так:

$$S = 86400 \cdot K \frac{Q_i}{q_i} \sum_{i=1}^{10} g_i = 86400 \cdot K \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_i}{\sum_{i=1}^{10} q_i} \sum_{i=1}^{10} g_i = \\ = 86400 \cdot K \frac{\sum_{i=1}^{10} g_i}{\sum_{i=1}^{10} q_i} \sum_{i=1}^{10} Q_i = S. \dots \dots \dots (3)$$

т.е. мы приходим к формуле (2).

Если ни одно из вышеприведенных двух условий не соблюдено, то равенства между S и S_1 не будет. Суммарный способ легче выполним и дешевле ежедневного, почему он чаще всего и применяется¹. Но для того, чтобы получить сток наносов с той же степенью точности, что и при ежедневном способе, необходимо ежедневные пробы наносов брать пропорционально расходу воды. Так как вполне удовлетворительных приборов для этой цели не имеется², то правило пропорциональности взятой пробы расходу воды обычно не соблюдается; чаще всего пробы воды берутся одинакового объема за каждый день всей декады. Возникает вопрос, какова ошибка в определении стока взвешенных наносов при учете их декадно-суммарным способом, если пробы берутся не пропорционально расходу воды.

¹ С 1931-32 г. в Средней Азии, главным образом в связи с запросами гидроэнергетики, стал распространяться ежедневный способ. Но и до сих пор преобладающим способом в Ср. Азии является все же декадно-суммарный.

² См. нашу статью „Испытание батометра-мензурки проф. Глушкова“.

Введем следующие обозначения:

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_i}{10} \text{ — средне-декадный расход воды.}$$

p_0 — средне-декадная относительная мутность, вычисленная по декадно-суммарному способу.

$\Delta Q_i = Q_i - Q_0$ — отклонение среднесуточного расхода за i -тый день от среднедекадного расхода;

$\Delta p = p_i - p_0$ — отклонение относительной мутности за i -тый день от средне-декадной мутности.

При принятых выше обозначениях сток наносов, вычисленный по декадно-суммарному способу, будет равен:

$$S_1 = 86400 \cdot K \cdot \frac{\sum_{i=1}^{10} g_i}{\sum_{i=1}^{10} q_i} \sum_{i=1}^{10} Q_i = 86400 \cdot K \cdot 10 \cdot p_0 \cdot Q_0 \dots (4).$$

Вычислим теперь сток наносов по данным ежедневного способа учитывая, что $Q_i = Q_0 + \Delta Q_i$ и $p_i = p_0 + \Delta p_i$

Получим:

$$\begin{aligned} S &= 86400 \cdot K \sum_{i=1}^{10} \frac{g_i}{q_i} Q_i = 86400 \cdot K \sum_{i=1}^{10} p_i Q_i = \\ &= 86400 \cdot K \sum_{i=1}^{10} (p_0 + \Delta p_i) (Q_0 + \Delta Q_i) = \\ &= 86400 \cdot K \sum_{i=1}^{10} (p_0 Q_0 + p_0 \Delta Q_i + \Delta p_i Q_0 + \Delta p_i \Delta Q_i) = \\ &= 86400 \cdot K \left\{ 10 p_0 Q_0 + p_0 \sum_{i=1}^{10} \Delta Q_i + Q_0 \sum_{i=1}^{10} \Delta p_i + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{i=1}^{10} \Delta p_i \Delta Q_i \right\} \dots (5). \end{aligned}$$

По свойству средне-арифметической второй член последнего выражения в скобках равен нулю. На том же самом основании равен нулю и третий член выражения в скобках, ибо нетрудно показать, что средне-декадная относительная мутность, вычисленная по декадно-суммарному способу, представляет не что иное, как среднее арифметическое значение ежедневных относительных мутностей, если объем ежедневной пробы каждый день берется одинаковым, т. е. $q_1 = q_2 = \dots = q_{10} = q$. Действительно:

$$\begin{aligned} p_0 &= \frac{g_1 + g_2 + \dots + g_{10}}{q_1 + q_2 + \dots + q_{10}} = \frac{g_1 + g_2 + \dots + g_{10}}{10q} = \\ &= \frac{\frac{g_1}{q} + \frac{g_2}{q} + \dots + \frac{g_{10}}{q}}{10} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_{10}}{10} \dots (6) \end{aligned}$$

В таком случае выражение (5) принимает вид:

$$S = 86400 \cdot K (10p_0 Q_0 + \sum_{i=1}^{10} \Delta p_i \Delta Q_i) \dots \dots \dots (7)$$

Найдем отношение $\frac{S}{S_1}$

$$\frac{S}{S_1} = 1 + \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta p_i \Delta Q_i}{10 \cdot p_0 Q_0} \dots \dots \dots (8)$$

Таким образом $S = S_1$ лишь в том случае, если $\sum_{i=1}^{10} \Delta p_i \Delta Q_i = 0$

Последнее же возможно лишь в одном из следующих трех случаев: 1) $Q = \text{const.}$; 2) $p = \text{const.}$; 3) сумма положительных членов $\Delta p_i \Delta Q_i$ равна сумме отрицательных. Обычно ни одно из этих условий не бывает соблюдено и в течение декады изменяется как величина расхода, так и величина относительной мутности.

В большинстве случаев увеличение расхода воды сопровождается увеличением мутности и, наоборот, при уменьшении расхода воды уменьшается и мутность.

Таким образом, отношение $\frac{S}{S_1}$ чаще всего будет больше единицы, и

сток наносов, вычисленный по данным декадно-суммарного способа, почти всегда будет преуменьшен. При этом, чем более изменчивы расход воды и относительная мутность и чем яснее выражена прямая пропорциональность между расходом воды и относительной мутностью, тем более будет преуменьшен сток наносов, вычисленный по декадно-суммарному способу, по сравнению со стоком, вычисленным по ежедневному.

Для суждения о величине отклонения стока взвешенных наносов, вычисленного по декадно-суммарному способу, от стока, вычисленного по ежедневному способу, ниже в таблице 1 приводятся данные для р. Чирчик по ст. Ходжикентской и Чимбайлыкской.

Как видно из таблицы 1, отклонения S_1 от S по отдельным декадам могут быть как в сторону увеличения (плюс), так и в сторону уменьшения (минус), и в процентном отношении могут достигать очень больших величин. Особенно большие отклонения бывают в те периоды года, когда ход малой относительной мутности нарушается резкими скачками ее, вызываемыми силовыми явлениями. Чаще всего это бывает в период февраль—апрель.

Для периодов, исчисляемых месяцами, сток наносов, вычисленный по декадно-суммарному способу, во всех случаях получился преуменьшенным по сравнению со стоком, вычисленным по ежедневному способу. Это уменьшение для различных периодов и лет изменяется от 1,7 до 12,5% и в среднем равно 5%. Для характеристики отдельных периодов года был подсчитан сток наносов S и S_1 для следующих 3 периодов:

1. Февраль—апрель.
2. Май—июнь.
3. Июль—январь.

Для первого из этих трех периодов сток наносов, вычисленный по декадно-суммарному способу, оказался преуменьшенным на 7,3%, для второго—на 4,9% и для третьего—на 3%.

Таким образом подсчет стока взвешенных наносов по декадно-суммарному способу для периодов не менее 1—2 месяцев всегда оказывается преуменьшенным.

Таблица 1

Река, станция	Год	Период наблюдений	Сток наносов в тысячах тонн		Отношение $\frac{S_2}{S_1}$	Отклонение S_2 от S_1 %	Максимальные расходы, в стоке за декаду в % от его вычисл. по ежедневн. способу	Примечание
			Ежедн. способ	Декадно-суммарн. способ				
Чирчик, Ходжикентская	1930-31	VII-IX	411	404	0,983	-1,7	+	Переводный коэфф. от мутности в постоянной точке к мутности по всему живому сечению был принят равным единице.
"	1931-32	X-IX	1106	1088	0,910	-9,0	11,8	9,7
"	1932-33	X-IX	1221	1069	0,875	-12,5	18,0	25,1
"	1933-34	X-IX	4507	4365	0,968	-3,2	5,1	47,2
Чирчик, Чимбайская	1930-31	VI-IX	1524	1470	0,963	-3,7	18,5	24,4
"	1931-32	IV-IX	1014	927	0,914	-8,6	8,6	15,8
"	1932-33	X-IX	169	1017	0,951	-4,9	1,5	25,0
"	1933-34	X-IX	5294	5072	0,956	-4,4	7,7	15,3
Всего			16237	15412	0,950	-5,0	11,6	32,1

Хотя сама по себе ошибка в 3—7% и не велика и находится в пределах точности методов по учету взвешенных наносов, но поскольку эта ошибка не случайная, а систематическая с вполне определенным знаком, то допускать ее и тем заведомо преуменьшать данные о стоке взвешенных наносов не следует.

Отсюда следуют два заключения практического характера:

1. В сток наносов за старые годы, исчисленный по декадно-суммарному способу, при котором пробы воды брались не пропорционально расходу воды, следует ввести соответствующие поправки.

2. В будущем учет наносов желательно вести ежедневным способом. Переход к ежедневному способу повлечет за собой некоторое удорожание работ. Но так как наносы из ежедневных проб только взвешиваются и механическому анализу не подвергаются, то удорожание работ получается сравнительно незначительным. Ежедневный же способ, помимо более правильного учета стока наносов, позволяет зафиксировать ежедневные колебания относительной мутности, что бывает важно знать при некоторых водохозяйственных и гидротехнических расчетах.

