

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМ. В. Д. ЖУРИНА

Т Р У Д Ы

СРЕДНЕАЗИАТСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ИРРИГАЦИИ
ИМЕНИ В. Д. ЖУРИНА

В ы п у с к III

Ташкент - 1966

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМ. В. Д. ЖУРИНА

ТРУДЫ САНИИРИ

В ы п у с к III

Вопросы гидрологии и водного
баланса

Ташкент 1966

А Н Н О Т А Ц И Я

В сборнике рассматриваются вопросы методики составления водохозяйственного баланса, расчета испарения с водной поверхности и почвы, пространственной изменчивости атмосферных осадков и стока, методики измерения влажности почвы и осадков, а также вопросы водоснабжения.

Сборник представляет интерес для гидрологов, метеорологов, гидротехников и специалистов водного хозяйства.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

А.З.Захидов, В.П.Светицкий Водохозяйственный баланс орошаемых территорий.	I
Б.Е.Милькис, А.С.Зайцев Сравнительная оценка гидрометеорологического метода расчета испарения с водной поверхности в условиях Средней Азии.	13
Ф.Э.Рубинова, М.И. Геткер К вопросу о пространственной изменчивости годовых сумм атмосферных осадков и стока	39
Л.Н.Побережский Зависимость испарения от метеорологических условий и влажности почв применительно к различным типам их водного режима.	51
Л.Н.Побережский Поверхностный и почвенный сток с некоторых естественных подстилающих поверхностей предгорных районов Чаткальского хребта.	60
Л.Н.Побережский Некоторые пути повышения эффективности нейтронной аппаратуры для измерения влажности почвогрунтов.	69
М.И.Геткер Влияние площади на изменчивость суточных и годовых сумм осадков и учет его в гидрологических расчетах .	78
М.И.Геткер О некоторых закономерностях зонального распределения осадков и размещении сети осадкомеров для гидрологических целей.	94
В.П.Светицкий, И.Б.Деречинская, С.Р. Рустамова Возвратные воды в бассейнах рек Кафирнигана и Сурхандарьи	107
В.П.Светицкий, Г.А.Салмов Ресурсы возвратных вод в долине реки Вахш.	135
А.П.Орлова, Э.В.Шарер, Л.Н.Даниелова Исследование степени загрязнения подземного потока в бассейне р.Чирчик.	146
Э.В.Шарер, О.П.Балясников К вопросу водоснабжения Курук-Келесского массива.	154

ЗАХИДОВ А.З., СВЕТИЦКИЙ В.П.

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАЛАНС ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

(На примере Средней Азии)

Развитие орошаемого земледелия, использование гидравлической энергии рек, рост промышленного и коммунального водопотребления, сопровождающегося сбросом в источники загрязненной воды, привело к тому, что вода из неограниченного дара природы превратилась в своеобразное весьма ценное сырье, ресурсы которого не безграничны. Наличие и распределение водных ресурсов на территории в значительной степени предопределяет размещение и дальнейшее развитие отраслей народного хозяйства.

Для обоснования мероприятий комплексного использования водных ресурсов с наибольшим народнохозяйственным эффектом выполняются водохозяйственные расчеты, основными вопросами которых являются: оценка водных ресурсов и их распределения по территориям, выяснение требований на воду и к режиму регулирования со стороны водопользователей и водопотребителей по этапам развития и разработка перспективных водохозяйственных балансов.

В данной работе основное внимание уделено одному из них — перспективным водохозяйственным балансам.

Ресурсы поверхностных вод определяются по данным наблюдений опорных гидрометрических станций Гидрометслужбы, станций эксплуатационной гидрометрии Органов водного хозяйства и других ведомств. Стоковые материалы используются за весь период наблюдений или же за расчетный ряд (в 20-25 лет), репрезентативный по отношению к многолетнему. Короткие ряды удлиняются и приводятся к расчетному.

Ресурсы подземных вод определяются специализированными организациями. Размеры их по отношению к поверхностным водам, в большинстве случаев, не велики, используются они главным образом для водоснабжения промышленности, населения и обводнения.

Орошаемое земледелие в Средней Азии базируется как правило на поверхностных водах. Характеристика водных ресурсов дается по параметрам годового стока и по трем реальным годам: среднему по водности, с обеспеченностью, близкой к 50%, маловодному, с обеспеченностью около 75%, и маловодному, с обеспеченностью порядка 95%. Годы расчетной обеспеченности принимаются едиными по бассейну в целом, или по части бассейна или по суммарным данным наиболее крупных рек рассматриваемого бассейна.

На орошаемых территориях водные ресурсы используются следующими водопользователями и водопотребителями: а) водопользователи – гидроэнергетика, водный транспорт, водные благоустройства, рыбное хозяйство б) водопотребители – сельское хозяйство (орошение, обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение), промышленность и коммунально-бытовое водоснабжение населения.

Режим водопользования на орошения определяется специальными водоэнергетическими и водохозяйственными расчетами.

Размеры водопотребления устанавливаются расчетами в соответствии с размером орошаемых площадей, состава сельскохозяйственных культур, поливных и оросительных норм и состоянием сети оросительных систем.

В соответствии со стадиями проектирования, использования водных ресурсов, выполняются водохозяйственные расчеты: на предварительных стадиях упрощенно, в дальнейших же более полно и подробно. Расчеты начинаются с составления водохозяйственного

баланса, результаты которого указывают на возможности использования стока в бытовом режиме, необходимость его регулирования на соответствующих расчетных уровнях или изыскании дополнительных водных ресурсов для покрытия требований на воду.

Для облегчения определения режима водопользования и водопотребления исследуемая территория делится на водохозяйственные районы и водохозяйственные участки внутри этих районов.

Предварительные водохозяйственные балансы составляются по расчетным характерным годам — среднему и двум маловодным обеспеченностью 75% и 95% в среднемесечных стоках, а по водообеспеченным районам в годовых.

В водохозяйственных балансах в приходной части учитывается водопотребление вышерасположенных районов, а также возвратные воды с орошаемых территорий и водоотведение от коммунально-бытового и промышленного водоснабжения. В отдельных водохозяйственных районах, с крутым рельефом повторное использование поверхностных вод.

В расходной части баланса учитывается кроме количества воды на покрытие водопотребления, также и потери, связанные с регулированием стока, и русловые потери на участках, рек где они имеют место.

Поскольку в орошаемом земледелии основным водопотребителем является орошение, которое составляет 95–97% от общего водопотребления орошаемых территорий, ему и уделяется главное внимание.

При наличии дефицита стока в бытовом режиме, проводятся расчеты сезонного регулирования, а при необходимости и

многолетнего регулирования стока. При этом учитываются требования к регулированию как орошаемого земледелия, так и других водопотребителей и водопользователей, как например, гидроэнергетики, водного транспорта, рыбного хозяйства и др.

Водохозяйственные расчеты завершаются составлением перспективных водохозяйственных балансов на соответствующие расчетные уровни. Эти расчеты производятся в среднемесечных расходах (или стоках) по всему расчетному ряду или по всему имеющемуся гидрологическому ряду.

Следует отметить, что при установлении режима водопотребления можно пользоваться разными приемами расчетов (по водохозяйственным районам, по частям бассейна и др.), разработку же водохозяйственного баланса следует вести по бассейновому принципу, не стесняя себя границами водохозяйственных районов или административных делений.

Из сказанного выше следует, что выполнению водохозяйственных расчетов предшествует большая подготовительная работа по определению водных ресурсов и водопотребления с глубоким анализом исходных данных, сложные расчеты по регулированию стока и другие специальные расчеты и исследования. Все это занимает много времени и требует серьезного внимания.

Нередко возникает много трудностей при решении этих вопросов и поэтому, в силу необходимости, допускаются некоторые упрощения, которые конечно не повышают качество расчетов. Совершенно ясно, что качество разрабатываемых водохозяйственных балансов во многом зависит от того, как и с какой точностью были определены его приходные и расходные статьи.

Поскольку перспективные водохозяйственные балансы решают задачу в прогностическом плане, для их обоснования необходимо выполнение следующих исследований:

1. Исследования изменений стока главнейших рек рассматриваемой территории под влиянием хозяйственной деятельности в их бассейнах.
2. Исследования возвратных и повторно используемых вод.
3. Увязка стоковых характеристик по длине рек.
4. Изучение потенциальных ресурсов подземных вод в малоисследованных районах.
5. Уточнение прогнозных ресурсов подземных вод возможных к использованию.
6. Исследования по обоснованию норм расчетной обеспеченности водопотребления в орошаемом земледелии.
7. Исследования по уточнению оросительных и поливных норм основных сельскохозяйственных культур.
8. Исследования по наиболее целесообразному размещению сельскохозяйственных культур в рассматриваемых бассейнах.
9. Научная разработка мероприятий по улучшению водопользования на землях старого орошения.
10. Разработка ряда локальных схем, необходимых для составления перспективных водохозяйственных балансов (развитие орошения, переброска вод из других бассейнов и др.)

Вполне понятно, что изложенный перечень вопросов исследований не всегда и не везде может быть разрешен полностью в заданные сроки. Это является оптимумом в подготовительной части водохозяйственных расчетов. В практике составления водохозяйствен-

ных балансов приходится пользоваться результатами предшествовавших исследований и проработок, а при их недостаточности принимать ряд приближенных решений или допущений.

Так например, изменения стока под влиянием хозяйственной деятельности в бассейне, в виде агротехнических мероприятий, по проработкам Государственного Гидрологического Института для лесостепных и степных районов европейской части СССР может привести к уменьшению поверхностного стока в ближайшие 15 лет на 15-20% и более. По исследованиям Института Географии АН СССР, возможное сокращение стока может достигнуть 30-40% и более.

Следует отметить, что в Средней Азии водосборные бассейны водных источников находятся в горной области и хозяйственное освоение их не имеет широкого распространения. Отсюда и влияние этих мероприятий на сток находится в пределах точности расчетов 5-10%. Однако в расчетах на отдаленную перспективу по-видимому все же потребуются введение некоторых коррективов в стоковые характеристики рек.

В области же рассеяния стока по исследованиям Дунина-Барковского Л.В. возможно увеличение стока за счет сокращения площадей занятых дикой влаголюбивой растительностью и замены ее культурной с меньшей нормой водопотребления. Четких же рекомендаций по этому вопросу не имеется.

Весьма слабо изучены также возвратные и повторно используемые воды. В зависимости от природных условий величина возвратных вод ориентировочно оценивается в 10-30% от величины водозабора, а повторно используемых - при крутом рельефе - до 10%.

Режим орошения, оросительные и поливные нормы, которые используются в водохозяйственных расчетах, следует рассматривать как ориентировочные; назрела крайняя необходимость в научном

обосновании и проверке их в широком масштабе в различных зонах орошаемых территорий.

Изложенное выше позволяет констатировать, что в подготовительных работах, предшествующих составлению перспективных водохозяйственных балансов должны принимать деятельное участие специализированные научно-исследовательские организации, связанные с орошаемым земледелием.

Для иллюстрации разработки перспективных водохозяйственных балансов ниже приведены два примера расчета — в районе с избытком поверхностных водных ресурсов и при недостатке последних.

Примером разработки перспективного водохозяйственного баланса территории с избыточными водными ресурсами может служить приводимый ниже расчет (табл. I) для одного из типичных водохозяйственных районов орошаемой части Средней Азии. Основным потребителем воды здесь является орошаемое земледелие, которое составляет 97% от общего водопотребления. Орошаемая площадь занимает около 18 тыс. га., более половины которой приходится на хлопчатник. Оросительные нормы на приведенный гектар орошаемых земель для различных частей района изменяются в пределах от 8,5 до 14,5 тыс. м³, коэффициент полезного действия ирригационных систем колеблется от 0,46 до 0,62. Повторно используемые воды приняты в размере около 20% от водопотребления на орошение, что составляет 1,57 км³.

В приходной части баланса показан суммарный поверхностный сток района, который для лет 50, 75, 95% обеспеченности соответственно равен 7,8; 6,8 и 5,0 км³. Предшествовавшими водохозяйственными расчетами выявлена необходимость сезонного регулирования стока с полезной емкостью около 0,8 — 0,9 км³.

Суммарный располагаемый сток (поверхностный сток и повторно используемые воды) для лет разной водности составляет 9,4; 8,4 и 6,6 км³.

В расходной части водохозяйственного баланса показана общая потребность в воде для орошаемого земледелия и прочих водопотребителей, которая для лет 50 и 75% обеспеченности оценивается в 7,8 км³, а для маловодных лет 95% обеспеченности она сокращена до 6,6 км³.

Из этого количества безвозвратные потери составляют для лет 50 и 75% обеспеченности 3,6 км³ и для лет 95% соответственно 3,0 км³.

Выполненные расчеты водохозяйственного баланса показали наличие избытков водных ресурсов для лет разной водности (50, 75 и 95%) обеспеченности) в размере 5,8; 3,8 и 1,9 км³, которые и отводятся за пределы водохозяйственного района.

Второй пример расчета водохозяйственного баланса орошаемого района с недостаточными водными ресурсами приведен в табл. 2. Этот случай является типичным для пустынных или полупустынных территорий Средней Азии. Здесь также основным потребителем воды является орошаемое земледелие. Обеспеченность ирригационного водопотребления поверхностными водными ресурсами крайне низкая и на уровне 1970 года, для лет обеспеченности 50, 75 и 95% она не покрывает потребности района.

Расчеты показали, что для всех расчетных лет в период II-XI имеются дефицит поверхностного стока порядка 0,23-0,27 км³ и не используется сток в XII-I в размере 0,01-0,015 км³.

Для покрытия водопотребления необходимо изыскания дополнительных водных ресурсов. В данном случае задача может быть решена посредством использования местных ресурсов подземных вод, а в

случае их недостаточности — переброской воды из других районов.

Размкнув все вышесказанное, можно отметить следующее:

1. Перспективный водный баланс крупных орошаемых территорий или отдельных районов ее является основной частью схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов.

2. Подробный водохозяйственный баланс может быть разработан только и узаконен на основе составления достаточно полной и обоснованной схемы комплексного использования водных ресурсов бассейна, которой должны предшествовать региональные схемы отдельных его частей или районов.

3. Водохозяйственные балансы разделяются на три основных элемента:

а) оценка водных ресурсов,

б) установление требований на воду водопотребителей и водопользователей,

в) оценка условий и результатов регулирования стока — установление тех величин воды (и др. элементов режима), которые могут быть предоставлены потребителям в соответствии с их нуждами.

4. Учет потребностей в воде на орошении земель в перспективных водохозяйственных балансах должен опираться на надежные обоснованные планы расширения поливных площадей, систем культур, оросительных норм и т.п. При этом потребности ирригации учитываются двумя показателями — объемом воды, забираемой из водного источника, и объемом воды, безвозвратно теряемой при орошении.

Таблица I

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАЛАНС ОРОШАЕМОГО РАЙОНА С ИЗБЫТОЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ (в млн.м³)

[illegible]

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАЛАНС ОРОШАЕМОГО РАЙОНА С НЕДОСТАТОЧНЫМИ РЕСУРСАМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

в млн.м³

№ пп	Наименование статей	Обесп. в %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всего за год
I. Приходная часть															
	Суммарный сток водотоков	50	10,8	9,7	10,8	11,0	11,7	10,3	10,4	10,3	9,8	10,2	10,3	10,5	125,8
		75	8,7	8,2	9,5	10,5	10,1	8,9	9,0	8,7	8,3	8,7	8,7	8,9	108,2
		95	7,1	6,2	7,1	6,9	6,7	6,3	6,3	6,1	5,8	5,9	6,1	6,4	70,9
II. Расходная часть															
	Потребность в воде для орошения и прочих потребителей	50-75	-	20,9	30,8	25,0	38,2	53,1	51,4	53,6	33,8	19,4	34,5	6,2	366,9
		95	-	16,7	24,6	20,0	30,6	42,5	41,1	42,9	27,0	15,5	27,6	5,0	293,5
III. Избыток (+), дефицит (-) располагаемого стока															
		50	10,8	-11,2	-20,0	-14,0	-26,5	-42,8	-1,0	-43,3	-24,0	-9,2	-24,2	4,3	-256,2 +15,1
		75	8,7	-12,7	-21,3	-14,5	-28,1	-44,2	-2,4	-44,9	-25,5	-10,7	-25,8	2,7	-270,1 +11,4
		95	7,1	-10,5	-17,5	-13,1	-23,9	-36,2	-34,8	-36,8	-21,2	-9,6	-21,5	1,4	-225,1 + 8,5

5. За критерий обеспеченности в водообеспечении орошаемого земледелия принимается вероятность бесперебойных лет, выраженная в процентах. В предварительных расчетах она принимается равной 75%, однако она может быть повышена до 90-95% при соответствующем обосновании.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асхоченский А., Душин-Барковский Л., комплексное использование речных бассейнов в республиках Средней Азии. Документы Конференции ООН по вопросам применения научных и технических знаний для удовлетворения потребностей менее развитых районов. Октября 1962.
2. Бахтияров В.А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. Гидрометеиздат Л., 1961.
3. Захидов А.З., Чернова А.Ф. Водноэнергетические ресурсы рек Узбекской ССР АН Уз ССР, Ташкент, 1963.
4. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Водохозяйственные расчеты. Гидрометеиздат, Л., 1952.
5. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Принципы и методы составления водохозяйственных балансов. Доклад симпозиуму 1963г. в г. Варшаве по вопросам водного хозяйства, СОПС Госплана СССР, М., 1963.
6. Иззович М.И., Грин А.М., Давур Н.Н. Основы метода изучения водного баланса и его преобразований. Инст. Географии АН СССР, М., 1963.
7. Нормативы по учету влияния агролесомелиоративных мероприятий на сток. Гидрометиздат Л., 1963.

МИЛЬКИС Б.Е., ЗАЙЦЕВ А.С.

Сравнительная оценка гидрометеорологического
метода расчета испарения с водной поверхности
в условиях Средней Азии.

Методика определения и расчета испарения с водной поверхности достаточно хорошо рассмотрена в ряде теоретических и экспериментальных работ, выполненных как в прошлом, так и за последние годы.

В большинстве работ для практических расчетов предлагаются формулы, основанные на материалах наблюдений по испарительным бассейнам.

Существующие расчетные приемы разработаны, в основном, для условий Европейской части СССР. Отсутствие для территории Средней Азии единообразных научно обоснованных методов расчета испарения приводит к тому, что каждая водохозяйственная организация нередко производит расчеты различными, иногда малообоснованными методами.

Обилие существующих формул создает для проектировщиков ряд затруднений при выборе наилучшей из них.

В настоящей статье, на основе материалов наблюдений по испарительным бассейнам, расположенным на территории Узбекистана и сопредельных областей, и данных натурных наблюдений на некоторых водохранилищах, приведена сравнительная оценка ряда формул, использованных в Средней Азии в разные годы.

Все расчетные формулы для определения испарения с водной поверхности можно разделить на три группы.

В первой группе для расчетов используются только метеорологические данные, получаемые на метеостанции.

К ней относятся следующие формулы:

А.Мейера

$$E=15 \quad d \quad (1 + 0,224 \, w) \quad /1/$$

Мейера-Тихомирова

$$E=0,8 \quad d \quad (15+3 \, w) \quad /2/$$

Б.В.Полякова

$$E=18,6 \quad d^{2/3} / 1+0,2 \, w / \quad /3/$$

В.К.Давыдова

$$E=15 \quad d^{0,8} / 1+0,125 \, w / \quad /4/$$

$$E=24,5 \quad d^{0,8} \quad /5/$$

Б.Д.Зайкова

$$E=0,2 \, n \, C \, d^{0,78} / 1+0,72 \, w_{200} / \quad /6/$$

В.И.Мокляка

$$E=30 \, d^{0,7} \quad /7/$$

Очень близко к данной группе стоит и формула Н.Н.Иванова с поправкой Л.А.Молчанова

$$E=0,00144/25+t/2 \quad /100-a/ \quad -/8/$$

В этих формулах E – слой испарения мм/месяц; d – среднемесячный дефицит влажности воздуха в мм; w и w_{200} – среднемесячная скорость ветра /м/сек/ на высоте флюгера и на высоте 200 см; C – параметр, зависящий от соотношений между температурой воды и воздуха; t – среднемесячная температура воздуха; a – среднемесячная относительная влажность воздуха /%.

Вторая группа формул включает величины, которые могут быть получены с помощью специальных наблюдений, или путем расчетов.

В эту группу входят формулы:

В.К. Давыдова

$$E = 0,4 \rho / e_0 - e_{200} / \quad / 1+0,125 w / \quad / 9/$$

А.П.Браславского и З.А.Викулиной

$$E = 0,13 \rho / e_0 - e_{200} / \quad / 1+0,72 w_{200} / \quad / 10/$$

Здесь e_0 — максимальная упругость пара /в мм/ по температуре поверхности воды; e_{200} — упругость паров в воздухе /в мм/ на высоте 200 см; остальные обозначения прежние. В формуле — /10/ значение $/ e_0 - e_{200} /$ выражено в ммб.

В третьей группе формул для расчетов используются одновременно и метеорологические данные, получаемые на метеостанциях и данные специальных наблюдений на водоемах.

К ней относятся формулы:

С.Н.Крицкого, М.Ф.Менкеля и К.И.Россинского

$$E = 9 / e_0 - e'_{200} / \quad \sqrt{1+0,15 w_{900}^2} \quad / 11/$$

где E — испарение мм/месяц; e_0 — средняя за месяц упругость водяного пара при температуре поверхности воды; e'_{200} — среднемесячная абсолютная влажность воздуха на высоте 200 см над поверхностью земли; w_{900} — скорость ветра на высоте 900 см.

Пенмана

$$E = 0,35 / e_0 - e'_{200} / \quad / 1+0,53 w_{200} / \quad / 12/$$

где E — испарение мм/сутки; e_0 — максимальная упругость пара / в мм/ по температуре поверхности воды; e'_{200} — абсолютная влажность воздуха на высоте 200см над поверхностью земли;

w_{200} — скорость ветра на высоте 200 см; e'_{200} , w_{900} и w_{200} определяются по данным ближайшей метеорологической станции.

По указанным выше формулам были подсчитаны величины испарения с водной поверхности испарительных бассейнов и некоторых водохранилищ, расположенных в различных районах Средней Азии.

Список водно-испарительных станций, по которым использовались материалы наблюдений, приведен в табл. I. За исключением одного пункта временных наблюдений Саогидропроекта в горном районе, все наблюдения в основном охватывают равнинную часть территории Средней Азии.

При расчетах использовались среднемесячные величины метеорологических элементов, определяющих испарение с водной поверхности, осредненные за имеющийся период наблюдений. Данные, полученные по расчету сравнивались с величиной испарения по испарительному бассейну. В показания плавучих испарителей были введены редукционные коэффициенты. Они были определены по формуле, предложенной В. И. Кузнецовым /4/

$$R_o = \gamma_o \frac{e_o - e_{200}}{e'_o - e_{200}}$$

где γ_o — приборный коэффициент, e_o и e'_o — максимальная упругость пара по температуре поверхности воды соответственно в водоеме и испарителе; e_{200} — влажность воздуха на высоте 200 см над водной поверхностью.

Приборный коэффициент, учитывающий влияние конструктивных особенностей испарителя на различие испарения с его поверхности и поверхности водоема, для плавучего испарителя ГГИ-3000, по данным В. И. Кузнецова, равен в среднем 0,9.

Таблица I.

Список водоиспарительных станций

Название станции	:Расчетный : период	:Измеритель :испарения
I. Барса-Кельмес	1952-1964	Бассейн 20 м ²
2. Боз-Су	1955-1964	-"- -"
3. Тахиа-Таш	1952-1964	-"- -"
4. Катта-Курганское водохранилище	1952-1964	Плавучий испар. ГГИ-3000
5. Кайракумское водохр.	1962-1964	Бассейн 20 м ²
6. Ашхабад	1953-1964	-"- -"
7. Ясхан	1952-1964	-"- -"
8. Тедженстрой	1957-1964	Плавучий испар. ГГИ-3000
9. Часкак	1958-1964	-"- -"
10. Сары-Язы	1959-1964	-"- -"
II. Нурек	1960-1963	бассейн 20 м ²

Г.М.Гельбух /2/ на основе материалов наблюдений в 1952-57г.г. на Валдайском озере, считает этот коэффициент равным 0,8. Сопоставление величин испарения с оз.Бозайгыр /5/, определенной методом водного баланса и измеренной с помощью плавучего испарителя, показало, что рассматриваемый коэффициент равен 0,73. По материалам наблюдений на Кенгирском водохранилище /1/ приборный коэффициент равен в среднем 0,78.

В настоящих расчетах мы приняли приборный коэффициент равным 0,8.

Второй множитель формулы, так называемый гидрометеорологический коэффициент $\gamma_{\Delta t}$ / учитывает различие в термическом режиме воды испарителя и водоема.

В табл.2 приведены значения последнего коэффициента, определенные по данным наблюдений на различных водоемах. В последней строке таблицы приведены значения редуцированного коэффициента.

В расчетах были использованы средние величины редуцированных коэффициентов. Проверка показала, что использование вместо средних месячных значений R_0 средних за сезон или за год может дать ошибку порядка 2-8% от месячной суммы. Последняя величина чаще всего встречается при использовании данных, измеренных в холодный период года.

Результаты расчетов приведены в табл.3. В первой строке второй таблицы даны измеренные величины испарения по испарительному бассейну или по испарителю ГГИ-3000 с введением редуцированных коэффициентов. Ниже показаны расчетные данные. Нумерация формул в таблице сохранена по тексту..

Таблица 2.

Значение гидрометеорологического коэффициента $Z_{\Delta c} = \frac{Q_0 - Q_{200}}{Q_0' - Q_{200}'}$ и
 Редукционного коэффициента $Q_0 = 0,8 Z_{\Delta c}$

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн.
1954	-	-	-	0,95	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99	0,98	0,92	-	0,97
1955	-	-	-	-	-	0,99	0,98	1,00	1,00	-	-	-	0,99
1956	-	-	-	0,91	0,97	0,99	1,01	1,03	1,00	0,97	1,05	-	0,99
1957	-	-	-	0,94	0,89	0,94	0,99	-	1,01	0,80	-	-	0,93
1958	-	-	0,87	0,81	0,97	0,91	0,98	1,00	0,97	0,98	1,16	-	0,96
1959	-	-	-	0,83	0,92	0,96	0,86	0,97	0,86	0,99	1,00	-	0,92
1960	-	-	0,95	0,86	0,88	0,88	0,96	0,92	0,98	0,95	0,97	-	0,93
1961	-	-	0,88	0,86	-	1,14	0,93	0,95	0,97	0,97	-	-	0,96
1962	-	-	0,83	0,88	0,82	0,89	0,91	0,93	0,91	0,92	-	-	0,89
1963	-	-	0,85	0,77	0,87	0,90	0,96	0,98	0,96	0,95	1,00	-	0,92
1964	-	-	-	-	0,91	-	-	0,98	-	-	-	-	0,94

Ст. Катта-Курган

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн.
Средн.	-	-	0,88	0,87	0,91	0,96	0,96	0,98	0,96	0,95	1,02	-	0,94
Р.	-	-	0,70	0,70	0,73	0,77	0,72	0,78	0,77	0,76	0,82	-	0,75
<u>Ст. Техенотрой</u>													
1959	-	-	0,91	0,97	-	0,98	1,00	1,01	0,99	1,02	1,04	-	0,99
1960	-	-	0,95	1,00	0,92	0,98	1,01	1,01	1,00	0,97	0,93	1,18	0,99
1961	-	-	-	0,97	-	-	0,97	0,99	0,96	0,98	0,89	0,96	0,96
1962	-	-	0,87	0,93	0,96	0,95	0,96	-	0,98	0,92	-	-	0,94
1963	1,00	0,96	0,90	0,94	-	1,02	1,00	1,01	1,00	0,99	1,00	1,15	1,00
1964	-	0,91	-	0,98	0,97	0,97	1,01	1,01	1,00	1,03	0,99	-	0,99
Средн.	1,00	0,94	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	1,01	0,99	0,99	0,97	1,10	0,98
Р.	0,80	0,75	0,74	0,76	0,78	0,78	0,79	0,81	0,79	0,79	0,78	0,88	0,79
<u>Ст. Часная</u>													
1959	-	-	0,95	0,97	1,02	-	-	-	1,00	1,04	1,04	-	1,00
1960	-	-	0,96	1,00	0,97	1,01	1,01	1,01	1,04	1,01	1,08	1,07	1,02
1961	-	-	1,06	0,99	1,00	1,03	1,01	1,01	1,02	1,04	1,00	-	1,02
1962	-	-	0,91	-	0,96	1,00	1,02	1,03	1,03	1,01	1,07	1,09	1,01

Год	I	II	III	IV	V	VI	УП	УШ	IX	X	XI	XII	Средн.
1963	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	0,99	0,99	1,01	1,00	1,02	1,05	1,11	1,01
1964	-	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,94	0,99	1,00	1,02	1,00	1,18	1,01
Средн.	1,00	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	0,99	1,01	1,02	1,02	1,04	1,11	1,01
R.	0,80	0,78	0,80	0,78	0,80	0,80	0,79	0,81	0,82	0,82	0,83	0,89	0,81

Ст. Садун-Язы

1960	-	0,93	1,00	0,94	0,96	0,95	0,89	1,00	0,99	0,98	1,00	1,06	0,97
1961	1,15	0,97	0,98	0,96	0,98	1,00	0,99	1,01	-	-	-	-	1,00
1962	1,09	-	0,94	0,97	0,95	0,96	1,01	1,04	1,03	1,00	1,13	-	1,01
1963	1,00	1,00	1,09	0,99	0,97	0,99	0,99	1,00	0,98	0,99	1,02	-	1,00
1964	-	-	-	0,94	0,96	0,98	1,01	1,00	0,98	1,00	1,09	-	1,00
Средн.	1,08	0,97	1,00	0,96	0,96	0,98	0,98	1,01	1,00	0,99	1,06	1,06	1,00
R.	0,86	0,78	0,80	0,77	0,77	0,78	0,78	0,81	0,80	0,79	0,85	0,85	0,80

Величина испарения с водной поверхности, мм
/Расчет по гидрометеорологическим данным /

г. Ст. Барса-Кельмес

рас чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
Изм.	167	224	262	237	190	114	50	1244					
/1/	197	299	350	328	254	115	64	1607					
/2/	149	225	264	247	190	87	48	1210					
/3/	125	166	184	176	81	50	36	818					
/4/	105	146	166	158	128	68	43	814					
/5/	104	146	166	157	122	62	38	795					
/6/	140	186	220	202	169	93	58	1068					
/7/	106	143	160	153	122	68	44	820	24				
/8/	97	144	156	148	112	63	25	745					
/9/	139	178	198	185	134	71	29	934					
/10/	145	182	205	187	144	75	32	970					

Рас- чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ _{IV-X}
/II/					138	175	191	177	135	75	33		924	
/I2/					234	289	330	296	217	119	50		1535	
/6-A/					150	199	236	216	181	100	62		1144	
/6-B/					179	212	236	216	181	73			1097	

2. Боз-Су

Изм.	73	128	173	196	176	131	77	44	998	954
1	124	202	314	345	258	202	118	69	1632	1563
2	96	158	246	270	212	158	92	54	1286	1232
3	82	114	153	160	136	111	77	55	888	833
4	48	113	162	174	146	114	75	48	880	832
5	100	152	220	241	208	162	106	66	1255	1189
6	68	104	138	140	115	87	57	40	749	709
7	102	148	205	222	195	157	107	72	1429	1136
8	89	114	216	239	257	145	102	66	1258	1192
9	105	186	240	263	248	190	114	65	1411	1346

Рас- чет по Ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ_{IV-X}
IO				76	133	168	174	154	118	67	42		932	890
II				70	126	175	191	168	129	77	44		980	936
I2				118	221	296	310	273	203	120	71		1612	1541
6-A				98	148	197	199	164	125	81	57		1069	1012
6-B				88	163	196	199	181	137	77	49		1090	1041

3 От. Тахиа-Таш

Изм.	163	246	274	283	257	191	114	53	1581	1528
/1/	220	387	478	483	401	253	127	61	2410	2349
/2/	190	293	363	368	306	193	97	47	1857	1810
/3/	134	193	202	219	192	140	87	54	1221	1167
/4/	115	182	214	217	189	131	76	42	1166	1124
/5/	116	191	232	243	214	151	92	49	1288	1239
/6/	161	221	254	258	211	139	81	44	1369	1325
/7/	118	181	214	223	170	148	95	56	1366	1149
	28	42	62					29		

Рас- чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ ^{IV-X}
/8/	84	195	233	238	210	145	86	54	1245	1191				
/9/	110	185	237	257	246	181	115	65	1396	1331				
/10/	123	177	231	242	218	156	96	54	1297	1243				
/11/	129	181	239	220	203	146	85	60	1263	1203				
/12/	234	310	409	391	345	244	151	100	2184	2084				
/6-А/	195	268	309	313	257	169	98	53	1662	1609				
/6-Б/	221	273	276	267	178	104	63		1382					

23

4. Ст. Катта-Курган

Изм.	57	83	151	214	262	243	172	99	48	1329	1224
/1/	67	131	255	416	514	451	304	172	73	2383	2243
/2/	55	100	196	320	394	346	234	132	56	1833	1722
/3/	60	89	133	190	223	203	154	106	58	1216	1098
/4/	47	78	127	196	232	209	153	97	49	1188	1092
/5/	55	91	156	245	278	252	191	117	63	1448	1330

Рас- чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ_{IV-X}
/6/			48	71	113	166	206	183	129	74	40		1030	942
/7/	40	51	62	94	151	225	251	231	181	118	69	38	1511	1251
/8/			43	80	157	245	289	259	216	124	52		1465	1370
/9/			52	72	126	179	209	194	154	107	51		1144	1041
/10/			50	78	133	187	215	193	148	86	44		1134	1040
/11/			49	66	107	152	197	178	138	98	48		1033	936
/12/			78	98	164	231	300	270	208	132	71		1552	1403
/6 А/			52	81	135	177	221	196	138	80	43		1123	1028
/6 Б/			52	71	135	165	206	182	147	85	45		1088	991
<u>5. Кайрак-Кум</u>														
Изм.				91	174	237	252	228	173	100	61		1316	1255
/1/				145	268	449	446	376	242	137	80		2143	2063
/2/				110	203	339	340	288	186	105	60		1631	1571
/3/				100	150	210	205	185	136	93	69		1148	1079
/4/				83	135	202	204	180	126	80	51		1061	1010
/5/				90	145	221	237	204	147	92	50		1186	1136