Ташкент

Явления просадок при увлажнении лессовых пород, распространение просадочных грунтов и свойства их¹

(Окончание)

3. Происхождение просадочных грунтов

Просадочные грунты, как это было уже показано ранее, отличаются часто высоким засолением, при чем засоление является чисто сульфатным, тогда как хлориды присутствуют в ничтожных количествах. Часто в грунте встречаются мощные прослои, толщиной 1—2 метра, состоящие в значительной части из гипса и других сульфатов. Наблюдение условий залегания таких солевых выделений показало следующее:

1. Солевые выделения лессовидных пород состоят по преимуществу из гипса, хотя встречаются также сульфаты магния и натрия, но в меньших количествах.

2. Они разбросаны по всей толще лессовой породы, но встречаются прослои, особенно богатые сульфатами.

3. Количество этих загипсованных прослоев непостоянно, чаще всего их в северо-кавказских лессах бывает два. Первый из них залегает на глубине около 2 метров и не всегда хорошо сохраняется. Он обычно обнаруживается на высоких незеродированных водоразделах. В пониженных местах он бывает или смыт вместе с породой, или же выщелочен атмосферными водами. Второй сохранился значительно лучше и залегает на глубине 8—11 метров, имея мощность 1,5—2 метра. Этот прослой, а также небольшая толща породы над ним, часто отличается темным цветом и является гумусированной, а в нижней части его в изобилии встречаются выделения карбонатов, что вместе взятое указывает на его почвенное происхождение.

4. Все эти прослои не являются связанными с современным уровнем грунтовой воды и обычно отделены от последнего толстым слоем сухого лесса. Нигде среди этих высоких лессовых равнин с глубокими грунтовыми водами, ни на Кавказе, ни в Средней Азии, не удалось наблюдать, чтобы такие гипсовые выделения в лессе имели капиллярную связь с современным уровнем грунтовой воды.

Наблюдения над распространением солончаков и связью их с глубиной залегания грунтовых вод в Средней Азии, на правобережье реки Курук-Келеса, где имеется большое количество оврагов с обрывистыми берегами (Ащи-сай и др.), почвенный покров которых в значительной части состоит из солончаков, убеждают, что если аккумуляции солей не происходит в верхнем метре породы (лессовидного суглинка), то вообще здесь соли не аккумулируются, а выщелачиваются.

¹ См. № 3 журнала „Ирригация и гидротехника“ за 1936 год.

Перечисленные условия распространения солевых выделений в просадочных грунтах показывают, что они не обязаны своим происхождением испарению грунтовых вод при современном их уровне, когда грунтовые воды не имеют капиллярной связи с поверхностью.

Это, очевидно, является следствием того, что испарение воды с таких глубин весьма затруднительно, а, может быть, даже совершенно исключено. Как уже упоминалось, в самый жаркий месяц года, когда, казалось бы, условия для испарения благоприятны более всего, даже в условиях Средней Азии, при низкой относительной влажности — упругость паров в свободной атмосфере выше, чем упругость паров в грунте. Следовательно, в это время может происходить только конденсация воды в грунте, а не испарение. Правда, в зимние месяцы, когда верхние слои почвы являются охлажденными, а глубокие слои породы сохраняют температуру близкую к средней годовой температуре местности, может происходить перенос воды снизу вверх, но думается, что значение такого процесса ничтожно.

На основании приведенных выше наблюдений о распространении солевых выделений в лессовых породах, а также соображений о невозможности испарения грунтовых вод при их глубоком залегании и отсутствии капиллярной связи с поверхностью, можно заключить следующее:

1. Все солевые и гипсовые выделения в лессовых породах образовались в тех условиях, когда грунтовые воды были капиллярно связаны с поверхностью.

2. Наличие прослоев с особенно обильными выделениями солей заставляет предполагать существование периодов с наиболее благоприятными условиями для засоления пород.

Лессовидные породы просадочных районов имеют строение, которое указывает на делювиальное происхождение их. Такими признаками являются: характер их слоистости, наличие песчаных прослоев, а в некоторых лессах Средней Азии даже присутствие крупных галек. Вопрос о происхождении этих пород освещен в работах Павлова (8) Жирмунского (9), и Берга (10). Последнее время Ю. А. Скворцовым (8) была выдвинута теория аллювиального происхождения лесса. Эта теория, так же как и делювиальная, не является исключающей высокого засоления лессов, а, наоборот, подтверждает это, и в настоящее время в речных долинах засушливых областей очень часто распространены засоленные почвы. Все же, нам кажется, что делювиальная теория происхождения лесса не может считаться опровергнутой.

В лессовидных породах встречается много раковин моллюсков, которые обитают в этих засушливых районах по настоящее время. Нами в северо-кавказских лессах найдены следующие виды их: *Chondrula tridens* (Müll), *Helicella crunimargo* (Kryn), *Helix vulgaris* (Ross) *Vellonia costata* (Müll), *Helicella derbentina* (Kryn) *Enompalia selecta* (Klik), *Caeciliodes* sp., *Caepala vindobonaensis*, *Parmacella olivieri ibera* (Eichv.)

Все эти виды являются сухопутными и свойственны биоценозу открытых мест с травянистой растительностью. Из них только моллюск в *Parmacella olivieri ibera* (Eidna) настоящее время здесь не встречается, а обитает в более теплых районах Малой Азии, в пределах СССР он указан только для Ленкорани. Местонахождение раковин этого моллюска приурочено к темным гумусированным прослоям в породе.

Таким образом, остатки фауны в лессе дают основание считать, что климатические условия в период его отложения не были резко

¹ Все определения моллюсков выполнил В. А. Лидгольм, за что пользуемся случаем выразить ему нашу признательность.

отличительными от современных и, если отличались, то в сторону более теплого климата.

Речные долины, прорезающие пространства, сложенные лессовыми породами, имеют несколько террас, причем верхняя из них сформирована почти на одном уровне с поверхностью лессовых равнин. Таким образом, после отложения этих лессов местность пережила несколько циклов эрозии, несколько опусканий и поднятий уровня моря, при чем высокое положение базиса эрозии должно было сопровождаться и высоким уровнем грунтовых вод, что также являлось благоприятным для засоления лессовых пород, слагающих междуречные пространства. Но в период формирования высоких речных террас современных долин засоление, очевидно, происходило только в верхней толще лессовидной породы, в глубоких же слоях породы, которые отделены от испаряющей поверхности почвы толстым слоем, этого, по всей вероятности не могло происходить, так же как не происходит и в настоящее время. В то же время мы наблюдаем, что солевые выделения имеются во всей толще лессовой породы. Следовательно, можно думать, что они образовались в период отложения лесса. Очевидно во время отложения лесса существовали такие условия, что уровень грунтовых вод поднимался и следовал за поднимающимся, вследствие отложения новых слоев породы уровнем лессовой равнины, сохраняя при этом капиллярную связь с дневной поверхностью, это может быть объяснено тем фактом, что чем больше расстояние от грунтовых вод до поверхности почвы, тем медленнее будет происходить их испарение. Поэтому, если высота местности повышается за счет отложения новых слоев наноса, то при неизменном притоке грунтовых вод, в условиях бессточной впадины или местности, с ограниченным дренажем, должно происходить также поднятие грунтовых вод.

Очевидно, во время такого отложения лесса почвенный покров должен был отличаться большим количеством солончаков.

В настоящее время в условиях лессовых равнин мы не встречаем ни солончаков, ни солонцов, но по упомянутым выше наблюдениям С. С. Неустроева и Е. Н. Ивановой (6) нижние почвенные горизонты обычно бывают солонцеваты, что подтверждает предшествовавшее засоление их. Как уже указывалось выше, характер засоления лессов исключительно сульфатный, хлориды же или отсутствуют, или имеются в ничтожном количестве.

В то же время грунтовые воды, циркулирующие в глубоких слоях лесса, имеют хлоридно-сульфатное засоление, это различие в характере засоления пород и грунтовых вод указывает на процессы рассоления лессовидных пород, протекающих в настоящее время. Выщелачивание солей начинается с более легко растворимых из них, и хлориды являются уже вымытыми. В значительной части подвергались выщелачиванию также сернокислый натрий и серно-кислый магний; они могут быть обнаружены только в местах распространения лессовидных пород с тяжелым механическим составом, где условия для их выщелачивания менее благоприятны. В последнюю очередь вымывается гипс, как соль, мало растворимая, но и он из верхних горизонтов породы или же из пород с более легким механическим составом, где условия для выщелачивания благоприятны, часто бывает вымыт начисто. Возможно, одновременно с выщелачиванием солей, происходит также растворение и вынос карбонатов и силикатов, но эти процессы, в сравнении с растворением солей, являются слишком медленными, чтобы иметь какое-либо практическое значение в смысле увеличения порозности просадочных пород.

Может быть выщелачивание солей является не единственной причиной происхождения высокой порозности в грунтах. Здесь, возможно,

участвует целый комплекс процессов, происходящих при выветривании минералов в рыхлом наносе в условиях сухого климата.

Из этих процессов наиболее вероятными, с нашей точки зрения, являются следующие:

1. Огрубление механического состава породы и уничтожение коллоидной фракции в процессе хранения породы в сухом виде, что имеется в лессе: частицы грунта при этом соединяются в агрегаты, неспособные уже к распаданию. Такие процессы огрубения (для коллоидных частиц — процессы старения) указываются в работе Терцаги (11). Так как порозность до некоторой степени зависит от механического состава, то в результате такого огрубения прежняя порозность оказывается несоответствующей новому механическому составу и должна быть понижена, что происходит после увлажнения лесса.