Рас- чет по Ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ IV-X
/6/				94	159	228	222	186	128	84	60		1161	1101
/7/				93	141	205	218	190	144	96	56		1143	1087
/8/				92	143	220	234	202	148	86	50		1175	1125
/9/				96	177	241	262	244	185	117	67		1389	1322
/10/				87	163	220	226	201	151	96	62		1206	1144
/11/				98	155	217	217	204	154	96	68		1209	1141
/12/				157	260	357	375	332	252	159	101		1993	1892
/6 А/				114	193	277	269	226	156	102	72		1409	1337
/6 Б/				108	182	261	254	240	183	114	64		1406	1342
6. Анхабад														
Изм.	29	36	56	80	163	215	242	231	172	105	51	25	1405	1208
/1/	42	68	81	153	324	486	582	488	330	168	82	36	2840	2531
/2/	32	52	63	118	249	374	447	376	255	130	64	28	2188	1949
/3/	40	56	64	96	160	212	236	208	160	101	63	36	1432	1173
/4/	32	46	53	89	160	223	258	225	165	96	54	28	1429	1216

Рас- чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ ₁₋₁₂
/5/	42	60	67	114	202	278	324	292	216	129	73	38	1835	1555
/6/	25	35	41	67	122	161	192	167	111	69	40	22	1052	889
/7/	48	66	72	114	191	250	286	261	202	128	78	44	1740	1432
/8/	37	58	53	102	202	277	311	303	219	126	60	30	1778	1540
/9/	42	61	74	117	234	302	340	323	240	153	77	41	2004	1709
/10/	25	36	45	71	140	179	203	191	132	86	46	24	1178	1002
/11/	28	44	56	88	173	239	258	238	181	106	58	31	1500	1283
/12/	42	57	78	123	242	317	361	340	237	149	82	43	2071	1769
/6 А /	32	44	53	87	156	207	248	215	142	89	52	28	1353	1144
/ 6 Б /	25	40	53	87	164	207	248	215	150	99	57	25	1370	1170
7. Ясхан														
Иам.	34	51	86	137	229	274	293	282	219	136	65	34	1840	1570
/1/	36	70	109	220	411	607	647	595	412	206	91	35	3439	3098
/2/	28	53	82	167	313	461	493	454	315	157	69	27	2619	2360
/3/	38	60	82	131	197	258	266	248	194	121	70	38	1703	1415

Рас- чет по Ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ_{IV-X}
/4/	28	46	66	116	191	260	275	258	193	111	57	27	1628	1404
/5/	32	53	71	126	212	281	307	299	223	132	67	31	1834	1580
/6/	29	45	76	131	214	267	293	264	192	115	60	30	1716	1476
/7/	38	59	76	125	198	254	274	268	207	131	72	37	1739	1457
/8/	33	53	65	120	218	279	298	296	229	127	68	38	1824	1567
/9/	35	55	82	133	233	284	308	288	220	134	72	35	1879	1600
/10/	28	46	73	120	208	241	261	236	181	109	60	30	1593	1356
/11/	30	46	71	113	197	261	262	242	184	104	58	38	1606	1363
/12/	51	69	119	187	335	399	428	403	303	180	95	65	2634	2235
/6 А/	31	48	82	140	230	286	314	283	206	123	64	32	1839	1582
/6 Б/	23	45	87	140	230	286	314	283	206	123	68	32	1837	1582
8. Теленострой														
Изм.	29	43	67	114	200	266	305	275	202	128	61	31	1721	1490
/1/	66	86	138	198	410	679	813	677	436	210	104	51	3868	3423
/2/	50	66	105	160	311	515	615	514	333	164	79	39	2951	2612
/3/	57	68	96	127	193	272	320	278	203	120	75	46	1855	1513

Рас- чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ
/4/	45	55	80	113	191	285	327	284	186	114	65	36	1781	1500
/5/	52	65	85	123	220	308	336	310	230	143	79	46	1997	1670
/6/	51	53	89	117	212	296	352	280	188	106	62	37	1743	1551
/7/	58	70	88	123	205	274	297	276	216	141	83	52	1883	1532
/8/	49	61	74	113	213	310	340	317	237	146	69	49	1978	1676
/9/	31	58	65	112	194	268	315	301	220	133	66	32	1795	1543
/10/	27	52	64	106	193	274	316	275	188	118	63	29	1705	1470
/11/	36	40	68	104	172	261	307	281	200	106	59	26	1660	1431
/12/	64	60	108	147	304	394	461	418	299	179	97	44	2575	2202
/6 А/	55	56	95	125	228	317	378	300	201	114	66	39	1974	1663
/6 Б/	55	53	89	125	228	296	352	320	228	129	66	29	1970	1678

9. Часовая

Изм.	50	51	75	114	182	255	298	266	201	134	79	38	1743	1450
/1/	85	110	152	221	415	705	827	683	409	210	119	62	3998	3470
/2/	64	83	115	168	317	537	627	520	314	162	91	47	3045	2645

Рас- чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ_{IV-X}
/3/	70	84	102	130	195	282	319	276	189	120	84	56	1907	1511
/4/	53	66	86	116	194	295	333	287	193	114	72	42	1851	1532
/5/	55	68	88	129	224	329	356	321	236	143	83	45	2077	1738
/6/	59	64	101	121	205	304	381	314	187	108	73	47	1964	1620
/7/	62	74	92	128	208	291	312	284	218	141	87	52	1943	1582
/8/	54	65	74	122	226	336	360	324	242	142	73	42	2060	1752
/9/	40	44	75	111	203	301	317	291	223	143	83	39	1870	1589
/10/	36	41	74	106	179	276	305	280	208	128	78	37	1748	1482
/11/	45	50	63	100	184	289	318	275	195	122	80	42	1763	1483
/12/	68	66	100	155	310	459	530	460	323	205	127	67	2870	2442
/6-A/	59	64	101	121	206	304	381	314	187	108	73	47	1965	1621
/6-B/	47	51	101	121	234	347	381	358	227	138	93	47	2145	1806
10. САРЫ-ЯЗЫ														
Изм.	32	38	65	88	189	262	331	298	199	119	65	34	1721	1486
/1/	57	76	100	166	409	669	780	661	406	217	102	54	3697	3308

Рав- вер но ф-но	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ	Σ IV-X
/2/	43	58	77	127	313	510	594	540	312	167	78	42	2861	2563
/3/	52	62	76	103	192	254	299	267	187	122	74	50	1738	1424
/4/	28	50	62	94	192	284	320	281	192	117	64	38	1722	1480
/5/	46	59	73	114	226	325	360	322	237	147	79	46	2034	1731
/6/	42	49	67	92	190	292	351	291	194	115	64	47	1794	1525
/7/	53	64	78	115	210	288	315	286	219	144	83	53	1908	1577
/8/	55	57	60	106	218	324	363	329	245	148	71	36	2012	1733
/9/	30	37	60	94	176	228	255	240	184	127	63	37	1531	1304
/10/	30	36	65	94	185	266	319	286	191	129	65	40	1706	1470
/11/	40	34	51	81	158	218	249	237	164	113	63	40	1448	1220
/12/	67	52	87	131	258	356	427	392	286	195	107	79	2437	2045
/6 А/	42	49	67	92	190	292	351	292	194	115	64	47	1795	1526
/6 Б/	42	47	62	98	190	272	301	292	207	131	73	50	1765	1491

II. Нурек

Рас- чет по ф-ле	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ_{IV-X}
Изм.	53	60	75	123	202	248	241	192	119	52	43		1200
/1/	84	108	129	190	341	414	391	335	210	103	70		2010
/2/	64	83	99	147	262	319	301	256	161	79	53		1545
/3/	68	80	87	111	169	189	182	194	122	76	59		1054
/4/	53	66	77	106	166	196	187	164	113	63	46		1009
/5/	60	76	96	136	200	244	233	199	137	76	54		1245
/6/	59	77	77	106	173	199	190	167	120	69	54		1032
/7/	66	80	99	134	188	224	215	187	135	80	60		1182
/8/	57	69	67	90	206	293	276	220	144	87	51		1296
/9/	49	70	88	148	232	274	260	214	137	72	43		1353
/10/	45	64	71	116	196	221	209	177	113	63	39		1103
/11/	46	59	70	111	192	211	200	176	109	61	36		1069
/12/	75	105	121	199	331	378	358	301	193	105	64		1881
/ 6 A/	63	82	83	113	186	214	204	179	128	74	58		1107

Прежде всего, следует отметить, что формула Мейера по данным всех станций значительно завышает величины испарения, в отдельных случаях даже до 150–180% месячной суммы. Поправка введенная Тихомировым несколько приблизила расчетные данные к наблюдаемым, однако отклонения порядка 50–100% все же наблюдается по всем станциям, за исключением станции Барса-Кельмес.

Значительно завышает испарение / до 50–80%/ и формула Пенмана /12/.

Формулы П.В. Полякова /3/ и В.К. /Давыдова /4/ по материалам многих станций занижают почти на 20–40% величины испарения; для некоторых же станций отклонения невелики / ± 7 –10%/. На одной – двух станциях наблюдаются отклонения несколько большие, а именно $\pm 15\%$. Следует оговориться, что последние выводы основаны на материалах наблюдений преимущественно в летние месяцы. По данным отдельных станций в холодный период года последние две формулы завышают величины испарения иногда до 50–60%. Возможно, что здесь сказывается отсутствие полного ряда наблюдений в этот период. Это обстоятельство следует иметь ввиду и в последующих выводах.

Упрощенные формулы В.К. Давыдова /5/ и В.И. Мокляка /7/ и формула В.К. Давыдова /9/ ведут себя довольно своеобразно. Расчитанная по этим формулам величина испарения во многих случаях меньше /на 15–40%/ измеренной для водоиспарительных станций, расположенных вблизи водоема и больше, когда вблизи нет водных объектов. На отдельных станциях наблюдается отклонение порядка 10%. В холодный период года, как и в предыдущем случае, на некоторых станциях получаются завышенные величины, иногда до 50 – и даже 80%.

Аналогично ведет себя и формула Н.Н.Иванова с поправкой Молчанова /8/ при сопоставлении расчетных данных с измеренными с помощью испарительных бассейнов.

По материалам наблюдений водноиспарительных станций, оснащенных плавучими испарителями, это формула в большинстве случаев показывает завышенные / на 20–30%/ результаты.

Формула /II/ по материалам ряда станций занижает на 15–35% величину испарения. Исключение составляют станции Боз-Су и Ашхабад, где наблюдаются небольшие отклонения.

Аналогично ведет себя и формула А.П. Браславского и З.А. Викулиной /10/. Расчет по этой формуле также занижает на 15–35% величину испарения для многих станций, за исключением ст.Тедженстрой и Часкак, где рассчитанные и наблюдаемые величины очень близки / $\pm 10\%$ / и ст.Сары-Язы, для которой рассчитанные значения испарения только не на много меньше наблюдаемых.

Следует остановиться несколько подробнее на расчетах испарения по формуле Б.Д.Зайкова /6/. В этой формуле участвует параметр C , зависящий от соотношений между температурой воды и воздуха и изменяющийся в пределах 1,4–2,2 для отдельных районов согласно схемы изолиний /3/.

Однако, значения параметра C для территории Средней Азии на схеме Б.Д.Зайкова не приводятся. Ближайшая изолиния имеет значение 1,4, которое и было принято в наших расчетах. Они показали, что формула /6/ занижает величину испарения на 20–35% по данным большинства станций.

Нами была сделана попытка определить значение параметра C непосредственно по данным наблюдений водоиспарительных станций, принимая показателю степени при дефиците влажности воздуха

равним / согласно Б.Д. Зайкова/ 0,78, т.е. значения параметра C определялись по отношению

$$C = \frac{Q_0 - Q_{200}}{d^{0,78}}$$

В табл. 4 приведены значения параметра C для рассматриваемых станций, принятые для расчета.

Таблица 4

Средние значения параметра C

Номер станции согг. табл. I	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Значение параметра	1,5	2,0	1,7	1,5	1,7	1,8	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5

Более подробно на этом вопросе мы остановимся в следующей работе.

Расчет величины испарения по формуле Б.Д. Зайкова с использованием данных табл. 4 приведен в предпоследней строке табл. 3 /6-А/. В последней же строке рассматриваемой таблицы приведен аналогичный расчет, но при этом использован не средний за сезон параметр C , как в предыдущем случае, а его среднемесячное значение, т.е. учтен годовой ход параметра.

Как видим, новые значения параметра C приблизили на ряде станций расчетные данные к наблюдаемым.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Браславский А.П., Шергина К.Б. - Потери воды на испарение из водохранилищ засушливой зоны Казахстана. Изд. "Наука", Алма-Ата, 1965.
2. Гельбух Т.М. - Элементы водного баланса дельты реки Или, Тр. ГГИ, вып. 79, Л. 1960.
3. Зайков Б.Д. - Испарение с водной поверхности прудов и малых водохранилищ на территории СССР. Тр. ГГИ, вып. 21/75/, Л., Гидрометеиздат, 1949.
4. Кузнецов В.И. - Расчеты испарения с поверхности открытых и зарастающих водоемов на основе данных экспериментальных исследований. Материалы Межведомственного совещания по проблеме изучения и регулирования испарения с водной поверхности и почвы. г. Валдай, 1964.
5. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Т. I, Акмолинская область, Л., 1959.

Ф.Э.РУБИНОВА, М.И.ГЕТКЕР

К вопросу о пространственной изменчивости годовых сумм атмосферных осадков и стока.

Изучение пространственной неравномерности распределения осадков и стока по территории в отдельные годы представляет определенный научный и практический интерес.

Вопрос этот еще недостаточно изучен для условий Средней Азии /1/.

В основу этой проработки было положено исследование закономерностей распределения по территории Средней Азии нормированных отклонений стока $\alpha_i = \frac{Q_i - Q_0}{Q_0}$. Анализ карт α_i , построенных за годы разные по степени водности, позволил В.Л. Шульцу сделать следующие выводы:

1. Неравномерность распределения стока по территории наблюдается во все годы.
2. Наиболее неравномерно распределение стока в годы близкие по водности к средним, когда на значительных пространствах могут наблюдаться и недостаток и превышение стока.
3. Отсутствие полной синхронности в колебаниях водности даже в экстремальные годы свидетельствует о крайней сложности распределения осадков и условий стокообразования даже на такой сравнительно небольшой территории как Средняя Азия.

В статье, на примере бассейнов Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи излагаются результаты исследования асинхронности годовых сумм атмосферных осадков и речного стока и дается количественное выражение степени неравномерности распределения этих величин в годы различные по степени увлажнения.

За характеристику пространственной неравномерности осадков в отдельные годы принято среднеквадратическое отклонение нормированных значений осадков ($\alpha_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}$) от среднего по площади α за данный год.

$$\sigma_{\alpha_{пр}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n-1}},$$

или с учетом неравномерности распределения осадкомерных пунктов по территории

$$\sigma_{\alpha_{пр}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2 \frac{f_i}{F}}{n-1}}$$

где

$\sigma_{\alpha_{пр}}$ — характеристика пространственной неравномерности осадков

α_i — нормированное отклонение осадков в пункте наблюдений.

$\bar{\alpha}$ — среднее значение α по территории за данный год.

$\frac{f_i}{F}$ — доля общей площади (F), подкомандной данному пункту.

Характеристики временной (σ_x) и пространственной ($\sigma_{\alpha_{пр}}$) изменчивости осадков описывают две стороны одного и того же явления — неравномерности распределения осадков.

Однако, если с увеличением площади колебания осадков во времени убывают в связи с уменьшением коррелятивной зависимости изменчивости осадков в разных точках, то для характеристики $\sigma_{\alpha_{пр}}$ следует ожидать обратного эффекта. Следствием той же причины является более неравномерное распределение осадков по площади (относительно среднего).

К сожалению, выявить зависимость $\sigma_{\alpha_{пр}} = f(F)$ на имеющихся у нас данных практически невозможно. Достаточно точный подсчет среднеквадратических отклонений требует не менее 15 точек (пунктов осадкомерных наблюдений), тогда как в районах наибольшей густоты осадкомерной сети мы располагаем всего 25 точками (Кашкаринской) и 30 точками в Южно-Таджикском районе.

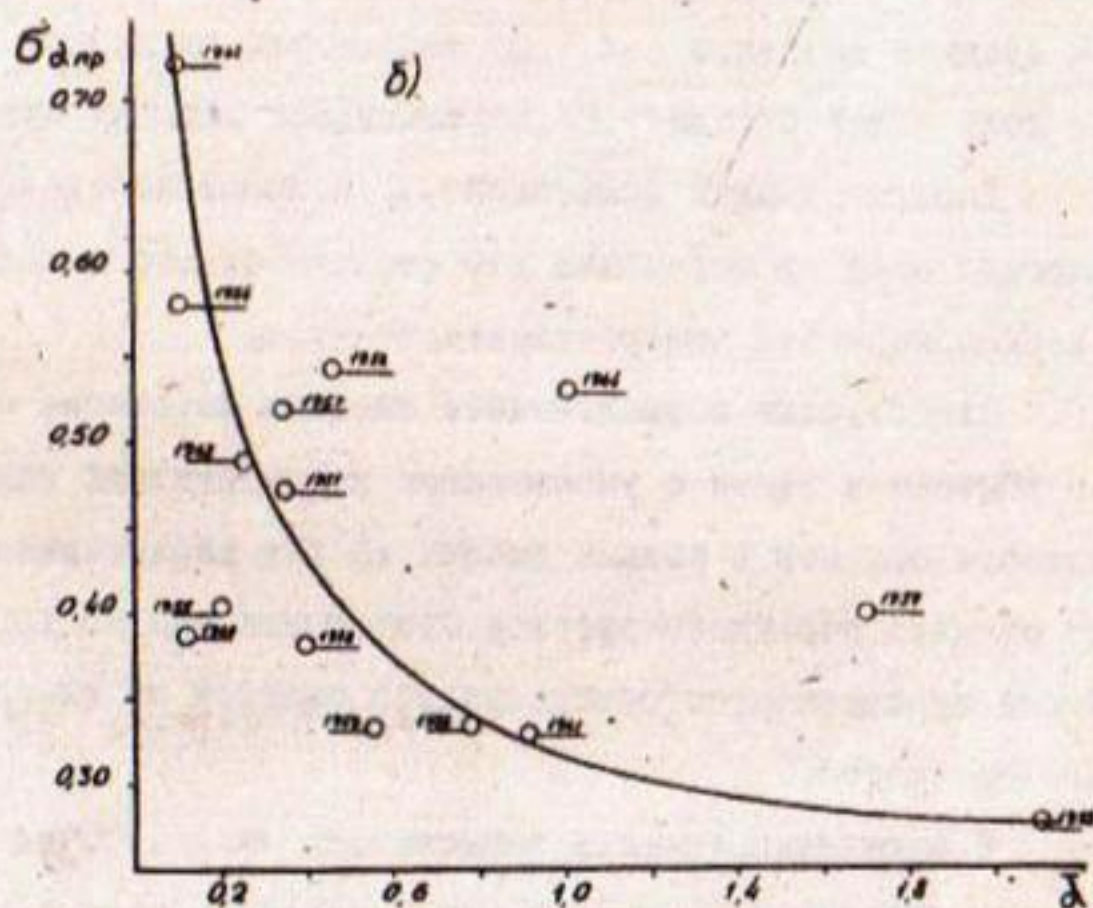
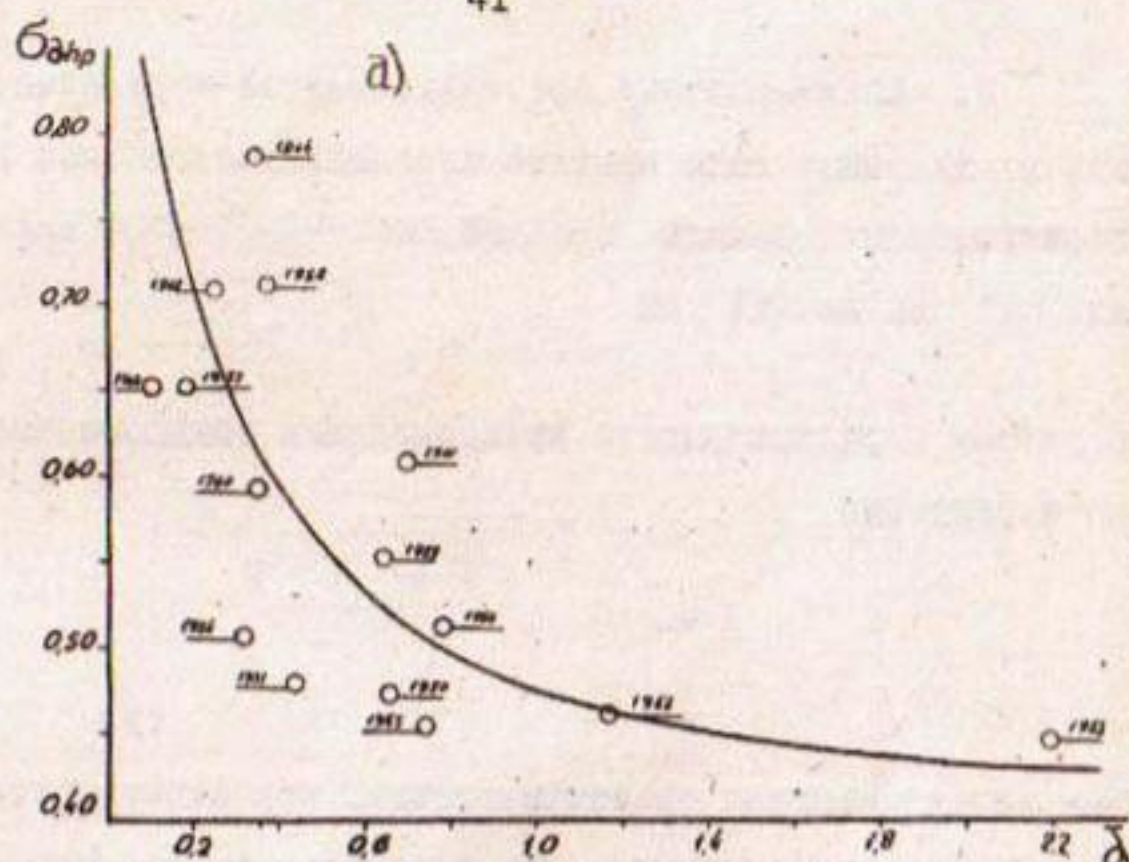


Рис. I Зависимость характеристики пространственной изменчивости осадков от степени увлажненности года.

Поэтому мы ограничились лишь исследованием зависимости пространственной неравномерности от величины $\bar{A}$, т.е. от отклонения водности года.

Подсчеты $S_{\text{ср}}$ выполнены: за 15 летний период для двух выше названных районов. Результаты подсчетов представлены графически на рис. I, где даны зависимости $S_{\text{ср}} = f(\bar{A})$ для I и II районов.

Эмпирические уравнения, описывающие эти зависимости, имеют вид:

а) для Кашка-сурхан-дарьинского района

$$S_{\text{ср}} = \frac{0.48}{\bar{A}^{0.24}}$$

б) для Кунтаджикского района

$$S_{\text{ср}} = \frac{0.32}{\bar{A}^{0.35}}$$

Уравнения (I-2) действительны при $\bar{A} > 0,1$.

Анализ рис. I и величин ошибок расчета $S_{\text{ср}}$ по уравнениям (I-2) (по первому району ошибка равна 19%, а по второму 13%) показывает, что они являются приближенными и не могут быть использованы в расчетных целях. Причины столь значительного расхождения точек на зависимости $S_{\text{ср}} = f(\bar{A})$ кроются, по видимому, в особенностях синоптических процессов каждого года, а также, в некоторой степени, и скудности исходных данных. Тем не менее можно констатировать, что зависимость между характеристикой пространственной неравномерности осадков и их количеством существует. В годы экстремальные по увлажненности осадки распределяются по территории наиболее равномерно. В годы близкие к среднему степени неравномерности их распределения по территории наибольшая.

Так, например, для I района при $\bar{A} = \pm 0,2$ $C_{\text{анр}} = 0,71$, а при $\bar{A} = \pm 2,0$ соответствующее значение $C_{\text{анр}} = 0,43$.

Сравнение зависимостей $C_{\text{анр}}$ для двух районов обнаруживает специфику Юнотаджикского района.

Территориальная неравномерность распределения осадков в этой районе меньше, чем в кашкасурхандарьинском. Так, при $\bar{A} = \pm 0,40$ $C_{\text{анр}}$ для I района равно 0,60, тогда как для II всего лишь 0,45 при $\bar{A} = \pm 2,0$ соответствующие значения $C_{\text{анр}}$ равны 0,43 и 0,27. Так же как и в предыдущих случаях меньшая изменчивость осадков (по площади) объясняется, по нашему мнению большей повторяемостью периодов "волновой деятельности" во II районе.

Факты увеличивающейся пространственной изменчивости осадков в годы близкие к среднему приводит к несколько парадоксальному выводу, что при приведении осадков к норме, большей точности можно добиться, используя для приведения годы экстремальные по увлажненности.

Задачей дальнейших исследований является получение более общей формулы $C_{\text{анр}} = f(F; \bar{A})$ и учет особенностей синоптических процессов.

Подобная формула может иметь большое значение и для объективного решения вопроса о точности оценки среднего слоя осадков за отдельные годы для данной площади и определения соответствующего количества осадкомеров, потребного для определения среднего с заданной степенью точности. Данные вопросы можно решить, воспользовавшись известной формулой, которая в нашем случае имеет вид:

$$C_{\bar{A}_F} = \frac{C_{\text{анр}}}{\sqrt{n}}, \quad \text{где (3)}$$

$C_{\text{оср}}$ — пространственная изменчивость осадков, определяемая по зависимости $C_{\text{оср}} = f(F, \bar{A})$, n — число осадкомеров. Очевидно, что для такой проработки необходима сгущенная сеть осадкомерных пунктов.

Анализ пространственной неравномерности стока в годы различные по степени водности осуществлен по данным 30-летних (1933–1963 г.г.) наблюдений в бассейне р. Сыр-Дарьи в пределах Ферганской долины.

За характеристику пространственной вариации стока принято среднеквадратическое отклонение нормированных величин стока. Поскольку между нормированными отклонениями $(a_i = \frac{Q_i - \bar{Q}}{\bar{Q}_a})$ стока не только близлежащих водосборов, но и хребтов расположенных в пределах одного гидросиноптического района существует корреляционная зависимость (r меняется в пределах от 0,54 до 0,87), то нами рассматривалась изменчивость по территории величин

$$A_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot f_i}{F}} = \frac{a_i}{\bar{a}_F} \quad \text{где (4)}$$

a_i — нормированное отклонение стока данного бассейна от среднего по территории за i -ый год;

f_i — площади бассейнов;

F — площадь всей исследуемой территории, равная $\sum f_i$;

n — число бассейнов;

$\bar{a}_F$ — средневзвешенное по территории значение a_i за i -ый год.

A_i — нормированное по площади отклонение стока i -того года.

A_i — представляет собой относительное превышение (или наоборот) нормированного отклонения стока данного бассейна по сравнению со средневзвешенным ($\bar{a}_F$) для всей исследуемой территории.

Параметрами, характеризующими случайную величину α_i при нормальном распределении являются $\bar{\alpha}$ и σ_α , а α_i заданной обеспеченности определяется уравнением

$$\alpha_{p\%} = \bar{\alpha} + K_{p\%} \sigma_\alpha$$

/ 5/

Среднее нормированной величины (взвешенное по площади) равно 1, следовательно

$$\alpha_{p\%} = 1 + K_{p\%} \sigma_\alpha$$

Мера изменчивости по площади нормированных отклонений стока

i -их лет подочитана для 8 районов бассейна р. Сыр-Дарьи за 30-летний период по формуле $\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{\sum (\alpha_i - 1)^2 \cdot f_i}{\sum f_i}}$

Характер зависимости вариации α_i по территории в годы различные по степени увлажненности описывается уравнением вида:

$$\sigma_\alpha = \frac{A}{\bar{\alpha}_f^n}$$

Коэффициент A для 8 различных районов исследуемой территории с площадями от 4 до 80 тыс. км² колеблется в пределах 0,1–0,2, а показатель степени от 0,9 до 1,1.

Столь малый размах колебаний параметров в уравнении /6/ говорит о весьма слабом (практически неуловимом) влиянии площади на величину σ_α в пределах сравнительно небольшого (около 100 тыс. км²) района. Очевидно, эффект влияния площади на σ_α можно получить рассматривая территорию Средней Азии в целом, а не один из ее частных бассейнов с весьма общими гидро-синоптическими условиями.

В целом для исследуемой территории зависимость $\sigma_\alpha = f(\bar{\alpha}_f)$ принята в виде $\sigma_\alpha = \frac{0.1}{\bar{\alpha}_f}$ /7/

Из уравнений / 5 и 7/ следует, что

$$\frac{\alpha_{p\%}}{\bar{\alpha}_f} = 1 + K_{p\%} \frac{0.1}{\bar{\alpha}_f}$$

откуда

$$\alpha_{p\%} = \bar{\alpha}_f + 0.1 K_{p\%}$$

/8/, где

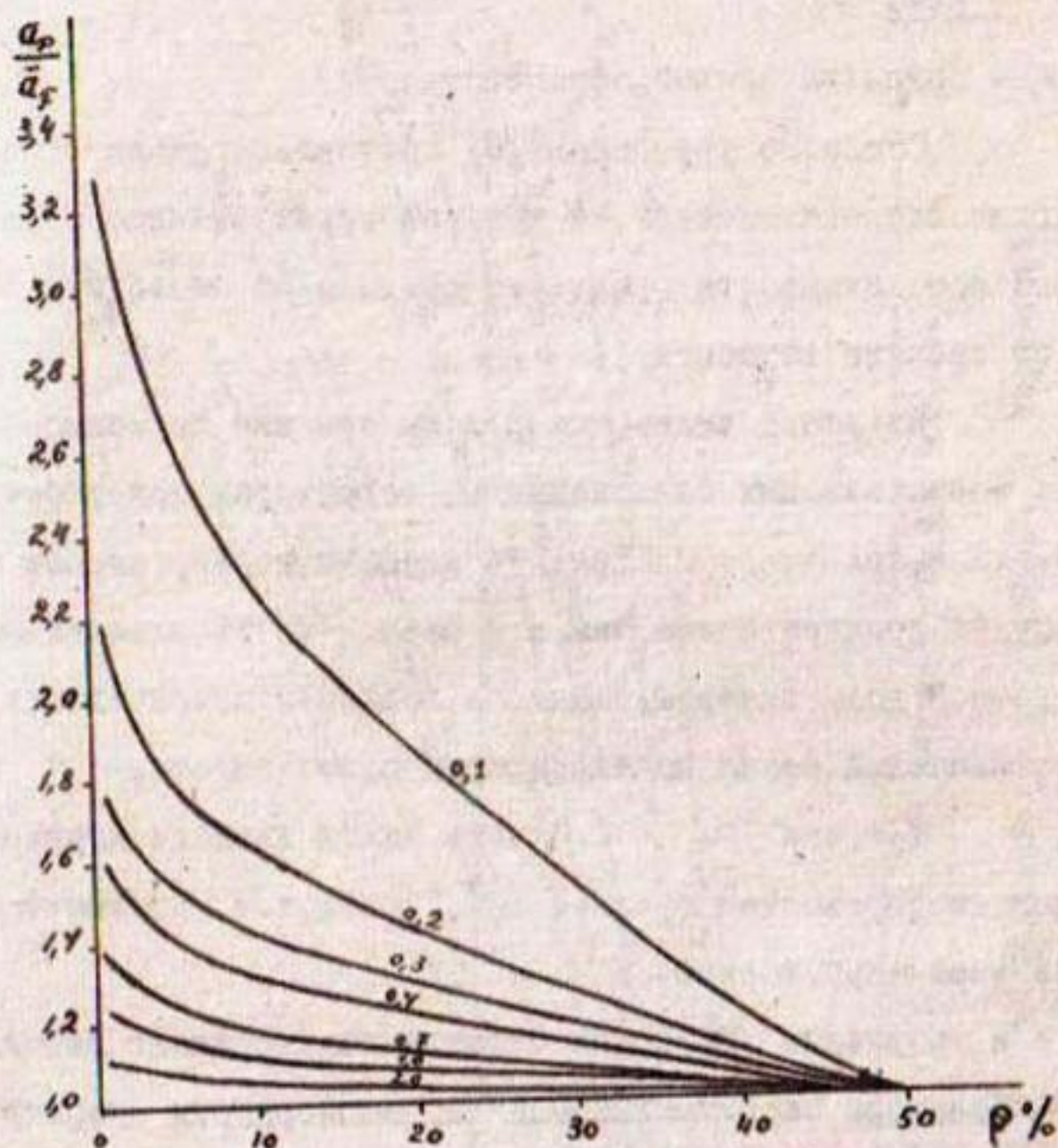


Рис.2 Относительная изменчивость нормированных отклонений стока по площади в зависимости от водности года.

$Q_{p\%}$ — нормированное отклонение заданной обеспеченности на площади $p\%$;

$K_{p\%}$ — ордината кривой обеспеченности.

Согласно уравнению /8/ составлен график (рис.2), показывающий процент площади, на которой нормированное отклонение заданной обеспеченности превышает среднее по площади в годы различные по степени водности.

Из рис.2 видно, что в годы средние по водности изменчивость нормированных отклонений по территории может быть очень велика. Так, при $\bar{\alpha}_T = 0,1$ на 10% площади нормированное отклонение превышает среднее более чем в 2 раза, а на 5% площади — более чем в 2,5 раза. В годы экстремальные по водности изменчивость нормированных отклонений стока по территории резко падает.

Так, при $\bar{\alpha}_T = 2,0$ лишь на 3% площади нормированное отклонение превышает среднее в 1,1 раза, т.е. практически неизменно на всей территории.

Рис.2 и уравнение /8/ количественно подтверждает выводы В.Л. Шульца о характере территориальной неравномерности нормированного стока в годы различные по степени водности.

Однако водохозяйственные организации интересуют в конечном счете степень изменчивости по территории абсолютных величин стока, а не их нормированных отклонений. Возникает вопрос о том, на какой части территории бассейна сток отличается от среднего по нему и на какую величину.