2. Изменение состава поглощенных оснований в породе. В период отложения лесса при высоких и засоленных грунтовых водах было преобладание поглощенного натрия над другими катионами. При последующем процессе выщелачивания породы произошла замена натрия на кальций. Вследствие того, что ион натрия является сильно гидратированным, то во влажной породе присутствие поглощенного натрия будет являться причиной увеличения кажущихся размеров частиц грунта, а, следовательно, и порозности.

Так как замена натрия на кальций происходит в сухой породе действием пленочной воды, то не наблюдается одновременного уплотнения породы. Такое уплотнение произойдет после того, как порода увлажнится на значительную глубину. Действительно, поглощенный натрий присутствует в заметных количествах и по настоящее время, что является причиной высокой щелочности водной вытяжки из этих пород. В результате его присутствия даже наиболее сильно просадочные лессы в случае увлажнения без нагрузки подвергаются энергичному разбуханию. Уплотнение их происходит только при увлажнении под нагрузкой сооружения или вышележащих слоев грунта.

Во многих просадочных районах наблюдается часто образование естественных просадок в виде блюд, окруженных концентрическими трещинами, которые появляются после выпадения ливневых атмосферных осадков. Образовавшиеся просадочные блюдца дальше развиваются в ложбинки, а последние, постепенно разрастаясь, превращаются в балки или овраги и служат как бы зародышами будущей гидрографической сети. Многие непросадочные места в просадочных районах являются таковыми потому, что просадка здесь закончилась раньше проведения канала и грунт уплотнился естественным путем, в результате промачивания его атмосферными водами.

Если признать, что образование просадочных грунтов обусловлено определенными климатическими, гидрологическими и историко-геологическими особенностями местности, то мы в праве ожидать, что где-либо в засушливых районах просадочные грунты должны образовываться и в настоящее время.

Примером такого места, где в настоящее время происходит отложение лессовидного делювия, является предсыртовая равнина Заволжья, представляющая собою делювиальный шлейф сыртов. Толща делювиальной породы около сыртов, по данным геолога Москвичева (12), достигает 30 метров, но по мере удаления от сыртов уменьшается. Делювий, слагающий предсыртовую равнину, имеет облик лесса и представляет собою продукт смыва рыхлых наносов с сыртов весенними водами. Ежегодно, во время таяния снега и ливней, сюда скатываются огромные массы воды и затопляют значительные площади в пределах предсыртовой равнины. Вместе с водой приносится большое количество тонких

глинистых частиц, а также солей. Вода, благодаря плохой дренированности равнины, в значительной части задерживается в породе. Испарение в течение лета отнимает большую часть ее. Таким образом, здесь происходит годичное колебание уровня грунтовой воды, с которым хорошо знакомо местное скотоводческое население.

В отдельные годы, когда количество снега незначительно и, поэтому приток весенней воды мал, уровень грунтовых вод падает значительно. В общем глубина грунтовых вод, в более удаленной от сыртов южной части предсыртовой равнины колеблется в пределах 3—7 метров.

Грунтовые воды, благодаря тяжелому механическому составу делювия, имеют капиллярную связь с поверхностью, и поэтому здесь мы встречаемся с преобладанием солончаков и солонцов в почвенном комплексе. Грунтовые воды являются чрезвычайно сильно минерализованными — сухой остаток достигает 70 гр на литр. Такое засоление, очевидно, является следствием того, что ежегодно сюда с весенними водами приносится с сыртов большое количество хлоридов и сульфатов, которые задерживаются породой благодаря отсутствию стока и дренажа. Следовательно, ежегодно порода обогащается огромным количеством солей, которые остаются в ней, тогда как вода испаряется.

Выше был разобран пример с распирающим действием кристаллизующихся солей в породе, который наблюдался здесь нами в 1933 году. Процесс такого накопления солей в толще делювиальной породы не происходит равномерно на больших площадях, он весьма непостоянен, так же как непостоянен и состав грунтовых вод в этих местах. Наряду с такими высоко минерализованными водами, которые залегают под положительными элементами рельефа, в понижениях мы встречаем пресные воды. Причина этого заключается в том, что в такие понижения скатываются атмосферные воды с соседних участков и, благодаря особому водному режиму их, происходит выщелачивание солей. Под понижениями почвы и породы являются выщелоченными, тогда как в соседних равнинных участках вся толща породы до грунтовых вод засолена довольно сильно. Вышеупомянутые исследования химического состава и порозности этих почв показали, что в результате накопления солей в породе происходит распирающее ее и образование выпуклых бордюров вокруг западин, выщелачивание солей влечет за собою уплотнение породы и образование микрозападин.

Исследования Саваренского (13) показали, что различие в засолении этих пород на разных элементах рельефа не ограничивается слоем до грунтовых вод, а распространяется глубже. Под пониженными элементами рельефа мы обычно встречаем большую толщу пресных вод, тогда как под положительными элементами рельефа, находящимися в непосредственном соседстве с предыдущими, имеются сильно минерализованные воды. Многочисленные буровые скважины, заложенные в пределах предсыртовой равнины, в целях разведки на воду показали, что глубокие слои породы, являющиеся водоносными пластами, часто содержат большое количество гипса. Таким образом, гипсовые выделения солей в этих породах, попадая под действие грунтовых вод, не подвергаются растворению.

Процесс образования огромных толщ лессовидного загнивающего делювия представляется нам в следующем виде. Нарастающая толща породы подвергается засолению благодаря испарению в ней грунтовых вод. Одновременно с этим, по причине нарастания новых слоев породы, происходит увеличение расстояния между испаряющей (дневной) поверхностью и уровнем грунтовых вод. Это является причиной уменьшения скорости испарения грунтовых вод и в результате происходит их под-

нятие, так как иного пути для удаления с этих равнин, благодаря их недренированности, грунтовые воды не имеют. Таким образом уровень грунтовой воды поднимается вслед за поднимающимся, по причине отложения наноса, уровнем дневной поверхности, и порода находится все время под засоляющим действием грунтовых вод. Процесс такого поднятия грунтовых вод возможен в связи с поднятием базиса эрозии или погружения страны.

Наличие гумусированных прослоев в лессовидных просадочных породах гипсовых прослоев, не связанных с современным уровнем грунтовой воды, и высоких аккумулятивных терас в этих районах является подтверждением высказанных предположений о происхождении этих пород. Наличие в породе моллюсков, свойственных засушливым районам, а также и солевые выделения, указывают, что климатические условия времени отложения этой породы благоприятствовали накоплению солей в них. Благодаря этим условиям, отлагающийся лессовидный делювий подвергался засолению вслед за отложением его.

После опускания базиса эрозии, или поднятия местности, такая порода должна подвергнуться резкому изменению химического состава.

Плоская прежде равнина будет рассечена гидрографической сетью. Рельеф и микрорельеф подвергнутся изменению, благодаря воздействию эрозионных процессов и могут утратить свои первоначальные черты. Элювиальные процессы изменят почвенный покров равнины, в результате чего будет утрачена его засоленность и исчезнет комплексный характер. Только лишь глубокие слои грунта сохранят свою солончаковую породу в виде обильных выделений гипса или в виде оставшейся после его выщелачивания высокой порозности породы и, благодаря этому, будут на всякое значительное увлажнение породы реагировать уплотнением, т.е. просадками.

4. Распространение просадочных грунтов

Просадочные явления свойственны исключительно лессовым породам и хотя напоминают явления карста, но в то же время имеют и много отличий. Точно также просадочные явления отличны от провальных явлений, приуроченных к аллювиальным наносам засушливых областей, которые были описаны Туркменской экспедицией (14).

Просадки лессовых грунтов редко бывают постоянными по величине: обычно их размеры чрезвычайно изменчивы.

Это в значительной мере объясняется происхождением просадочных грунтов. Равнины, где происходило отложение лессовидного наноса, имели комплексный почвенный покров. Эта комплексность почвенного покрова вызывала пестроту в засолении пород под различными элементами комплекса, являясь также причиной пестроты в характере засоления грунтовых вод.

Естественно, что различно засоленные грунты будут при рассолении их давать породу различной порозности, а, следовательно, и различной просадочности.

Таким образом, одной из причин неравномерности в просадках является первоначальная комплексность почвенного покрова, а, следовательно, и первоначальное различие в размерах засоления. Мы можем встретить грунты, которые не будут подвергаться просадкам, несмотря на то, что после опускания уровня грунтовых вод грунт еще не проседал. Такие первично непросадочные грунты могут быть встречены в любом районе на таких элементах рельефа, которые характеризуются распространением просадочных грунтов.

Дальнейшая история еще более усложняет эту картину, при чем наиболее важным моментом здесь будут естественные просадки, которым

подвергаются лессовидные породы. Эта эволюция происходит при воздействии климатических факторов и сопровождается также эволюцией рельефа, причем, как просадочные явления оказывают влияние на развитие рельефа, так и рельеф в свою очередь отражается на просадочных свойствах. Возникают вторично непросадочные грунты, которые образуются на просадочных в результате естественных просадок.

Таким образом, современное распространение просадочных грунтов является, во-первых, следствием благоприятных условий для засоления, которые существовали в период отложения породы и выражавшихся в близости грунтовых вод и сухом климате, во-вторых, следствием современных условий, выражающихся также в засушливом климате, который предохраняет от сплошных естественных просадок и как бы консервирует рыхлое сложение породы, и в глубоком залегании грунтовых вод, которое является результатом низкого уровня базиса эрозии, что обеспечивает расслоение породы даже в условиях засушливого климата.