Для ответа на этот вопрос подсчитаны отклонения стока (в $\%$) от среднего для данной территории при фиксированном значении нормы стока и коэффициента вариации. Подсчеты велись по уравнению

$$Q_{p\%} = \bar{Q} + \alpha_{p\%} \sigma_Q, \quad , \text{ где}$$

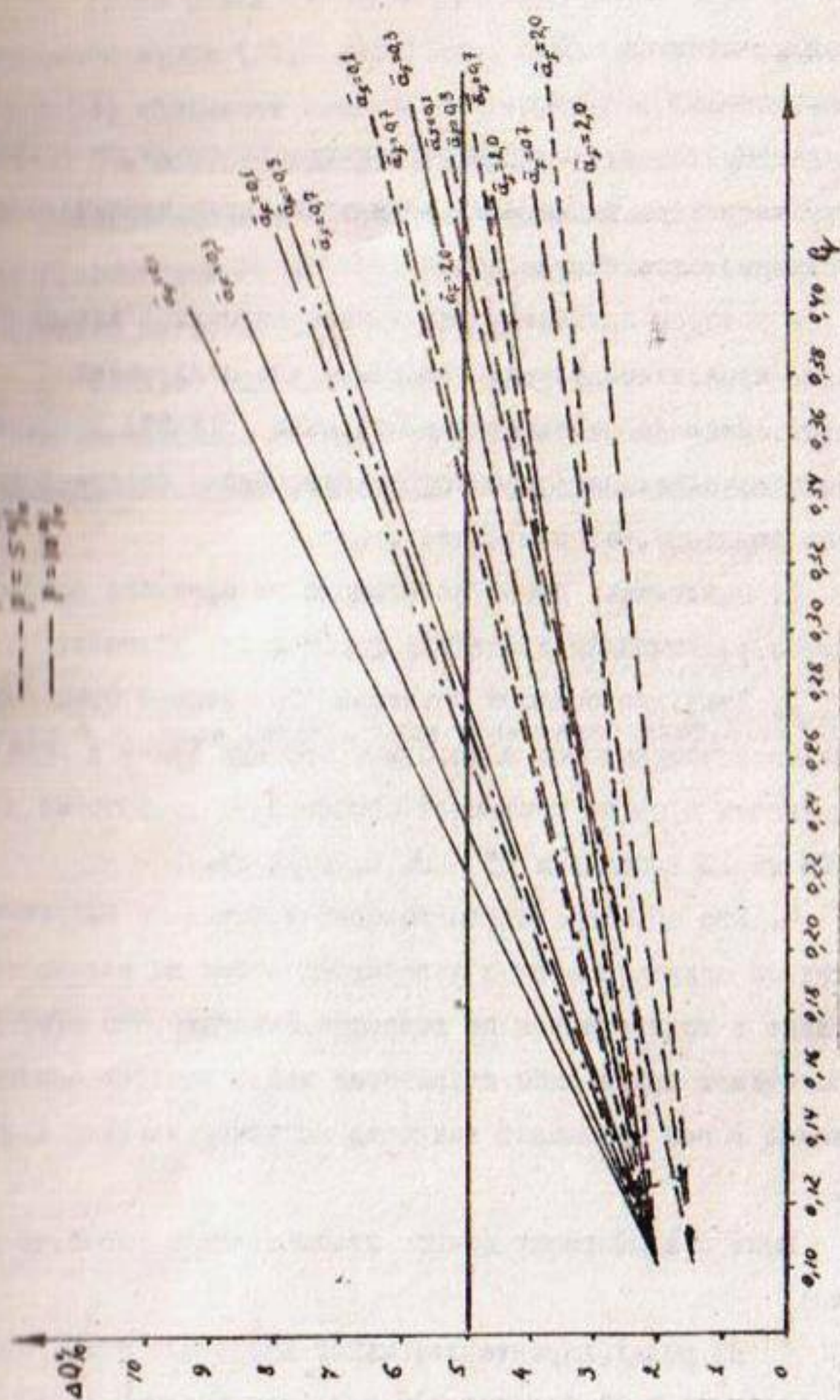


Рис. 3 Отклонение стока / в % / на площади $F\%$ от среднего по территории
в зависимости от C_v и a_f

$Q_{p\%}$ - сток на площади $p\%$;

$\bar{Q}$ - норма стока ;

C_q - параметр характеризующий изменчивость стока во времени ;

$\alpha_{p\%}$ - параметр характеризующий территориальную изменчивость стока ; определяется по уравнению /8/.

На рис.3, на котором приведены результаты подсчетов для одной, трех и пяти-процентной обеспеченности видно следующее:

1. Сток на фиксированной площади (1%-5%) отклоняется от среднего по бассейну (или группе бассейнов) больше в годы средние по водности, чем в экстремальные.

2. Отклонения стока на площади от среднего по бассейну возрастают с увеличением изменчивости стока во времени.

3. Даже при большем значении C_v равном 0,40 (сравнительно редко встречающемся в условиях Средней Азии) в годы средние по водности сток не превышает среднего по территории более чем на 10% на 1% площади и 6% - на площади 5%.

4. Это обстоятельство говорит в общем об отсутствии ярко выраженной асинхронности в колебаниях стока на исследуемой территории даже в годы средние по водности. Очевидно, что сток рек различных бассейнов какой-либо территории можно считать асинхронным если разница в нем превышает точность гидрометрических измерений ($\pm 5\%$).

Если с этой точки зрения рассматривать рис.3, то ясно следующее:

1. На реках, характеризующихся коэффициентами вариации годового стока $< 0,22$ (более 50% всех рек Средней Азии) даже в годы средние по водности ($\bar{\alpha}_T = 0,1$) сток на части бассейна не отличается от среднего по бассейну более чем на 5%.

2. На реках характеризующихся более высокой степенью изменчивости стока ($0,30-0,40$) сток лишь на незначительной площади ($3-5\%$) превышает средний по территории более чем на 5% .

Эти обстоятельства позволяют сделать вывод о весьма слабой асинхронности в колебаниях стока на исследуемой территории не превышающей $10\ 000\text{ км}^2$, как в годы экстремальные так и в годы средние по водности.

Следует подчеркнуть, что полученные выводы имеют место лишь для осредненных во времени условий. В отдельные годы может наблюдаться некоторое отклонение от приведенных закономерностей.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Гидрометеиздат, Л., 1965.

Л.Н.ПОВЕРЖСКИЙ

Зависимость испарения от метеорологических условий и влажности почв применительно к различным типам их водного режима

По П.С.Коссовичу (10) процесс испарения с поверхности почвы характеризуется тремя стадиями. Первая стадия соответствует предельному увлажнению почвы, при котором испарение равно испаряемости. Начиная с некоторого момента капиллярное подпитывание верхнего горизонта почвы становится меньше интенсивности расхода влаги. В этот период (вторая стадия) скорость испарения начинает уменьшаться и на поверхности почвы появляются прохшие участки. Третья стадия наступает при полном иссушении поверхности почвы, когда испарение зависит главным образом от подачи воды снизу.

Очевидно, что влияние метеорологических факторов на интенсивность испарения, определяющее в первой стадии, уменьшается вплоть до малозаметного в последующих, когда главную роль приобретает влажность почвы.

В настоящее время можно считать установленным, что интенсивность расходования влаги почвой и растительностью находится в прямой зависимости от влажности почвы. При этом в первой стадии транспирация представляет собой такой же физический процесс как и испарение с поверхности почвы и потому так же определяется метеорологическими факторами. На второй стадии проявляется способность растений регулировать транспирацию, интенсивность которой зависит от влажности почвы. Но последняя как показано С.И.Долговым (8) не во всем диапазоне одинаково доступна для растений.

Таини образом, транспирация, а, следовательно, и суммарное испарение определяются влажностью почвы в зависимости от категории последней, которая характеризует степень подвижности воды в почве.

Как видно из опытов М.М.Абрамовой (1) передвижение влаги в жидком виде к поверхности почвы прекращается, едва лишь влажность достигнет ВРК. Этому моменту соответствует резкое ослабление степени влияния влажности почвы на испарение, наибольшее в интервале НВ-ВРК. Выше и ниже этого интервала влияние влажности ничтожно. Следовательно, при использовании влаговыпасов в качестве аргумента весьма важно выражать их в относительных единицах, например, в долях от НВ.

Поскольку все факторы, характеризующие погоду (климат) действуют одновременно и в большей части связаны между собой, выделить влияние какого-нибудь одного из них и, следовательно, установить причинную связь между испарением и данным фактором чрезвычайно трудно. Этим, повидимому, и объясняется тот факт, что в научной литературе отсутствует единое мнение по вопросу о том, влияние какого именно метеорологического элемента является доминирующим. В то время как одни авторы (2, 4, 5) важнейшим фактором считают радиационный баланс, другие (3, 7, 9, 11) главную роль в испарении почвенной влаги придают гигрометрическому состоянию приземного слоя воздуха, характеризующему психрометрической разностью или недостатком насыщения воздуха водяными парами (дефицит влажности).

Поскольку радиационный баланс и дефицит влажности воздуха коррелятивно связаны между собой (6), проверить в природе

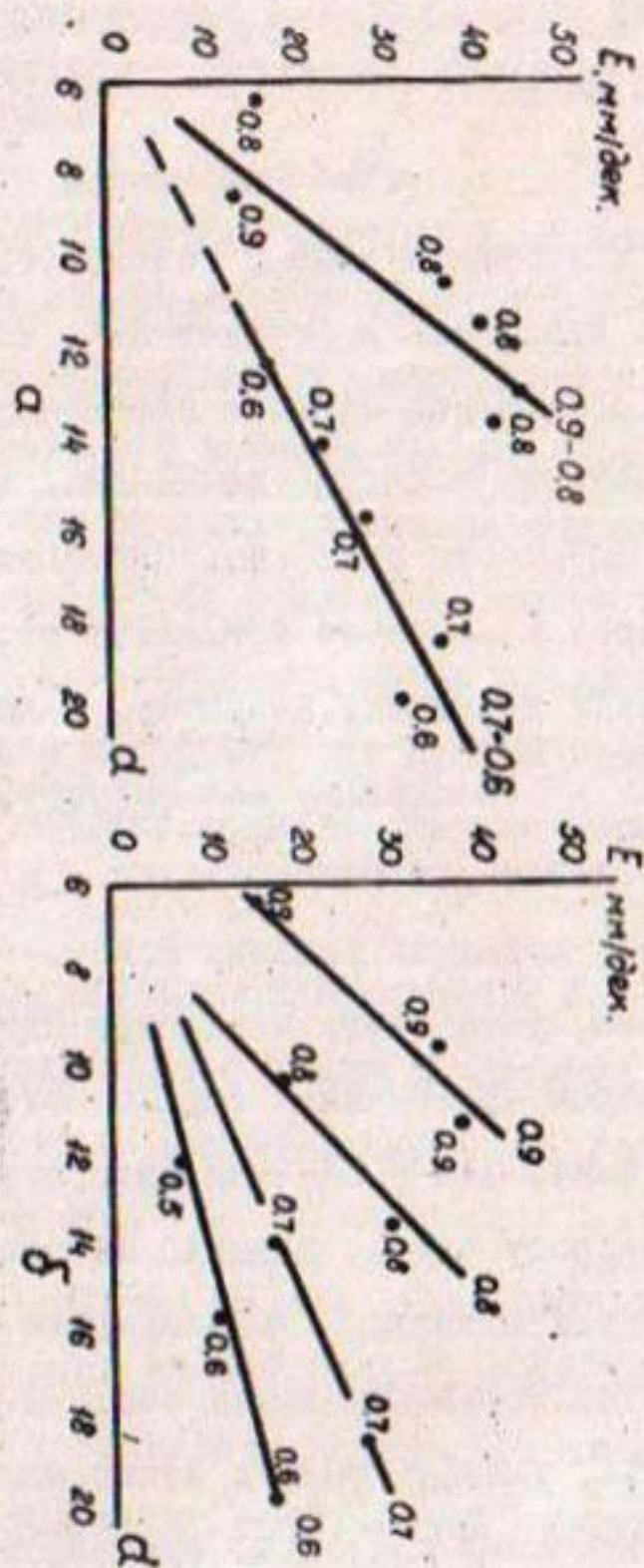


Рис. 1. Суммарное испарение коричневой типичной почвы /а/ и темным озером /б/ в зависимости от дефицита влажности воздуха и относительных влагозапасов 0-250-см слоя почвы.

правильность той или иной позиции не представляется возможным. В условиях Средней Азии, где актинометрические наблюдения пока распространены недостаточно, в качестве важнейших аргументов в зависимостях суммарного испарения от определяющих его факторов могут быть приняты дефицит влажности воздуха и относительные влажность почвы.

Указанные аргументы, однако, могут в значительной степени варьировать в зависимости от типа водного режима почв. Действительно, для почв, водный режим которых складывается по типу непромывного, испаряемость (годовая норма) всегда значительно больше суммы атмосферных осадков и тепловые ресурсы по существу обеспечены. В этих условиях суммарное испарение за значительный промежуток времени (не менее месяца) определяется прежде всего влагозапасами почвы в сумме с атмосферными осадками, учет которых диктуется тем, что дожди, часто выпадающие малыми суммами, существенно увеличивают испарение, не изменяя влажности почвы. Использование в данном случае не общих, а продуктивных влагозапасов позволяет распространить полученные зависимости на значительную территорию.

Для почв с периодически промывным и промывным типами водного режима дефицит влажности воздуха и влажность почвы могут использоваться в совокупности лишь при наличии соответствующего характера внутригодового распределения осадков. Например, для районов с весенне-летним максимумом увлажнения введение в качестве аргумента влажности почвы представляется нецелесообразным, поскольку последняя, как правило, весь вегетационный период поддерживается на уровне, близком к НВ (13).

Разделение почв Узбекистана по типам их водного режима, проведенное нами ранее (12), позволяет приблизительно выбрать

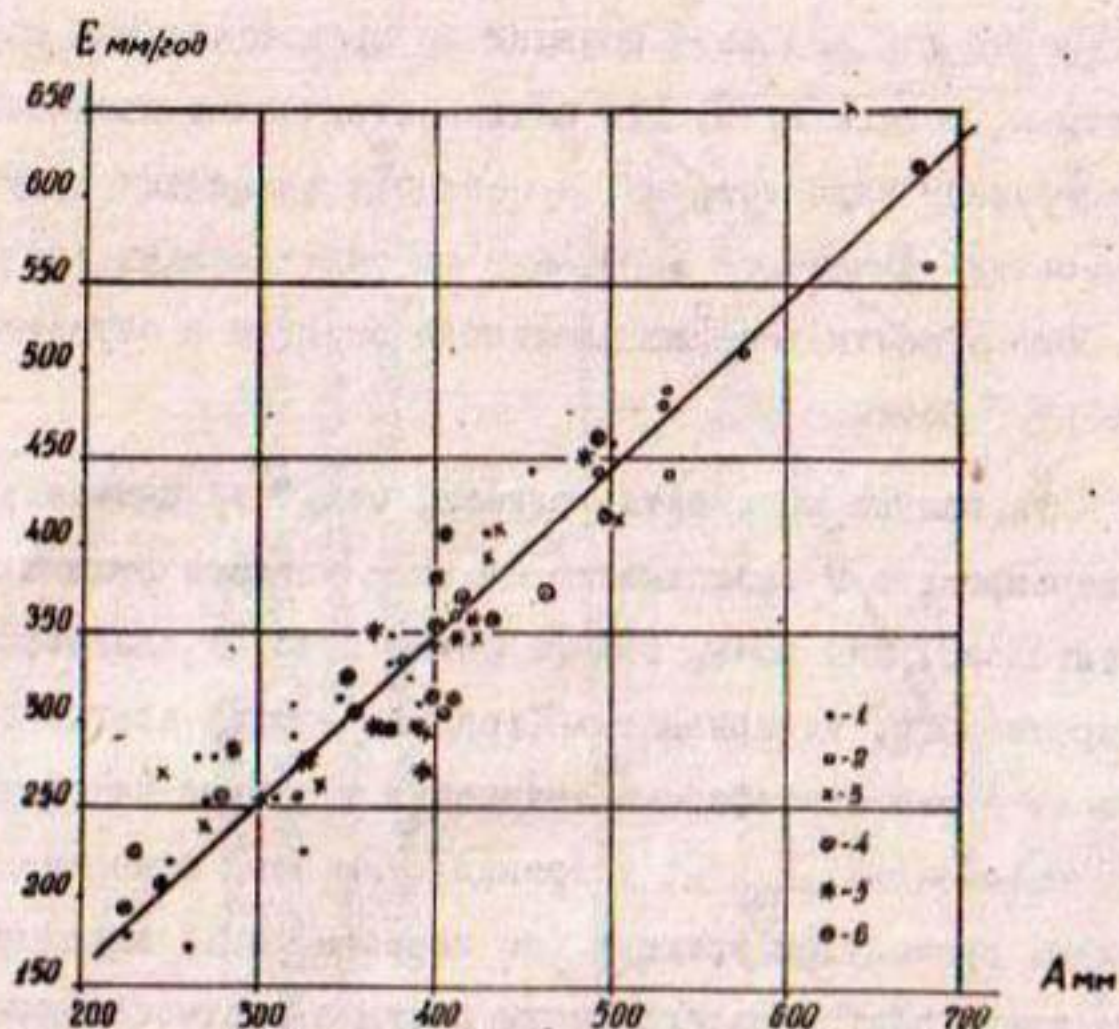


Рис.2 Зависимость суммарного испарения богарными сероземами от показателя увлажнения.
Условные обозначения: 1-ст.Каттакурган, 2-Бозсу, 3-Галляарал, 4-Самарканд, 5-Милютинская, 6-Гузар.