Климат периода расслоения оказывает существенное влияние на характер распределения просадочных грунтов, на равномерность просадочных явлений. Если атмосферные осадки выпадают такими малыми порциями, что количество их недостаточно для того, чтобы увлажнить большую толщу грунта, то естественных просадок происходить не будет, хотя выщелачивание солей из породы происходит в этих условиях. В таких районах просадочные свойства породы будут хорошо сохраняться. Такие условия мы наблюдаем в среднеазиатских просадочных районах, где, благодаря климату и незначительному количеству осадков естественных просадок не наблюдается, хотя все легко растворимые соли вымыты, а иногда вымыт даже гипс. Здесь просадки отличаются большим постоянством по своим размерам.

Такому сохранению просадочных грунтов в некоторых районах Средней Азии благоприятствует также пересеченный рельеф лессовых пространств, благодаря которому атмосферные осадки не могут скапливаться и застаиваться на поверхности и быстро отводятся в овраги.

Совершенно иной характер имеет распределение просадочных лессов на Северном Кавказе, где атмосферные осадки более обильны и выпадение их имеет часто ливневой характер, что вместе с плоским рельефом местности создает условия, благоприятные для скапливания дождевой воды в различных микропонижениях. Благодаря этому, после выпадения ливней, здесь появляются глубокие просадочные блюдца, окруженные концентрическими трещинами, со ступенчатыми сбросами по трещинам, достигающим 50 см. Таким образом, происходит естественное проседание породы и рост непросадочных площадей. Но естественные просадки на водораздельных пространствах не приводят к полному проседанию всей территории. В результате естественных просадок здесь только лишь образуется система мелких балочек, которые отводят воду с поверхности просадочных территорий. Естественные просадки, улучшая условия стока атмосферных осадков, тем самым создают условия для лучшего сохранения остальной части просадочных грунтов, они как бы консервируют просадочные грунты. Следовательно, с развитием рельефа естественные просадки постепенно прекращаются. На этой стадии в развитии рельефа просадочность может сохраняться длительное время, даже в условиях умеренного климата.

Таким образом, наличие просадочных грунтов в том или ином районе указывает, что отложение лессовидных пород здесь сопровождалось процессами засоления их. Поскольку правильно указание, которое мы встречаем у Личкова (15) и Герасимова (16) о предшествовавших периодах засушливого климата, охвативших в начале послеледниковое время всю Евразию, постольку является обоснованным предполо-

жение о широком распространении просадочных грунтов. Но естественно, что многие из лессовых пород, бывших первоначально просадочными, попадая в условия влажного климата, утратили это свойство — так как сохранение его также требует условий сухого климата. При современных климатических условиях мы встречаем просадочные лессы в Средней Азии, Закавказье, на Северном Кавказе. Здесь они обнаружили себя при проведении каналов.

Практика строительства промышленных сооружений за период первой и начала второй пятилеток показала, что просадочные лессы распространены не только в засушливых областях полупустыни и сухой степи, но могут встретиться и в более влажных климатических областях. Так, например, в статье Ю. А. Абелева приведены случаи просадочных явлений на Кузнецкстрое, в Бобриках и в городе Туле. Естественным является различие в просадках, свойственных разным областям. Различие это прежде всего касается распространения просадочных лессов.

Вблизи северной границы области распространения просадочных лессов они в значительной части успели утратить свои просадочные свойства и стать непросадочными. Здесь они встречаются редко и в тех местах, где в лессовидной породе существуют горизонты с постоянной низкой влажностью, так называемый „мертвый горизонт“ Высокого, значительной мощности.

Просадочные явления в северной части области их распространения по своей интенсивности также не представляют того грандиозного зрелища, какое обычно наблюдается на юге. На севере они обычно ограничиваются немногими десятками сантиметров и даже менее, тогда как для юга характерны просадки с вертикальным смещением грунта до 2 метров. Ю. А. Абелев, занимавшийся исследованием просадочных грунтов в северных районах, характеризует их как грунты, дающие под нагрузками дополнительную осадку при увлажнении: просадочные же грунты юга дают осадку без всяких нагрузок.

Наблюдения над лессовыми грунтами под обыкновенным черноземом в Алханчуртской долине показали большую плотность сложения, отличающую его от лессов просадочных районов Северного Кавказа. Он является более влажным и имеет морфологические признаки выщелачивания гравитационными водами, в виде потоков, распространяющихся на большую глубину, чего никогда не бывает в типично просадочных грунтах, распространенных в зонах сероземов, каштановых почв и южных черноземов. Таким образом районы более влажного климата с почвенным покровом, представленным обыкновенным черноземом, могут иметь в качестве подпочвы лессовидную, непросадочную породу. В таких местах просадки будут гораздо реже и менее интенсивными.

Сохранение лессовидной породой просадочных свойств в условиях северной части черноземной полосы может иметь место в сравнительно редких случаях в тех местах, где условия стока благоприятны. Вследствие этого большая толща породы может длительное время сохраняться, не подвергаясь увлажнению атмосферными водами настолько, чтобы могла произойти просадка. На известных стадиях развития рельефа овражная сеть становится настолько разветвленной, что в условиях севера черноземной полосы может обеспечить такой сток атмосферной воды, но значительная часть лессов, очевидно, утрачивает свои просадочные свойства раньше.

Таким образом, область широкого распространения просадочных грунтов, где они могут длительно существовать, сохраняя свои свойства, совпадает с областью недостаточного увлажнения. Сюда могут быть включены: зона сероземов, зона каштановых почв и южная часть чер-

ноземной зоны; в зоне деградированных черноземов лессы склонны утрачивать свою просадочность. Здесь просадки могут встречаться спорадически в местах с хорошим стоком и глубоким уровнем грунтовых вод, хотя последнее условие обязательно для всех областей.

5. Свойства просадочных грунтов

Механический состав

Просадочные грунты характеризуются своим лессовым обликом, хотя по механическому составу варьируют в довольно широких пределах. На Северном Кавказе они изменяются от тяжелых лессовидных суглинков и даже лессовых глин в западной части их распространения, в Малой Кабарде и в Алханчуртской долине, до легких лессовидных суглинков и лессовидных супесей, которые распространены в восточной части области. При этом переход между ними довольно постепенный.

В таблице 12 приведены механические анализы по нескольким шурфам, при чем северо-кавказские грунты анализировались по методу Робинсона, без предварительной отмывки солей, что, несомненно, давало несколько более легкий механический состав, чем это было в действительности.

Механический состав лессовидных пород из просадных районов

Таблица 12

Северный Кавказ							
№ шурфа и район	Глубина в м	1,0 —	0,25 —	0,05 —	0,01 —	0,005 —	0,001
		0,25	0,05	0,01	0,005	0,001	+соли
46 у села Степного	2,0	1,07	39,26	40,38	10,86	3,82	4,59
	3,0	0,80	51,55	34,85	9,74	1,12	1,94
	4,0	1,01	43,74	41,16	10,21	1,84	2,04
	5,0	0,94	43,59	37,87	13,82	1,43	2,36
	6,0	0,57	51,72	32,22	11,21	1,84	2,45
	7,0	1,81	53,52	34,17	7,40	0,97	1,84
	9,0	1,20	45,84	36,33	14,16	1,33	1,13
40 у станции Солдатской	1,0	0,20	5,06	60,86	27,20	1,57	5,11
	3,0	0,29	3,37	61,59	30,17	0,63	3,95
	5,0	0,41	1,06	54,76	41,04	0,66	2,07
	7,0	0,40	12,83	55,21	28,78	0,78	1,99
	9,0	0,51	18,78	71,40	0,76	1,50	6,95
	11,0	2,46	17,04	62,06	9,06	2,13	7,25
	13,0	2,30	22,38	57,07	11,29	0,63	6,33
	15,0	0,63	9,41	36,23	47,83	2,63	3,27

Приведенные анализы показывают, что механический состав просадочных грунтов отличается полным отсутствием фракций крупного и почти полным отсутствием среднего песка (фракция 0—0,25). Фракция мелкого песка в одном из грунтов (шурф № 46) является преобладающей, тогда как во всех остальных преобладает пылеватая фракция.

Просадочные грунты Закавказья, по данным Хеладзе, (19) также являются лессовидными суглинками.

В бассейне реки Чирчик лессы по механическому составу становятся более легкими и даже песчанистыми на запад. Таким образом, просадочные суглинки могут варьировать от тяжелых лессовидных суглинков и лессовидных супесей. Песчаные породы никогда не бывают просадочными. Для отличия непросадочных песчаных грунтов от просадочных грунтов легкого механического состава может быть указан следующий способ: если грунт, несмотря на свою песчаность, сцементирован солями и карбонатами настолько, что может держать вертикальную стенку, то в таком грунте можно ожидать просадок.

Засоление просадочных грунтов

Лессовидные породы в просадочных районах по химическому составу отличаются чрезвычайно высоким содержанием карбонатов. Так, в северо-кавказских лессах количество карбонатов колеблется в пределах 10—15%, не опускаясь ниже 5% и не поднимаясь выше 22%. В лессах долины Вахш оно равно примерно 12—18%, снижаясь в отдельных случаях до 8%. Такая же высокая карбонатность свойственна и грунтам из бассейна р. Чирчик.

Лессовидные породы, как уже упоминалось выше, часто отличаются высоким содержанием сульфатов, в особенности гипса. В отдельных случаях количество его может достигать выше 25%. Так, например, в грунте из шурфа в долине Вахша было определено 14,5% SO_4 , что в пересчете на $\text{Ca SO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$ дает 26%. В характере засоления, как уже упоминалось, обращает внимание незначительное содержание хлоридов, при чем хотя оно и незначительно, но в то же время очень равномерно по всей толще породы. В некоторых случаях встречаются отступления от этого правила, заключающиеся в том, что распределение хлоридов является неравномерным. Это всегда наблюдается в грунтах, подвергающихся просадке, но которые уже просели в прошлом, и объясняется оно, очевидно, тем, что вода, проникающая в грунт перед просадкой, производит перераспределение солей. Первые порции фильтрующейся воды, идущие в голове фильтрационного потока, растворяют все легко-растворимые соли, имеющиеся в грунте, а затем при прекращении нового поступления воды, эти соли вместе с водою могут задержаться в грунте в том или ином слое его. Таким образом, этот слой обогащается хлоридами за счет вышележащих слоев. Такое перераспределение хлоридов в грунте наблюдалось при просадках после пуска воды в канал Малка-Кура.

Различные соли, которые могут встретиться в просадочном грунте, по-разному отражаются на его просадочных свойствах. Если грунт засолен сульфатами магния или натрия, растворимость которых очень высока, то эти соли при проникновении воды в грунт, растворяются в первых же порциях воды, фильтрующейся в грунт освобождая, таким образом объем, занятый ими, и теряя свои свойства цемента, способного склеивать почвенные частицы.

Следовательно, легко растворимые соли по своему воздействию на просадочные свойства грунта мало отличаются от пустых пор, так как быстро растворяются и в растворенном состоянии не оказывают сопротивления уплотнению грунта. Гипс, благодаря его малой растворимости, ведет себя иначе. Он медленно удаляется из грунта, почему просадки в случае высокого содержания гипса принимают затяжной характер.

Возможно, существует также воздействие солей на просадочные свойства грунта совершенно иным путем, а именно: каждая соль может по-своему отражаться на механических свойствах грунта. В результате этого зависимость порозности грунта от нагрузки в присутствии разных солей может быть различной. Нами для проверки этого предположения был поставлен следующий опыт: взято семь навесок лессовидного незасоленного суглинка по 350 гр. Каждая навеска помещалась в мерный цилиндр, емкостью 0,7 литра, куда приливалось по 400 куб.см следующих растворов:

Цилиндр № 1	— дистиллированная вода
“ № 2	— раствор Na_2SO_4 — 0,2%
“ № 3	— Na_2SO_4 — 1,0%
“ № 4	— Na_2SO_4 — 3,0%
“ № 5	— NaCO_3 — 0,2%
“ № 6	— Na Cl — 0,2%
“ № 7	— Na Cl — 1,0%
“ № 8	— CaSO_4 — 0,2%

После этого содержание цилиндров было тщательно размешано и в течение суток время от времени взбалтывалось. Затем цилиндры оставлены для отстаивания, и в них производились отсчеты объема, занятого породой, до тех пор, пока изменение объема прекратилось. Результаты этого опыта (см. таблицу 13) показали, что наиболее плотное сложение получается в растворе хлористого натрия и наименее плотное в растворе соды. При чем в однопроцентном растворе NaCl суглинок уплотнился к концу второго дня, тогда как в остальных этот процесс происходил медленно.

Причина наименее плотного сложения, получаемого с раствором соды, понятна, имея в виду ее диспергирующее действие. Оседание в растворе гипса, в 0,2 процентном растворе поваренной соли и в дистиллированной воде имеет большое сходство, что, очевидно, является следствием карбонатности этого лесса, благодаря чему прибавление небольших количеств нейтральных солей не может существенно изменить коагулирующего действия карбонатов, имеющихся в породе. Однопроцентный раствор хлористого натрия выделяется среди всех других солей своим резким осаждающим действием. Серно-кислый натрий ведет себя иначе. Наиболее сильное осаждающее действие показала самая низкая концентрация этой соли, 0,2%, наоборот, концентрация в 3% почти не отличалась по своему действию от дистиллированной воды, а концентрация в 1% осаждала еще слабее. Отсутствие повышения осаждающего действия при повышении концентрации серно-кислого натрия объясняется очевидно, тем, что серно-кислый натрий с углекислым кальцием грунта образует соду по следующему уравнению:



Эта реакция имеет широкое распространение в засоленных почвах. При небольших концентрациях серно-кислого натрия она не может происходить в сколько-нибудь заметных размерах, так как в левой части уравнения мы имеем мало растворимый карбонат. При повышении концентраций серно-кислого натрия растворимость углекислого кальция возрастает и одновременно резко понижается растворимость гипса, т. к. последний имеет с серно-кислым натрием общий ион, благодаря чему реакция идет в сторону образования гипса и соды. Появляющаяся сода и вызывает пептизацию почвенных частиц. Действительно в наших опытах с серно-кислым натрием влияние соды совершенно отсутствует при низкой концентрации Na_2SO_4 0,2% и начинает заметно сказываться только при концентрации в 1%, которая превышает растворимость гипса.

К сожалению, по независящим от нас обстоятельствам мы не могли произвести исследования зависимости порозности от нагрузок в увлажненных различными солевыми растворами грунтах.

Осаждение лесовидного суглинка в растворах различных солей

Таблица 13

	1-й цилиндр дист. воды	2-й ци- линдр 0,2% Na ₂ SO ₄	3-й ци- линдр 10% Na ₂ SO ₄	4-й ци- линдр 3,0% Na ₂ SO ₄	5-й ци- линдр 0,2% Na ₂ SO ₃	6-й ци- линдр 0,2% NaCl	7-й ци- линдр 1,0% NaCl	8-й ци- линдр 0,2% CaSO ₄
Объем в конце 1-го дня . . .	365	354	394	366	425	360	309	400
2-го дня . . .	318	313	340	324	360	319	300	336
5-го дня . . .	313	308	319	315	331	314	300	316
6-го дня . . .	313	308	318	315	330	313	300	315
7-го дня . . .	313	308	318	315	330	313	300	315

Водопропускная способность просадочных грунтов

Из физических свойств лессовидных пород более подробно исследовались фильтрационные свойства. Работами Замарина установлено, что действительный коэффициент фильтрации их значительно (раз в 16) выше, чем коэффициент фильтрации, вычисленный по механическому составу. Это, очевидно, является следствием высокой карбонатности лесса, является устойчивой и не уменьшается под действием фильтрующейся воды.

Порозность просадочных грунтов

Наиболее важным и характерным для просадочного грунта физическим свойством является его объемный вес и порозность. Как уже упоминалось в главе о причинах просадок, объемный вес просадочных грунтов ниже, а порозность выше, чем непросадочных. Здесь необходимо отметить, что методика определения объемного веса стальными цилиндрами, применявшаяся до настоящего времени при изучении просадочных грунтов, является мало пригодной, а для многих районов Средней Азии — совершенно непригодной. Это происходит потому, что при забивании стального цилиндра в лесс, который обычно является сухим и очень твердым, происходит нарушение его сложения и изменения плотности; кроме того, часто встречаются такие твердые грунты, что в них совершенно невозможно забить цилиндр. Поэтому необходимо применять метод погружения в ртуть или же метод

погружения в воду куска грунта, покрытого не пропускающей воду пленкой, несмотря на то, что в полевых условиях эти методы являются менее удобными.

Другая особенность порозности просадочных грунтов состоит в том, что она чрезвычайно непостоянна, при чем в отдельных случаях величина ее достигает 60%.

Очень часто более глубокие слои грунта оказываются более пористыми, чем вышележащие. Таким образом порозность их не зависит от величины нагрузки, которая получается вследствие давления вышележащих слоев.

Это, очевидно, объясняется тем, что в настоящее время просадочные лессы в сухом состоянии представляют не сыпучее, а твердое пористое тело, и теряют это состояние только при увлажнении. Будучи увлажненными, они превращаются в полужидкую массу, которая ведет себя уже как сыпучее тело и подчиняется правилу зависимости порозности от нагрузки. Действительно, грунт в местах, где просадки, очевидно, произошли естественным путем, вследствие увлажнения атмосферными осадками, т.е. в понижениях, имеет порозность, уменьшающуюся с глубиной.

Для примера приводим порозность по нескольким шурфам в непросадочных местах на Северном Кавказе (см. таблицу 14).

На основании нескольких непросадочных шурфов, нами в 1932 году была предложена формула зависимости порозности от глубины для лессовидного грунта, который не дает просадки по причине плотности сложения. Очевидно просадочный грунт после окончания просадки будет иметь такую же порозность. Она имеет следующий вид:

$$P = (46 - Kn)\%,$$

где p — глубина в метрах,
 K — коэффициент, равный 0,4.

Предложенная формула может быть применена для ориентировочных расчетов, при чем необходимо отметить, что с глубины 18 метров и выше порозность, вычисленная по этой формуле, является заметно более низкой, чем это бывает в непросадочном грунте на соответствующей глубине. Это же наблюдается и на глубине до 2-х метров хотя в случае просадочного грунта порозность слоя до 2-х метров после проседания оказывается заметно ниже, чем должна бы быть по формуле. Здесь, очевидно, сказывается влияние повышенного количества органического вещества, обычно встречающегося в верхних слоях непросадочного грунта, которое делает сложение грунта более рыхлым и устойчивым, несмотря на рыхлость сложения.

Интегрируя вышеприведенное уравнение, для суммы порозности слоя от 0 до p метров, получаем следующее выражение

$$\sum_0^p P = 46 p - 0,4 \int_0^p n dn$$

освобождаясь от интеграла, будем иметь

$$\sum_0^p P = 46 p - 0,2 p^2$$

Равномерность просадочных свойств

Величина просадочных явлений представляется одним из важнейших вопросов выбора места для строительства какого-либо сооружения, выбора направления канала и даже выбора места для оросительной системы. Смотря по размерам просадочных явлений, разрушения на проводящей сети и орошаемых площадях будут различными, при чем тогда как в одних случаях просадки являются почти непреодолимым препятствием для освоения орошаемых площадей, во всяком случае, освое-

ние сопряжено с колоссальными затратам, в других случаях эти затруднения незначительны.