необходимый аргумент по абсолютной высоте залегания почвы.

В 1965г. автором проводились воднобалансовые исследования на коричневых типичных почвах и темных сероземах бассейна р. Паркентсай (периодически промывной тип водного режима). Суммарное испарение определялось методом водного баланса по формуле:

$$E = (W_n - W_k) + X_n - Y_c,$$

где E — суммарное испарение, мм/дек, W_n и W_k — начальное и конечные влагозапасы корнеобитаемого слоя почвы, определяемые нейтронным методом, X_n — количество атмосферных осадков, достигших поверхности почвы, Y_c — суммарный сток (поверхностный и почвенный).

Аналогичные расчеты суммарного испарения, но для месячного интервала времени, произведены для типичных сероземов богарной долины УзССР, водный режим которых складывается по типу непромывного.

Анализ зависимости расхода влаги темным сероземом и коричневой типичной почвой от дефицита влажности воздуха и влажности почвы (рис. 1) подтверждает сказанное ранее об определяющем характере упомянутых аргументов для почв с данным типом водного режима.

Для богарных сероземов в качестве основного аргумента принят показатель увлажнения, равный алгебраической сумме атмосферных осадков за период и продуктивных влагозапасов почвы на начало периода, т.е.

$$A = X_n + (\pm W_{np})_{mm}.$$

Полученная зависимость для годовых сумм испарения (рис. 2) позволяет сделать вывод о высокой тесноте связи и ее

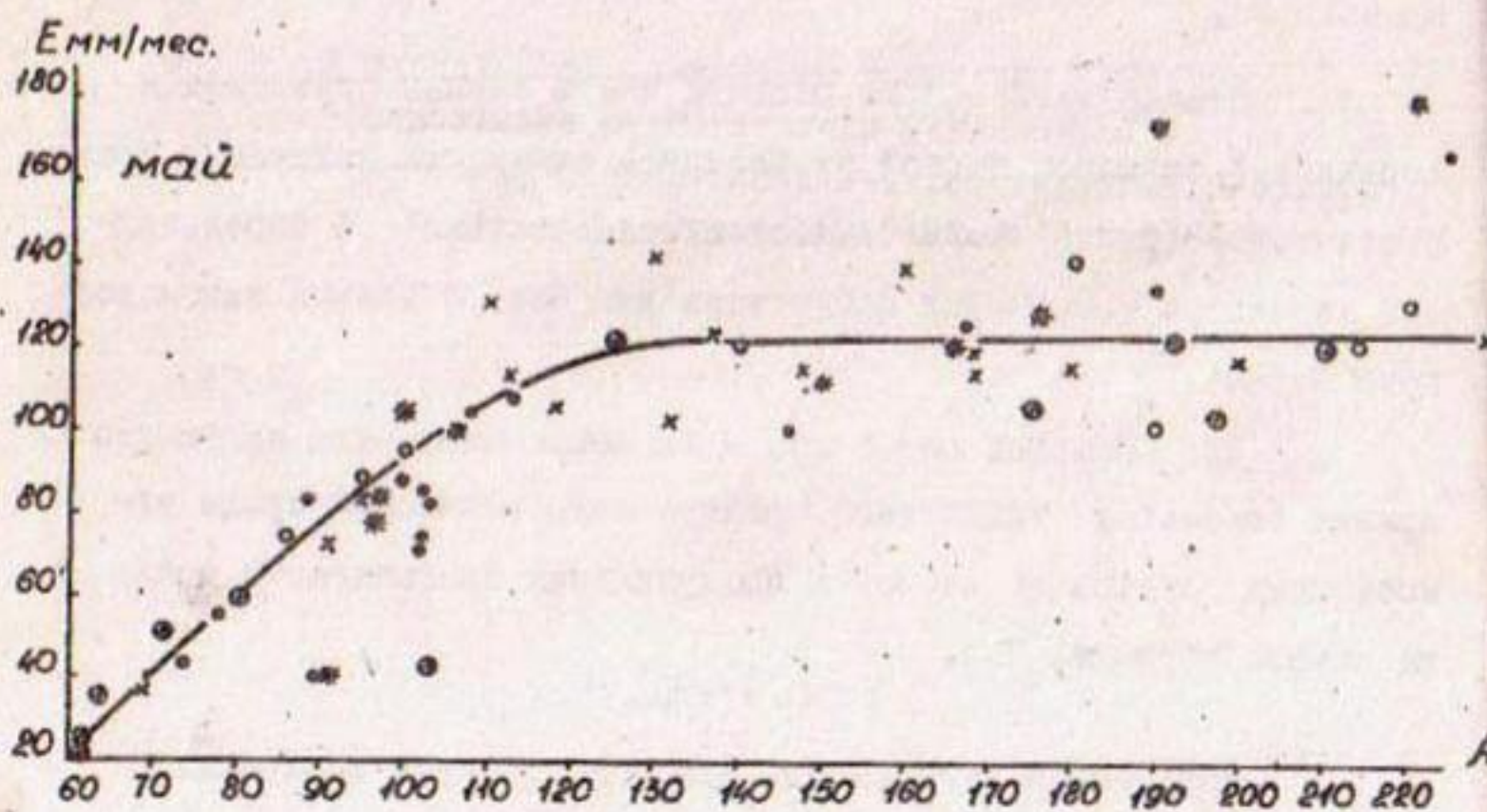
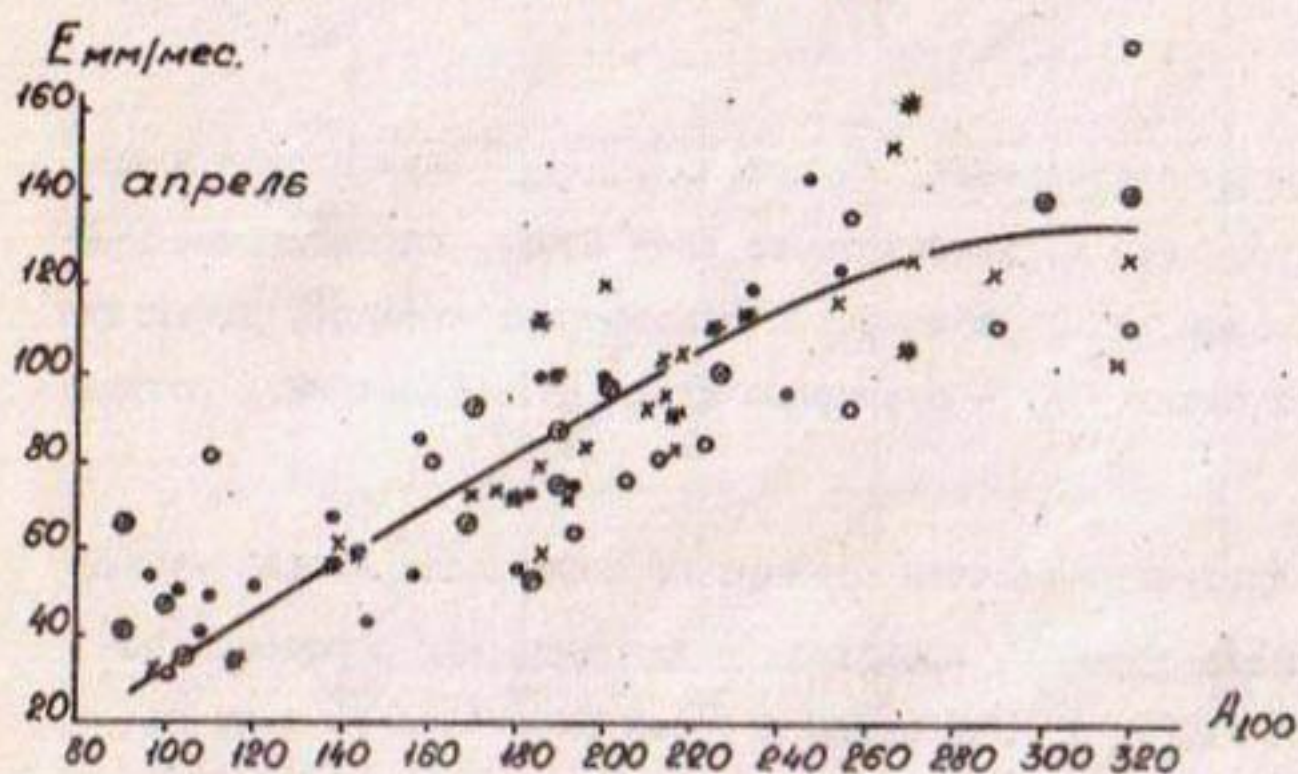
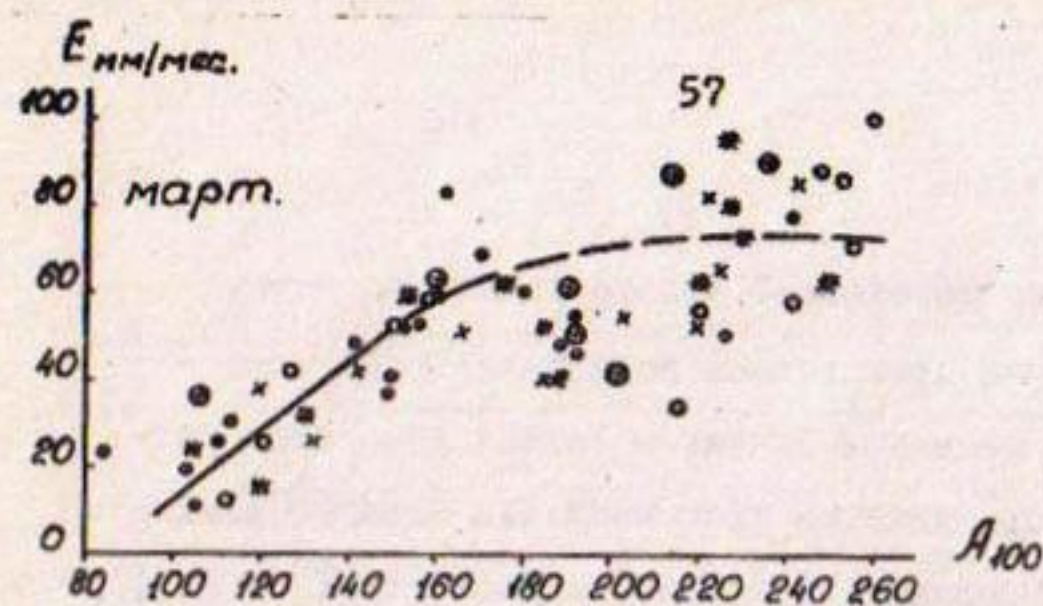


Рис.3 Зависимость суммарного испарения за март, апрель и май месяцы от показателя увлажнения 0-100-см слоя почвы.

Условные обозначения см. Рис.2

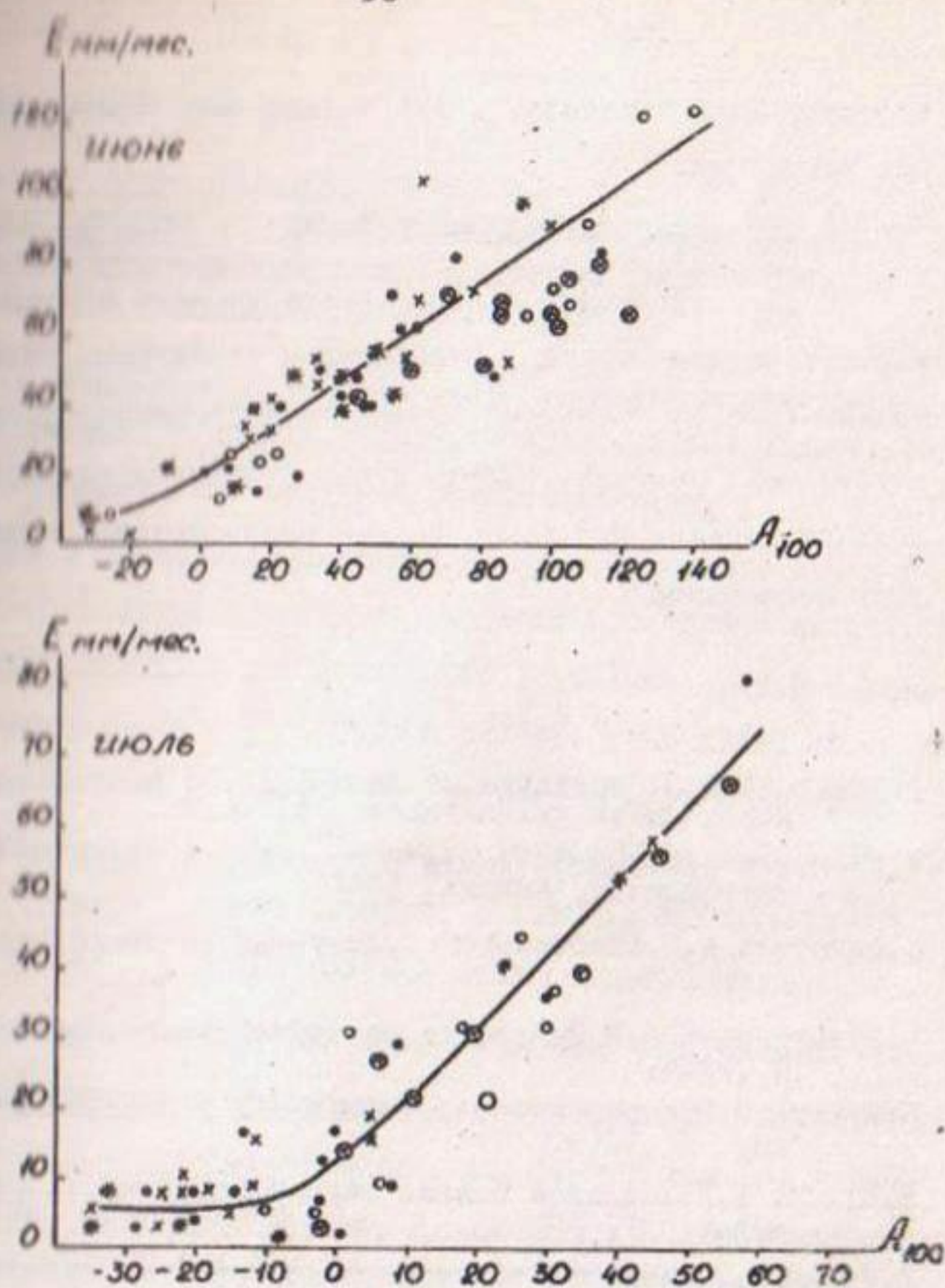


Рис. 3а Зависимость суммарного испарения за июнь и июль от показателя увлажнения 0-100-см слоя почвы.

территориальной общности. Эта зависимость подчиняется уравнению регрессии.

$$E=0,96 A-32 \text{ мм/год}$$

Для отдельных месяцев вегетационного периода связи суммарного расхода влаги с показателем увлажнения несколько менее тесные (рис.3), очевидно, вследствие погрешностей измерения связываемых величин. Однако и они подтверждают определяющую роль увлажнения для почв, водный режим которых складывается по типу непромывного.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1.Абрамова М.М.Передвижение воды в почве при испарении. Тр. Почв. ин-ти им.Докучаева, т.61.1953.
- 2.Алексеев А.М.Водный режим растений и влияние на него засухи. Татгосиздат, Казань, 1948.
- 3.Алпатов А.М.Влагооборот культурных растений.Гидрометеиздат, 1954.
- 4.Будаговский А.И.Испарение почвенной влаги.Из-во "Наука", М.,1964.
- 5.Будыко М.И.Испарение в естественных условиях.Гидрометеиздат, Л.,1948.
- 6.Будыко М.И.Тепловой баланс земной поверхности.Гидрометеиздат, Л., 1956.
- 7.Давид Р.Э.Влажный дефицит как мерило транспирации культурных растений. Соц.с.х., № 5, 1934.
- 8.Долгов С.И.Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений.Из-во АН СССР, М.-Л.,1948.
- 9.Келлер Р.Воды и водный баланс суши.Пер. с нем.Изд-во "Прогресс" М.,1965.
- 10.Коссович П.С.Водные свойства почв.Журн.опыт.агрономии, т.5, СПб, 1904.
- 11.Кузин П.С.Об испарении с поверхности почвы.Тр.ГГИ, вып.7, 1938.
- 12.Побережский Л.Н.Критерий увлажнения и типы водного режима почв Узбекистана.Изв.АН УзССР, сер.тех.наук, № 5, 1966.
- 13.Побережский Л.Н.Суммарное испарение в условиях лесостепного пояса Чаткальского хребта. Тр.Чаткальской ГМОС, вып.2, 1966.

Л.Н.ПОБЕРЕЖСКИЙ

Поверхностный и почвенный сток с некоторых естественных подстилающих поверхностей предгорных районов Чаткальского хребта

При рассмотрении возможностей отдельных почвенно-растительных комплексов формировать сток представляет интерес разделение суммарной его величины на составляющие.

Если в отношении формирования поверхностного стока у ряда исследователей существует относительно единое мнение, то относительно существования стока почвенного (синонимы: внутрипочвенный, внутрипочвенный боковой, глубинный, контактный сток) некоторыми авторами полностью отрицается. Посвященная этому вопросу обширная дискуссия в Государственном Гидрологическом институте (1954г.) приняла решение, в котором фактически отвергается возможность существования почвенного стока (3).