Порозность непросадочных грунтов

Таблица 14

Глубина в м	Шурф № 64	Шурф № 41	Шурф № 62	Шурф № 13	Шурф № 26	Порозность по формуле
1	47,9	49,4	45,0	—	48,0	46,6
2	46,1	48,8	44,4	50,0	40,2	45,2
3	46,5	46,4	44,0	49,0	46,6	44,8
4	43,6	44,0	46,2	45,6	46,2	44,4
5	43,5	44,4	47,3	44,5	44,0	44,0
6	43,3	44,0	46,4	41,7	41,2	43,6
7	43,3	42,6	46,0	42,3	40,4	43,2
8	42,0	42,6	46,9	41,9	—	42,8
9	42,4	—	46,5	—	—	42,4
10	41,8	—	44,0	—	—	42,0
11	43,1	—	43,3	—	—	41,6
12	41,2	—	42,7	—	—	41,2
13	40,2	—	41,1	—	—	40,8
14	42,5	—	40,7	—	—	40,4
15	40,4	—	37,8	—	—	40,0
16	38,9	—	37,7	—	—	39,6
17	43,4	—	39,9	—	—	39,2
18	40,4	—	33,1	—	—	38,8
19	40,4	—	38,3	—	—	38,0
20	39,9	—	—	—	—	36,7
21	39,4	—	—	—	—	37,2

Кроме глубины просадок, большое значение имеет и равномерность их. В случае равномерных просадок их легче учесть при проектировке и ввести необходимые поправки, тогда как при неравномерных просадках это представляется затруднительным. Обычно равномерность или неравномерность просадочных явлений представляется причиной различия в строении просадочных районов. Тогда как равномерно просадочные грунты свойственны районам с большими уклонами местности, неравномерно просадочные грунты распространены в районах с равнинным рельефом. В результате такого различия в рельефе просадки на проводящей сети будут приносить большие разрушения в случае равно-

мерно просадочного грунта, а на орошаемых площадях, наоборот, в случае неравномерно просадочного грунта (см. табл. 16). В равнинных районах проводящая сеть, несмотря на просадки, может при небольших исправлениях продолжать работу, тогда как в местности с большими уклонами просадки будут являться постоянной причиной прорывов канала вниз по склону. В таких районах проводящая сеть неизбежно должна строиться в глубокой выемке.

В то же время на орошаемых площадях в условиях больших уклонов просадочные явления не служат причиной невозможности полива, тогда как просадки орошаемых площадей в условиях равнинного рельефа приводят к частичной потере командования каналами и сильному разрушению мелкой сети. Орошаемые площади после нескольких поливов приобретают такой рельеф, что дальнейшие поливы становятся невозможными.

Таким образом, несмотря на то, что в просадочных районах с большими уклонами местности проводящая сеть, благодаря просадкам, удорожается больше, чем в равнинных, все же здесь орошение имеет более вероятия на успех, по причине меньших повреждений орошаемых площадей и мелкой сети.

Примером этого может служить канал Джун в Средней Азии, где, несмотря на чрезвычайно сильные просадки, орошение хлопка не встречает затруднений, тогда как на Мало-Кабардинской системе при таких же просадках в условиях равнинной местности освоение орошаемых площадей оказалось пока невозможным.

Таблица 15

	Уклоны местности	Максимальная просадка	В пределах района		В пределах участка		
			Средняя просадка	Коэффициент неравно- мерности	Максималь- ная просад- ка	Средняя просадка	Коеф. не- равномер- ности
Сев. Кавк. бас. реки Терек							
Канал магистр. Малка-Кура	0,004	1,7	0,6	1,8	1,5	0,7	1,1
Канал Мало-Кабардинск	0,006	2,2	1,2	0,8	2,0	1,1	0,8
Среди. Аз. бас. р. Чирчик							
Канал Джун (магистр')	0,04— 0,08	2,2	1,3	0,7	1,5	1,3	0,2
Канал Д а м	0,04 0,10	1,5	8,0	0,9	1,4	1,3	0,1
"	"	"	"	"	0,7	0,65	0,1

Здесь мы приводим таблицу просадочных явлений в зависимости от рельефа (см. таблицу 15).

Для примера взяты четыре оросительных системы. Размеры просадок определялись примерно наглаз. Коэффициент неравномерности представляется выражением

$$\frac{A-B}{B}$$

где А — максимальная, а В — средняя величина просадок.

Первый коэффициент неравномерности высчитывается для района протяжением не менее 2-х км и второй для участка протяжением около 200 метров.

Для канала Дам коэффициенты неравномерности высчитаны для двух различных участков.

Следующая таблица 16 дает характер повреждений на ирригационных системах в условиях различной просадочности

6. Исследования просадочных грунтов

Весьма важным моментом в практике строительства оросительных систем представляется своевременное определение, является ли район или часть его просадочным или нет. Незнание этого вопроса может привести к пагубным, иногда непоправимым результатам, тогда как учет просадочности грунта еще при проектировке системы может эти убытки сделать ничтожными и позволит избежать многочисленных аварий.

Как это явствует из главы о распространении просадочных грунтов, просадочными оказываются все районы распространения лессовидных пород в засушливых областях, где есть потребность в орошении. В то же время до настоящего времени еще неизвестны просадочные явления на иных породах, хотя явления аналогичного порядка описаны в отчете Туркменской экспедиции (14), а также наблюдались нами на Каспийской равнине в Заволжье. Но все же в этих условиях явления опускания грунта ни по размерам, ни по значению для оросительных систем не могут идти в какое-либо сравнение с просадочными явлениями на лессовых грунтах. Также некоторое сходство по своему внешнему виду с просадочными явлениями может иметь явление карста, в особенности в таких породах, как сильно загипсованные пермские глины. Такие породы встречаются в бассейне р. Келеса в Средней Азии, по соседству с просадочными грунтами.

Выделение просадочных площадей среди какого-либо района должно быть связано с изучением геоморфологии этого района и гидрогеологией четвертичных отложений; без детального ознакомления с геологией и гидрогеологией четвертичных отложений всякие прогнозы о просадочности района будут мало надежными.

Общим положением, одинаково правильным для всех районов, является непросадочность речных террас, тальвегов, хорошо выработанных балок, саев. Точно также обычно непросадочными являются места, где толща лесса незначительна (5—7 метров), а под нею залегают галечники.

Как уже упоминалось выше, просадочные территории по характеру просадочных явлений могут быть или равномерно просадочными, или неравномерно просадочными. В первом случае величина просадок довольно стабильна и изменения ее происходят только при переходе с одного геоморфологического элемента на другой. Во втором случае величина просадок также зависит от местоположения, но в то же время резкие изменения в размерах просадок происходят даже в пределах одного геоморфологического элемента при отсутствии какого-либо изменения в рельефе. При этом иногда размеры просадок изменяются через каждый метр, просадки имеют пятнистый характер, как бы отражая существовавший прежде рельеф.

Такое различие в характере просадочности является следствием различного строения местности. Равномерно просадочные грунты приурочены к районам с волнистым рельефом, характерным для лессовых

Размеры вертикального смещения поверхности почвы при просадках

Коэффициент не- равномерности просадок		Размеры вертикального смещения поверхности почвы при просадках				
В пределах (2—3 км)	В пределах (200—250 м)	Размеры вертикального смещения поверхности почвы при просадках				
1	2	3	4	5	6	7
> 0,5	> 1,0	1,5—2,5 м	1,0—1,5 м	0,6—1,0 м	0,3—0,6 м	0,0—0,3 м
		Чрезвычайно сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Чрезвычайно сильные повреждения всей проводящей сети, с выходом из строя отдельных частей ее. Рельеф орошаемых площадей нарушается и приходит в состояние, непригодное для полива.	Сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Значительные повреждения всей проводящей сети с довольно частым выходом из строя отдельных ее частей. Сильные разрушения рельефе орошаемых площадей, в результате чего они становятся непригодными для полива.	Довольно частые повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Повреждения проводящей сети, часто выходящие необходимость ремонтов. Нарушения рельефа орошаемых площадей и ухудшение условий полива.	Редкие и незначительные повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Незначительные повреждения проводящей сети, обычно не выходящие необходимости ремонтов. Иногда нарушения рельефа орошаемых площадей.	Очень редкие и ничтожные повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Повреждения на проводящей сети и орошаемых площадях не имеют значения.
> 0—5	0,5—1,0	Чрезвычайно сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Чрезвычайно сильные повреждения всей проводящей сети с выходом из строя отдельных частей ее. Рельеф орошаемых площадей нарушается и приходит в состояние, непригодное для полива.	Сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Значительные повреждения всей проводящей сети с нередкими выходами из строя отдельных частей ее.	Частые повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Повреждения проводящей сети, часто выходящие необходимость ремонтов.	Значительные повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Незначительные повреждения проводящей сети. Иногда нарушения рельефа орошаемых площадей.	Очень редкие и ничтожные повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Повреждения на проводящей сети и орошаемых площадях не имеют значения.

¹ Подразумевается везде арочный полив.

1	2	3	4	5	6	7
$>0,5$	00—0,5	Чрезвычайно сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Чрезвычайно сильные повреждения проводящей сети. Рельеф орошаемых площадей иногда приходит в состояние непригодное для полива ¹ .	Сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Весьма значительные повреждения проводящей сети. Нарушение рельефа орошаемых площадей, в результате чего затрудняются условия полива.	Очень частые повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Частые и довольно сильные повреждения проводящей сети. Изредка нарушения рельефа орошаемых площадей ¹ .	Незначительные, но частые повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Частые незначительные повреждения проводящей сети. Орошаемые площади повреждаются только в незначительных случаях.	Довольно частые, но незначительные повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Повреждения на проводящей сети и орошаемых площадях не имеют значения.
0,0—0,5	0,0—0,5	Чрезвычайно сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Чрезвычайно сильные повреждения сети с частым выходом из строя отдельных частей ее. Орошаемые площади не повреждаются или повреждаются незначительно ¹ .	Сильные разрушения гидротехнических сооружений и мостов. Чрезвычайно сильные повреждения крупной проводящей сети с частым выходом из строя отдельных частей ее. Орошаемые площади повреждаются незначительно или не повреждаются ¹ .	Очень частые повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Постоянные довольно сильные повреждения проводящей сети. Орошаемые площади не повреждаются ¹ .	Незначительные, но частые повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Частые незначительные повреждения проводящей сети. Орошаемые площади не повреждаются ¹ .	Довольно частые, но незначительные повреждения гидротехнических сооружений и мостов. Повреждения на проводящей сети и орошаемых площадях не имеют значения.

¹ При орошении непрерывным затоплением повреждения орошаемых площадей принимают такие же размеры, как и в районах с коэффициентом неравномерности 1,0.

плато в Средней Азии, тогда как неравномерно просадочные территории имеют равнинный рельеф.

Среди вопросов, которые могут быть поставлены перед исследователем просадочных грунтов, одним из основных является вопрос о глубине просадки. Возможны следующие постановки этого вопроса:

1. Определение максимальной величины просадки в каком-либо районе.

2. Определение минимальной величины просадки на определенном отрезке трассы канала. Такой вопрос ставится с целью узнать отметку горизонта воды, на котором будет держаться вода в канале после того, как произойдет просадка этого участка.

3. Определение размеров просадки в каком-либо определенном пункте.

4. Определение средней величины просадки на каком-либо участке трассы канала, или на определенной территории.

В связи с последним определением ставится также определение коэффициента неравномерности просадки.

Определение глубины просадки, смотря по цели, с какой они делаются, может производиться разными способами и с разной степенью точности.

Наиболее простым способом определения величины просадок является способ, предложенный впервые В. С. Гвоздевым (1). Он основан на определении глубины степных блюдеч, образовавшихся вследствие естественных просадок. Этот способ является наиболее легким и дешевым. В случае применения его необходимо всегда учитывать, что процесс естественного проседания происходит не сразу, а очень медленно, так как количество атмосферных осадков, способных задерживаться в таком блюдце в результате одного ливня — незначительно; поэтому процесс выщелачивания гипса затягивается на значительный период. Одновременно с процессом оседания такого блюдца процесс денудации работает в другом направлении. Происходит смыл мелкоземистого материала с возвышенных мест вокруг западины и отложение его в западине. Кроме этого, часто грунт в таких блюдцах является не окончательно просевшим, и это обычно наблюдается в хорошо выраженных блюдцах, которые не успели подвергнуться длительному действию нивелирующих процессов денудации.

Все это и является причиной того, что глубина естественных просадочных блюдеч обычно бывает в полтора и даже в два раза меньше максимальных размеров просадок в этом районе. Таким образом, при определении максимальной глубины просадки по этому способу нужно глубину просадочных блюдеч увеличить вдвое.

Другой особенностью этого метода является его ограниченная применимость, так как естественные просадки происходят далеко не во всех просадочных районах. Они не происходят в районах, где грунт не является просадочным сильно, а также в таких районах, где грунт хотя и способен к сильным просадкам, но естественные просадки исключены, благодаря большим уклонам местности, что не позволяет скапливаться атмосферным водам.

Следующий способ для определения размеров будущих просадок основан на сравнении порозности грунта, интересующего нас, с пористостью грунта, уже подвергшегося просадкам. Выше мы привели формулу порозности непросадочного (подвергшегося просадкам) грунта. Эта формула нуждалась в исправлении и, требуя проверки применительно к особенности породы в каждом новом районе, может быть применена для определения размера просадки.

Расчет просадки делается следующим образом:

$$\sum [p_1 + p_2 + \dots + p_n] - [46n - 0,2n^2]$$

где p_1, p_2, p_3 и т. д. — порозности соответственно на глубинах 1 метр, 2 метра, 3 метра и т. д.;

n — глубина просадочного грунта.

К полученной таким образом величине необходимо прибавить увеличение порозности просадочного грунта, которое произойдет в результате вымывания солей.

Введение солевой поправки делается следующим образом. По содержанию в водной вытяжке SO_4 , Ca и Mg рассчитывается, сколько различных сульфатов мы имеем в породе; сюда причисляется также гипс, определенный по валовому содержанию SO_4 . Из полученных цифр по удельному весу каждой соли определяется объем, занятый солями. Для упрощения этого расчета можно условно все соли приравнять к гипсу, тем более, что расчет является только приближенным, и ничтожная ошибка, которая получится в результате этого допущения, не будет иметь большого значения.

Расчет объема, занятого гипсом, может производиться по следующей формуле:

$$V \% = \frac{1,8 M.d}{C}$$

где M — содержание SO_4 в %;

C — удельный вес гипса по Батурину¹, равный 2,32;

d — объемный вес почвы. Объем гипса получаем в процентах.

В таких случаях, когда мы не знаем порозности грунта после просадок, ее можно определить на основании исследований зависимости порозности грунта от нагрузки, при увеличении нагрузок через 0,2 килограмма на кв. см., так как, примерно, такая нагрузка получается от давления слоя грунта толщиной в 1 метр при полной влагоемкости его. Надлежаще проведенные исследования зависимости порозности лесса от нагрузки могут дать материал для исправления предложенной выше формулы.

Наконец, порозность грунта после просадки может быть определена в местах искусственных просадок под специально заложенными для этого котлованами или опытными участками канала. Исследование просадок в особо ответственных местах, предназначенных для строительства крупных сооружений, также должно включать опытные котлованы. Этот способ исследования является наиболее надежным средством для распознавания характера просадочности грунта, так как дает характеристику просадочных свойств не только с суммарно-количественной стороны, но и со стороны динамики процесса уплотнения грунта.

Котлованы могут применяться и с практической целью, как способ предупреждения просадочных явлений. Опытные участки канала могут дать представление не только о величине просадок, но и о их равномерности, при чем для того, чтобы получить ответ на последний вопрос, канал следует направлять поперек общего падения местности (по горизонтали) и пересечь несколько различных элементов рельефа.

Площадь живого сечения котлована не должна быть очень малой по двум причинам: во-первых, при малых размерах котлована процесс проседания происходит медленно; во-вторых, в случае малого котлована на величине вертикального смещения поверхности при просадке будет сильно отражаться боковое движение грунта; и та поправка, кото-

¹ См. Батурина В. П., Справочное руководство по петрографии осадочных пород.

рую рекомендуют вводить для вычисления истинной величины просадки Замарин и Решеткин (20) будет слишком большой по сравнению с величиной просадки, почему определение истинной величины просадки может быть недостаточно точным. Как минимальные размеры опытных котлованов могут быть указаны следующие: площадь живого сечения не меньше 1 кв. метра и длина не менее 10 метров. До пуска воды производится разбивка пикетов и окружающая территория нивелируется, затем периодически нивелировка производится через 5 дней наблюдения за процессом проседания котлована.

Ниже мы приводим таблицы средне-суточных просадок на котлованах в долине Вахша в Средней Азии, на котлованах в районе станции Солдатской и на опытном участке магистрального канала Малка-Кура (см. таблицы 17, 18 и 19).

Как видим из таблиц, средне-суточные просадки на северо-кавказских котлованах гораздо больше, чем на вахшских, хотя нужно принять во внимание, что последние были взяты на мало характерном месте, где заранее нельзя было ожидать сильных просадок. Как максимальная скорость проседания на вахшских котлованах может быть названа 27,7, а на северо-кавказских 51 мм в сутки. Длительность периода проседания довольно велика, особенно на участках канала, где, несмотря на трехмесячное стояние воды, просадка далеко еще не является закончившейся и скорость проседания довольно значительная. Для примера приведены пикеты № 12 и № 8, где происходило пучение грунта. Явление пучения грунта объясняется, очевидно, его способностью к набуханию, что может происходить вследствие солонцеватости. Благодаря тому, что даже в местах просадочных верхний слой грунта обычно не является просадочным, набухание этого слоя вызывает пучение в первые дни после пуска воды, а через немного дней пучение сменяется просадкой. В непросадочных местах небольшое поднятие (2—3 см) в результате пучения может удерживаться долгое время.

Средне-суточные просадки грунта на котлованах в долине Вахша в Средней Азии

Таблица 17¹

№№ нивелиров	Котлован 1-й			Котлован 2-й			Котлован 3-й		
	Время между нивел.	Общ. величина просадки в мм	Ср. суточная просадка в мм	Время между нивелировками	Общ. величина просадки в мм	Средне-суточная просадка в мм	Время между нивелировками	Общая величина просадки в мм	Средне-суточная просадка в мм
2	7 дн.	171	24,4	10	131	13,1	7 дн.	194	27,7
3	8 "	292	20,1	6	252	20,1	5 "	314	24,0
4	8 "	433	17,6	7	324	10,3	8 "	456	17,7
5		485	6,5	10	503	17,9	10 "	622	16,6
6	16 "	562	4,8	7	547	5,4	10 "	702	0,8

Необходимо отметить, что, кроме вертикального смещения просадочного грунта, происходят и горизонтальные перемещения его. По наблюдениям около станции Солдатской горизонтальные перемещения

¹ Приведенные в этой таблице цифры получены нами от инженера Г.И. Туркина (22).