Между тем почвенный сток не только фиксировался как факт, но и измерялся количественно, например, И.С.Васильевым (2) на дерново-подзолистой почве, А.А.Молчановым (4) и Н.Ф.Сонинным (8) на лесных почвах, И.С.Шпаком (10) в бассейне р.Заксы. Уже после упомянутой дискуссии Д.Л.Соколовский (9) выделяет почвенный сток на гидрографе лога Приусадебного (Валдайская гидрологическая лаборатория), где по данным С.Н.Боголюбова (1) доля почвенного стока составляет в среднем 75% от суммарного.

Глубокое теоретическое обоснование возможности существования почвенного стока дано в работе А.А.Роде (6). Согласно этой теории почвенный сток есть сток почвенной воды по отношению к водоупору, происходящий под действием напорного градиента и уклона водоупора.

По классификации А.А.Роде (7) это свободная гравитационная стекающая влага. Отсюда становится ясным, что сток в почвенном слое может происходить лишь тогда, когда последний насыщен влагой до наименьшей влагоемкости, что является необходимым условием, но не достаточным. Действительно, при поступлении влаги сверх величины наименьшей влагоемкости на горизонтальный участок последняя будет гравитационной просачивающейся, что приведет лишь к увеличению глубины промачивания, но не вызовет почвенный сток.

Очевидно, что в условиях горной местности обе упомянутые категории гравитационной воды могут существовать параллельно, но разделение их представляет собой трудную и пока не решенную задачу. Тем не менее можно предполагать, что в горных почвах стекающая влага (при прочих равных условиях) преобладает.

В 1964-65 г.г. автором проводились натурные исследования стока на стоковой площадке и восьми естественных микроводосборах, расположенных в пределах лесостепной (первые четыре строки в табл. I) и степной зонах Чаткальского хребта.

Таблица I.

Количественная характеристика микроводосборов

Микроводосбор	Площадь, м ²	Ср. взвеш. высота, м	Длина, м	Ср. ширина, м	Уклон, ‰
Ореховый	50000	1280	530	94	530
Елово-Пихтовый	32000	1340	480	67	655
Луговой	66200	1210	340	195	480
Оползень	18	1270	6	3	540
Нижний	65300	1420	310	80	450
Лотковый	399100	1550	1110	280	400
Сухой	48600	1600	210	60	350
Кустарниковый	162680	1600	500	90	380
Опытный	136700	1650	530	140	420

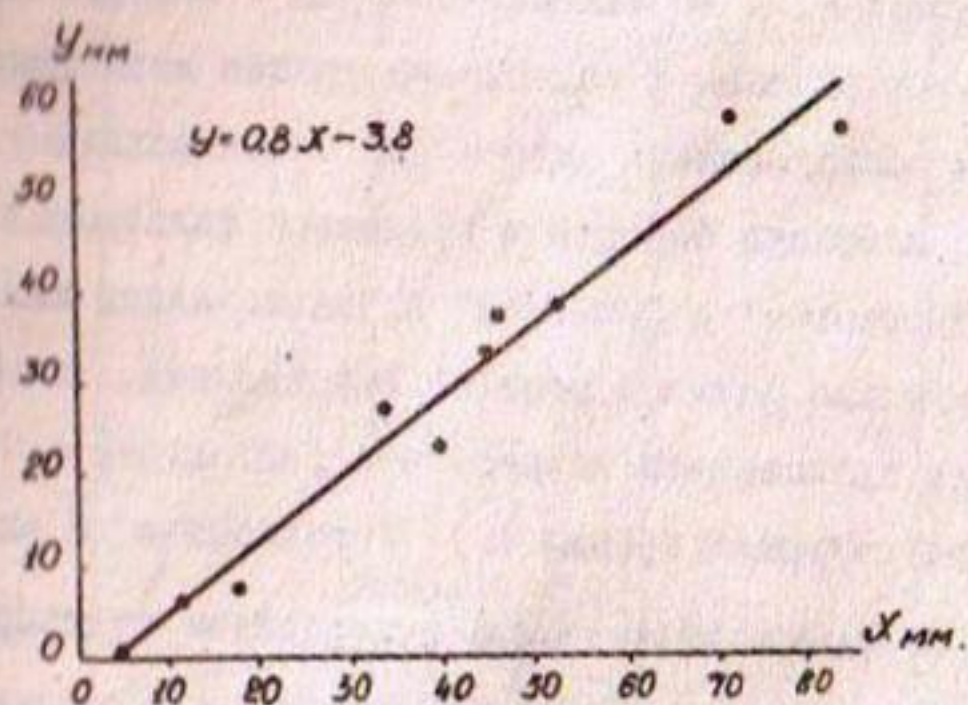


Рис. I Зависимость стока с оползня от декадных сумм осадков.

На стоковой площадке "Оползень" сток измерялся объемным методом, а на микроводосборах с помощью водосливов с треугольным вырезом и самописцев уровня воды типа "Валдай". Водосливы обкладывались дерном или бетонировались в русле с тем, чтобы избежать боковой и придонной фильтрации. В гидроствоках "Лотковом" и "Опытном" использовались калиброванные гидрометрические лотки с теми же самописцами. Такие установки позволяют производить непрерывный учет стока и, при соблюдении соответствующих правил (5), с точностью ± 2 мм уровня воды.

Анализ полученных результатов подтвердил известное положение о том, что основным фактором, определяющим суммарный сток вегетационного периода, являются осадки, их количество и интенсивность, а также характер подстилающей поверхности. При этом важную роль играет влажность почвы и ее водно-физические свойства.

На смытых, лишенных растительности суглинках (оползень) пористость верхнего 10-сантиметрового слоя почвы составляет всего 37 % при объемном весе $1,72 \text{ г/см}^3$, а средний уклон площадки 540‰. Такое положение создало благоприятные условия для формирования поверхностного стока тем более, что влажность почвы вплоть до середины июля поддерживалась на уровне, близком к наименьшей влагоемкости. Отсюда довольно тесная зависимость стока с оползня от декадных сумм осадков (рис.1).

Коэффициенты поверхностного стока с оползня очень велики и достигают 0,81 (вторая декада мая), в среднем за вегетационный период составляя 0,69 (табл.2).

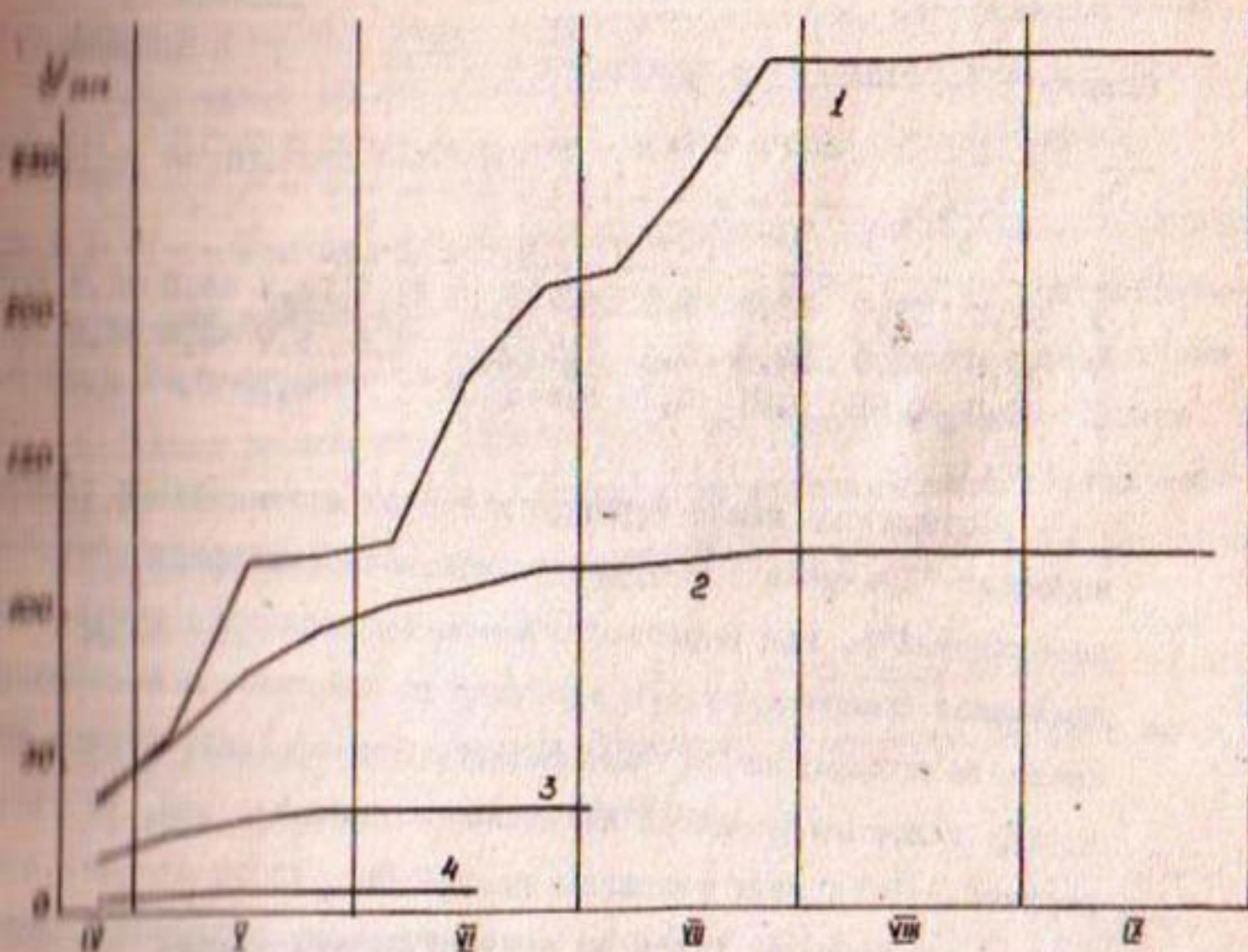


Рис. 2 Интегральные кривые стока с основных подстилающих поверхностей лесостепной зоны Чаткальского хребта. Условные обозначения: 1- смытые суглинки на оползне, 2- бурая лесная почва под елово-пихтовым лесом, 3-темнобурая почва под ореховым лесом, 4-коричневая темная почва под луговой степью.

Таблица 2.

Осадки (X), сток (Y) и коэффициент стока (η) с оползня.

	: IY:			Y			: YI			: YII			: IY-UIII		
	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3	I	2
X	52,9	39,7	72,0	4,0	18,0	84,4	33,7	12,2	44,8	45,8	407,5				
Y	37,6	22,9	57,6	0,4	7,5	56,7	26,9	5,7	32,6	37,5	285,0				
η	0,7	0,58	0,81	0,10	0,64	0,68	0,79	0,39	0,73	0,80	0,69				

Совершенно иначе формируется сток с темнобурой (микро-водосбор "Ореховый") и бурой лесной почв. (микроводосбор "Елово-Пихтовый"), где пористость верхнего горизонта почти вдвое превышает соответствующую величину на оползне, а водопроницаемость возрастает до "провальной". Эти свойства лесных почв наряду с хорошо развитой подстилкой говорят о том, что поверхностный сток в этих условиях невозможен. Влага стекает исключительно почвенным путем по относительному водоупору. Интенсивность этого стекания будет, очевидно, тем больше, чем больше величина напорного градиента и уклона водоупора и чем ближе залегание этого водоупора к дневной поверхности. Последняя величина для микроводосборов "Орехового" и "Елово-пихтового" равна соответственно 50 и 30 см. Уклон микроводосбора "Елово-пихтового" также несколько больше (табл. I), а мощность лесной подстилки почти втрое меньше. Сочетание этих факторов обусловило больший сток с бурой лесной почвы по сравнению с темнобурой (рис. 2)

Наименьшим стоком характеризуется коричневая темная почва (микроводосбор "Луговой"). В связи с тем, что в полутораметровом слое этой почвы не отмечено сколько-нибудь

выраженного водоупора, можно предполагать, что сток формирует зона подстилки, но близкие к темнобурым почвам воднофизические свойства обуславливают накопление значительных запасов влаги, что вводит в конечном счете к уменьшению стока. Коэффициент стока в коричневой темной почве составил за период вегетации всего 0,09 при 0,23 с темнобурой и 0,37 с бурой лесной почвы.

Верхнее положение интегральной кривой стока с темного серозема микроводосбора "Кустарникового" (рис.3), расположенного в степной зоне Чаткальского хребта, является следствием большого количества мелких родников, расходуемых трещинные воды изверженных пород. В целом за вегетационный период коэффициенты стока с коричневой типичной почвы и темного серозема имеют один порядок (табл.3).

Таблица 3.

Осадки, суммарный сток и коэффициент суммарного стока с почв степной зоны Чаткальского хребта.

Микроводосбор	X	Y	Z
Кустарниковый	97,5	38,1	0,39
Опытный	99,2	34,4	0,35
Лотковый	64,3	21,4	0,33
Нижний	61,5	17,8	0,30

Полное отсутствие стока зафиксировано в замыкающем створе сая "Сухого", на площадь которого выпало 97 мм осадков. Поверхностный сток здесь вообще слаб вследствие большой шероховатости поверхности склонов и водопоглощающей способности тальвега. Влага, попавшая в почву, имеющую здесь незна-

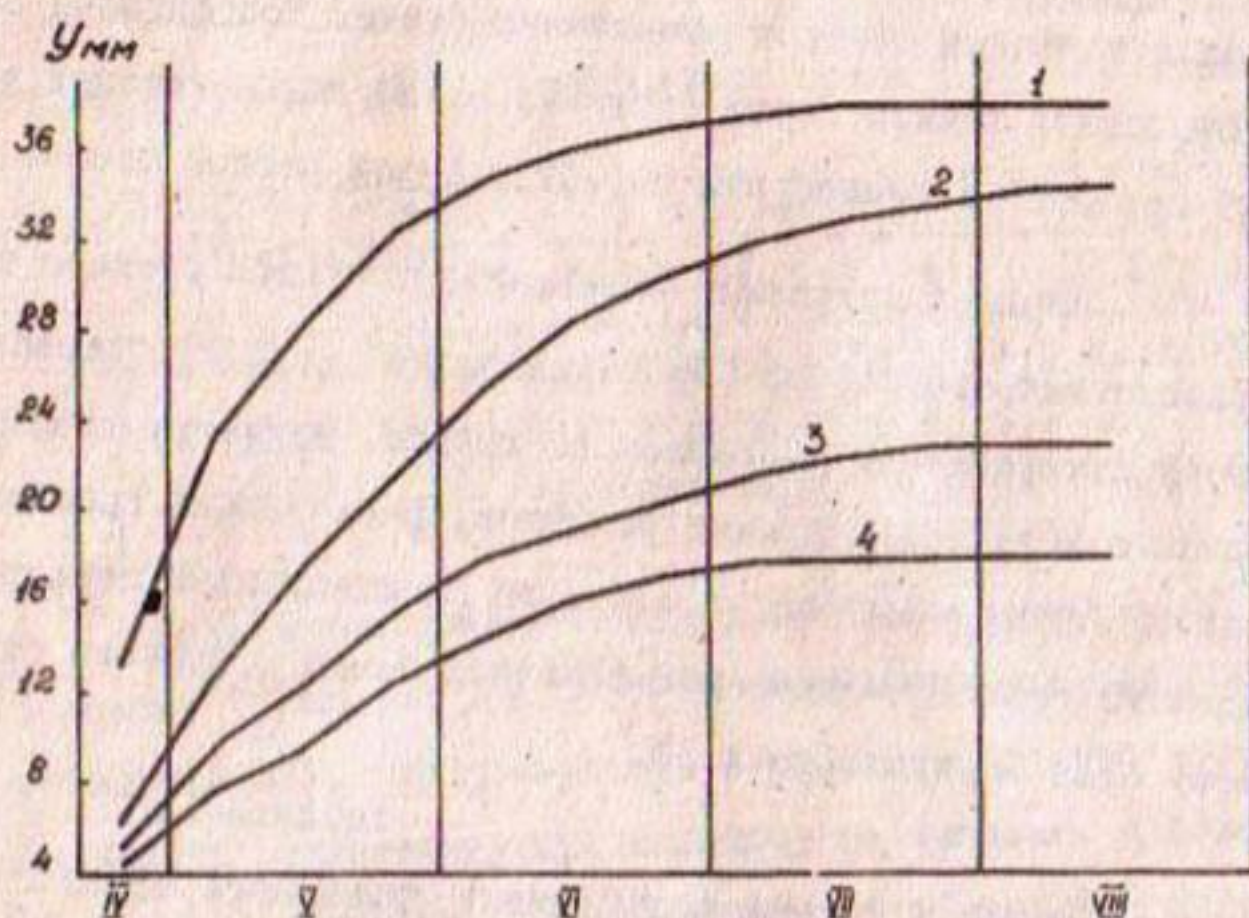


Рис.3 Интегральные кривые стока с некоторых почв степной зоны Чаткальского хребта.

Условные обозначения:— Темный серозем: 1-сай "Кустарниковый", 3—"Лотковый", 4—"Нижний".

Коричневая типичная почва: 2-сай "Опытный".

питательную мощность (около 80 см), захватывается мелкоземом пористой породы и пополняет запасы трещинных вод.

Таким образом, с точки зрения воднобалансовых изысканий учет стока представляется необходимым.