Средне суточные просадки грунта в котлованах
близ станицы Солдатской

Таблица 18

№№ нивелировок	Колич. дней между нивелировками	1 котлован		2 котлован		3 котлован	
		Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная величина просадки в мм.	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм
2	7	0,0	0,0	129	18,4	00	0,0
3	2	105	52,5	259	65,0	60	30,0
4	3	226	40,3	387	42,7	190	45,0
5	3	330	34,7	488	33,7	343	51,0
6	7	481	21,6	659	24,4	540	28,1
7	7	563	11,7	778	17,0	657	16,7
8	5	616	10,6	832	10,8	710	10,6
9	33	689	2,2	929	2,9	804	2,9

пикетов на бровке опытных котлованов достигали величины 10—16 см или 11—23 % от величины вертикального смещения грунта.

Время, необходимое для того, чтобы просадки на опытном котловане закончились, различно для разных грунтов.

Если мы имеем лесс, содержащий незначительное количество гипса, просадка в котором происходит за счет порозности, то время замочки его должно быть достаточным для того, чтобы порозность всей толщи лесса успела притти в равновесие с нагрузками вышележащих слоев.

На основании котлованов в долине Вахша, где засоление грунта было незначительным, можно сказать, что замачивание в течение 45 дней не дает еще полного окончания просадки, хотя скорость проседания к концу этого времени становится ничтожной. При наличии засоления сульфатами натрия и магния скорость просадки будет, очевидно, мало отличаться от таковой при полном отсутствии солей.

Если грунт содержит значительное количество гипса, время, необходимое для его промывания, значительно удлиняется. Так, например, котлованы в районе станицы Солдатской, заложенные в месте, где толща грунта, способного к просадкам, не превышала 14 метров, но была сильно загипсованной, в особенности в нижней части, просадки длились в течение 2 месяцев и все же не закончились.

На опытном канале Малка-Кура замачивание длилось 95 дней, и все же на некоторых пикетах средне-суточная просадка в конце замачивания превышала 8 мм. Очевидно в условиях таких загипсованных грунтов опыт нельзя прекращать раньше полугода, и даже в случае отсутствия просадок замачивание нельзя окончить раньше 3 месяцев, т.-е. иногда опускание грунта начинается только спустя 2—3 месяца после пуска воды.

Необходимо иметь в виду при таких опытах, что немаловажное значение имеет также коэффициент фильтрации породы, так как от не-

го зависит скорость выщелачивания солей и скорость установления равновесия между порозностью и нагрузкой, но для выяснения этой зависимости открыто широкое поле деятельности дальнейшим исследованием.

Количество воды, которое расходуется в опытах с котлованами, также зависит от характера засоления породы, причем чем больше загипсована порода, тем больше необходимо воды для ее промывания. Нужно считать, что для промывания слоя породы глубиной в 1 кв. метр и сечением в 1 кв. метр, с содержанием гипса в 1 %, при самых лучших условиях растворения его, потребуется около 7,5 куб. метров воды в том случае, если вода после прохождения этого слоя будет насыщенной по отношению к гипсу. Если же принять во внимание, что распределение гипса в породе неравномерно и наряду с участками ее, где гипс имеется в значительных количествах, встречаются также участки, совершенно не содержащие гипса, то станет понятно, что никогда не будет растворения гипса до предела растворимости; это только идеальный, невозможный в практических условиях случай, и вода после прохождения слоя не будет насыщена гипсом.

В начале промывания, очевидно, растворение гипса будет происходить довольно быстро, и после прохождения лессовой толщи вода будет почти насыщена по отношению к гипсу, но с уменьшением содержания гипса в породе — разница между растворимостью и количеством действительно растворившегося гипса будет возрастать и скорость промывания уменьшится. В общем за все время опыта, до окончания просадок, коэффициент эффективности растворения гипса, очевидно, не превышает 0,3.

При опытах с котлованами в долине Вахша было израсходовано около 400 куб. метров воды на 1 кв. метр поверхности смоченного периметра канала, но при этом просадки не закончились и для полного окончания просадок необходимо, очевидно, не менее чем двойное количество воды.

В заключение необходимо отметить, что если в настоящее время причины просадочных явлений достаточно ясны, точно также наметились методы исследования просадочных явлений и достаточно обоснованными являются приемы картирования просадочных площадей, в то же время вопросы борьбы с просадочными явлениями, предупреждения их, превращения просадочных грунтов в непросадочные — являются почти незатронутыми, если не считать несколько отрывочных опытов с ускорением процесса проседания путем замачивания грунта через шурфы и скважины, которые были проведены Л. П. Беяковой. Ею же были сделаны попытки создать в почве непроницаемую для воды прослойку. Сюда должны быть отнесены также попытки повысить устойчивость грунта путем подземных взрывов, путем прокаливании и т. д., но эти вопросы еще ждут своего исследователя.



Таблица 19.

Средне-суточные просадки грунта на опытном участке магистрального канала Малка-Кура (Северный Кавказ)

№ пикетов	ПК 11		ПК 11а		ПК 9		ПК 9а		ПК 10		ПК 12		ПК 8		ПК 6		ПК 5		ПК 5а	
	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм	Общая величина просадки в мм	Средняя суточная просадка в мм
2 15	44	3,0	00	0,0	30	2,0	39	26	19	1,3	31*	2,1	14	1,0	238	16,6	103	6,9	121	8,1
3 20	44	0,0	9	0,5	65	1,7	80	2,0	35	0,8	93	6,2	+ 1*	+ 0,05	555	15,9	331	11,4	389	13,4
4 20	8,0	1,8	63	2,7	828	38,1	488	20,4	497	23,1	424	16,5	+ 9*	+ 0,4	740	9,2	527	9,8	588	10,0
5 10	131	5,1	131	6,8	956	13,8	615	12,7	647	7,5	537	11,3	+ 6*	+ 0,6	782	4,2	537	1,0	588	0,0
6 30	292	5,4	273	4,7	1257	10,0	852	7,9	896	8,3	751	7,1	+ 7*	+ 0,4	847	2,2	603	2,2	667	2,6

*) Происходило пучение грунта, а не просадка.

7. Список литературы

1. В. С. Гвоздев — Просадки на Мало-Кабардинской оросительной системе. Известия научно-исследовательского института, в. XXI, 1930 г.
2. Г. Н. Высоцкий — Гидрологические и гео-биологические наблюдения в Велико-Анадолу. Почвоведение, 1899.
3. А. П. Белякова — Опыты с исследованием просадок на опытных котлованах.
4. П. П. Будников — Гипс. Изд. Ак. Наук СССР, Ленинград, 1933.
5. Б. Б. Полюнов — Процессы засоления и рассоления и солевой профиль почв. Тр. Комиссии по ирригации А. Н. СССР.
6. С. С. Неустроев и Е. Н. Иванова — Почвы Моладокской степи.
7. Г. И. Покровский — Капиллярные силы в грунтах. Госстройизд, Москва, 1933.
8. Павлов — О туркестанском и европейском лессах. Бюлл. Общ. естествоиспытателей-Москва, 1903.
9. Жирмунский — К вопросу о происхождении туркестанского лесса. Бюлл. Москва. Общ. Исп. природы. Геология, № 3—4, 1925 г. Москва.
10. А. С. Берг — Почвенная теория происхождения лесса. Изв. Геогр. института, 1926, в. 6.
11. К. Терцаги — Строительная механика грунтов. Госстройиздат, 1933.
12. Москвичев — Гидрогеологический очерк Каменского района (рукопись).
13. Ф. П. Саваренский — Гидрогеологический очерк Заволжья. Труды ГГРУ, в. 44, 1931.
14. Е. Н. Иванова, И. П. Герасимов, С. С. Неустроев, О. Е. Кнорринг, Неустроева — Почвенные и ботанико-географические исследования в Кара-Калпакской автономной области. Тр. И. П. А. Н., в. 3—4, 1930.
15. Б. А. Личков — К вопросу о происхождении и истории пустынь на земле. Зап. Гос. гидр. инст. т. X, 1933.
16. И. П. Герасимов — К вопросу об эволюции пустынных песков Туркестана. Тр. Поч. Инст. А. Н. СССР, в. 5, 1931 г.
17. Г. Махов — Почвы Донецкого края. Почвоведение, 1926 г. № 3—4.
18. Ю. А. Скворцов — Проблема туркестанского и европейского лесса. Тр. Всесоюзного Геол. Развед. Упр. НКТП. Матер. по четвертич. геологии СССР, ч. 1, 1932, Москва—Ленинград.
19. И. А. Хелвадзе — Явления образования трещин и осадки грунтов вдоль оросительных каналов. Тр. Второго всесоюзного гидрогеологического съезда, ч. II, 1923 г.
20. Е. А. Замарин и Решеткин — Просадка и водопроницаемость лесса. Тр. Ср.-Аз. научно-исслед. института ирригации, Саогия, 1932, Москва—Ташкент.
21. Ю. А. Абелев — Строительные свойства лессовидных суглинков. Сборник ВНОС № 5, 1935.
22. Инж. Туркин — Предварительные результаты работ по замочке опытных котлованов на плато Ак-Газа, 1932 г. (рукопись)
23. В. И. Батыгин — К методике оценки просадочности глинистых грунтов. Гидротехническое строительство, 1933, № 7.
24. Б. Н. Михеев — Причины разрушения зданий на территории Грозненских нефтяных промыслов. Строительная промышленность, 1930, № 8—9, ст. 632—635.
25. Г. И. Покровский — Капиллярные силы в грунтах. Госстройиздат, Москва, 1933. Ленинград.