Если верхняя граница балансируемого слоя совпадает с дневной поверхностью, учету подлежит суммарный сток. Если же рассматривается водный баланс слоя почвы, верхняя граница, наоборот, расположена ниже дневной поверхности, возникает необходимость учета вида стока с данной почвы и глубины залегания грунтов. Вид стока определяется водно-физическими свойствами почвы и характером растительности.

ЛИТЕРАТУРА

- В.В.Васильев С.Н.К вопросу о подземном питании в весеннем стоке рек и временных водотоков.Тр.ГТИ,вып.61,1957.
- В.В.Васильев И.С.Опыт изучения поверхностного и внутрипочвенного стока в лесной подзолистой почве. Почвоведение, № 5, 1948.
- В.В.Васильев И.С., Романов В.В.Дискуссия о внутрипочвенном стоке. Метеор.и гидрол. № 3, 1954.
- В.В.Васильев А.А.Гидрологическая роль леса.Изд.АН СССР,М.1960.
- В.В.Васильев Гидрометеорологическим станциям и постам, вып.6, ч.2, Гидрометеиздат, 1952.
- В.В.Васильев А.А.О почвенных водах и почвенном стоке.Почвоведение, № 9, 1954.
- В.В.Васильев А.А.Основы учения о почвенной влаге.Т. I, Гидрометеиздат, 1965.
- В.В.Васильев Н.Ф.Влияние леса на водные свойства почв.Тр.ВНИИЛХ, вып.18.1940.
- В.В.Васильев Д.Л.Некоторые вопросы теории формирования и методики расчета максимального дождевого стока. Тр. ГТИ, вып.61, 1957.
- В.В.Васильев И.С.К вопросу о внутрипочвенном стоке. Тр.ЦИП, вып.22., 1950.

Л.Н.ПОБЕРЕЖСКИЙ

Некоторые пути повышения эффективности нейтронной аппаратуры для измерения влажности почво-грунтов

В настоящее время все более широкое распространение получает нейтронный метод измерения влажности почво-грунтов, пришедший на смену термостатно-весовому методу. С 1964 г. находится в серийном производстве нейтронный индикатор влажности (НИВ-1), предложенный В.А.Емельяновым и Л.И.Бескиным (4), и в научной литературе уже высказано предложение утвердить нейтронный метод в качестве государственного стандарта для абсолютных измерений влажности почво-грунтов (6).

В связи с этим представляется целесообразным рассмотреть некоторые вопросы, связанные с более эффективным использованием пока еще дорогостоящей измерительной аппаратуры.

1. Определение влажности верхнего горизонта почвы прибором НИВ-1.

Быстрые нейтроны, испускаемые источником, диффундируют в среде и захватываются ядрами ее элементов в случае если среда безгранична. Для нейтронов в почве границы среды определяются радиусом сферы их действия, который находится в прямой зависимости от влажности почвы (1,3 и др.).

Следовательно, наименьшая глубина измерений должна быть большей или равной радиусу сферы.

Помещая нуль зонда прибора в эту точку, оператор все же не имеет сведений о влажности самого верхнего горизонта почвы, поскольку нейтроны максимум информации о влажности собирают из участков, близлежащих к центру сферы (3).

Отсюда следует необходимость дополнительной калибровки прибора для глубин, меньших радиуса сферы.

Нами, в частности, проведен такой опыт для глубины, равной длине зонда. Калибровка (рис. I) производилась в искусственной емкости размером 50 x 50 x 50 см, заполненной суглинком с объемным весом 1,12 г/см³. Начальная влажность почвы, определенная термостатно-весовым методом в 20-кратной повторности, равнялась 5,5 % с учетом объемного веса. При этой влажности определялась скорость счета, после чего почва постепенно увлажнялась и, спустя сутки после каждого увлажнения, вновь определялась скорость счета и влажность почвы.

Проверка калибровочной кривой в естественных условиях (табл. I) показала, что наибольшая абсолютная ошибка измерений (2-3 %) имеет место при экстремальных значениях влажности почвы, что объясняется выполаживанием калибровочного графика в диапазонах больших и малых величин влажности.

Таблица I.

Сравнение величин влажности верхнего горизонта почвы, рассчитанных по калибровочной кривой и определенных методом сушки проб

№ пп	$K = \frac{U_{\text{погр}}}{U_{\text{исх}}}$	Влажность почвы, % об.	Ошибка прибора		
:	:	по кривой	термостатно-весовой метод	абс., % об.	отн., %
:	:	(рис. I)	:	:	:
1	0,568	27,5	24,5	+ 3,0	10,9
2	0,522	20,5	21,7	- 1,2	- 5,8
3	0,488	18,0	17,0	+ 1,0	5,6
4	0,460	16,8	16,5	+ 0,3	1,8
5	0,430	15,2	15,0	0,2	1,3
6	0,425	15,0	15,9	- 0,9	- 6,0
7	0,353	10,2	12,2	- 2,0	-19,6
8	0,338	8,0	10,9	- 2,9	-36,3
9	0,335	7,5	5,9	+ 1,6	27,1

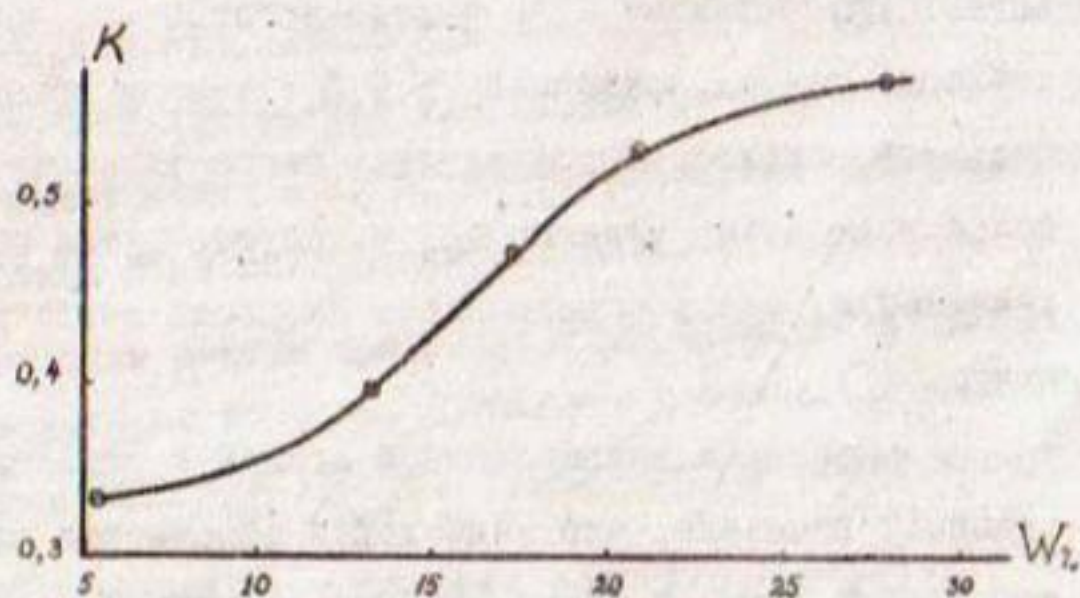


Рис. I Зависимость относительной скорости счета от влажности верхнего горизонта почвы.

Наилучшие результаты (с абсолютной ошибкой около 1 %) кривая дает в диапазоне влажности почвы от II до 23 % от объема, т.е. на участке с наибольшим углом наклона к оси абсцисс. В этом же диапазоне и относительная ошибка наименьшая, хотя последняя возрастает пропорционально иссушению почвы.

Радиоактивное излучение в атмосфере, возникающее при помещении нейтронного источника в верхнем слое почвы, не представляет никакой опасности для оператора поскольку уже на расстоянии 80 см от скважины оно не отличается от натурального фона (рис.2).

2. Интегральный метод быстрого определения общих влагозапасов заданного слоя почвы.

Методические указания по определению влажности почвы нейтронным методом, разработанные во ВНИИГиМе (5), предусматривают работу по способу, который можно назвать точечным. Он заключается в том, что зонд прибора опускается в скважину на нужную глубину и фиксируется в данной точке весь период наблюдений на данной глубине. Затем зонд перемещается в другую точку, вновь фиксируется и т.д. При этом две смежные точки измерений выбирают таким образом, чтобы расстояние между ними было не меньше вертикального радиуса сферы. В этом случае могут возникать погрешности как за счет преуменьшения радиуса, когда сферы действия накладываются одна на другую и результаты таким образом осредняются, так и за счет его преувеличения, когда между сферами появляется объем почвы, влажность которого оказывается неучтенной. Последнее обстоятельство приобретает большое значение в условиях близкого залегания уровня грунтовых вод.

В связи с тем, что зонд прибора дает некоторую средневзвешенную влажность, даже располагаясь на границе двух резко

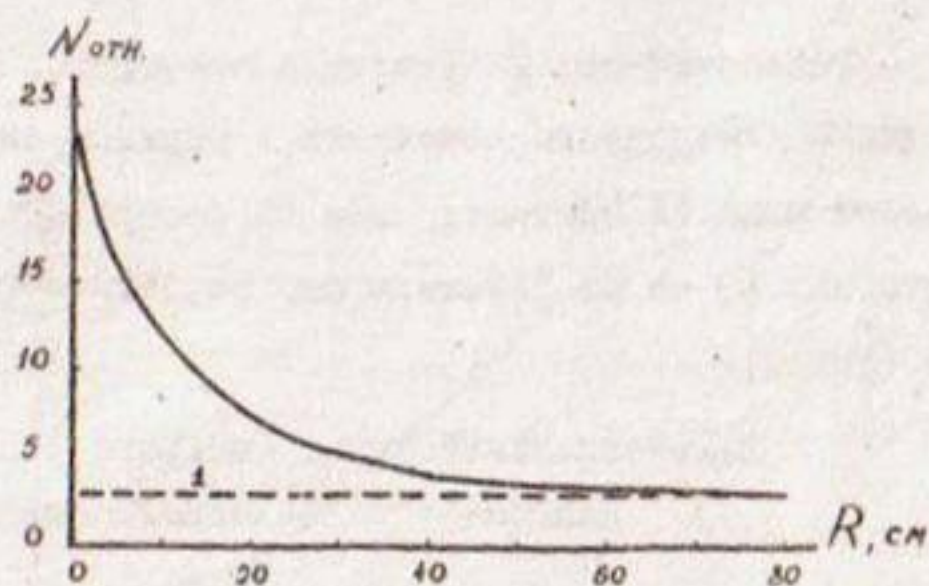


Рис. 2 Радиоактивное излучение в атмосфере при измерении влажности верхнего горизонта почвы в зависимости от расстояния скважины.

I — натуральный фон

различных по водородосодержанию сред (2), представляется возможным работать интегральным методом. Сущность его заключается в перемещении зонда прибора по скважине с постоянной скоростью, когда сферы действия нейтронов накладываются друг на друга по всей глубине, давая таким образом среднюю величину влажности почвы в заданном слое.

При работе интегральным методом на соединительном кабеле отмечают максимальную и минимальную глубины измерений, причем первая отмечается фиксатором, а вторая краской, с тем, чтобы не препятствовать перемещению зонда в канале контрольно-калибровочного устройства и в скважине. Затем включают пересчетное устройство и секундомер, одновременно с чем равномерно перемещают зонд вниз и вверх по скважине. Опыт работы интегральным методом показал, что наиболее удобной является 4-кратная повторность перемещения (вниз-вверх-вниз-вверх) со скоростью 2 см/сек, что составляет одно деление на кабеле (10 см) за 5 сек по секундомеру.

Проверка интегрального метода, произведенная в полевых условиях (табл.2), показала, что он по точности не уступает точечному способу и тогда, когда последний производится с учащенными глубинами измерений, зависящими от радиуса сферы действия нейтронов.

Таблица 2.

Результаты определения влагозапасов
интегральным и точечным методом

Запас влаги (мм) в слое почвы : 0-150 см.		Ошибка интегрального метода	
интегральный метод	точечный метод	абс, мм	отн., %
509,5	508,9	0,6	0,1
463,3	462,1	1,2	0,3

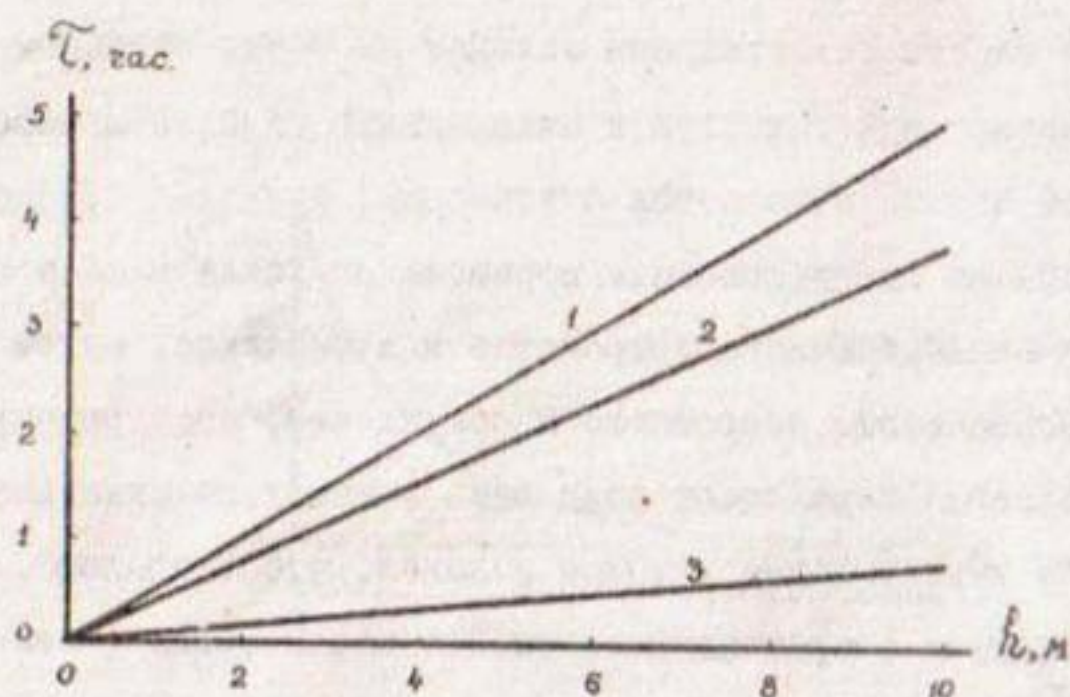


Рис.3 График для расчета времени, потребного на измерение влажности почв прибором НИВ-1 в зависимости от глубины скважины при измерениях через 0,5 м.
 1 – точечный метод в 3-кратной повторности (отсчетов),
 2 – то же в 2-кратной,
 3 – интегральный метод.

продолжение таблицы 2

Запас влаги (мм) в слое почвы : 0-150 см.		Ошибка интегрального метода	
интегральный метод	точечный метод	абс, мм	отн., %
411,8	413,0	-1,2	-0,3
325,2	327,1	-1,9	-0,6
309,8	311,0	-1,7	-0,5
287,2	286,0	1,2	0,4
286,4	285,1	1,3	0,5

В других случаях, например, при измерениях через 1 м, интегральный метод дает более точные результаты, т.к. исключает ошибки, связанные с недоучетом влаги в почве, заключенной между сферами действия нейтронов.

При работе интегральным методом можно в 3-5 раз сократить время, необходимое для измерения средней влажности данного слоя почвы (рис.3), что особенно важно при определении мгновенных влагозапасов (измерения непосредственно до и после дождя, интенсивного снеготаяния, полива и т.д.).

Интегральный метод весьма перспективен в плане решения вопроса автоматизации измерений влажности почвы на основе нейтронного метода. Он может найти широкое применение везде, где требуется быстро измерить общие влагозапасы слоя почвы независимо от характера их распределения по глубине.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бескин Л.И., Зайцев А.И. Нейтронный метод определения влажности почв. Тр. ВНИИГим, т.38, 1962.

2. Бескин Л.И. Исследование нейтронного метода определения влажности почв, грунтов и строительных материалов. Автореферат, канд. дисс., ВНИИГим, М., 1965.
3. Емельянов В.А. Гамма-лучи и нейтроны в полевых почвенно-мелиоративных исследованиях. Госатомиздат, 1962.
4. Емельянов В.А. Нейтронный индикатор влажности. Гидротехника и мелиорация, № 9, 1964.
6. Емельянов В.А., Бескин Л.И., Зайцев А.И. Методические указания по измерению влажности почвы в полевых условиях с помощью гамма-лучей и нейтронов, ВНИИГим, М., 1961.
6. Ярвела Х.А. Оценка точности измерений влажности почво-грунтов нейтронным методом в полевых условиях. Изв. ТСХА, вып. 3, 1962.

М.И. ГЕТКЕР

Влияние площади на изменчивость суточных и годовых сумм осадков и учет его в гидрологических расчетах

В предыдущей статье (4) рассмотрены недостатки существующих формул и дана теоретическая схема расчета пространственной неравномерности дождей. Основные положения принятой расчетной схемы сводятся к следующему. Суточный слой осадков на данную площадь F_i рассматривается как случайная величина, среднее значение которой (норма суточных осадков) от площади не зависит, а изменчивость ее определяется площадью. Использован вариант логарифмически-нормального преобразования суточного слоя осадков, предложенный Ю.Б. Виноградовым. (2) :

$$X = (H + 1)^{1/n} \lg H \quad (1), \text{ где}$$

H — суточный слой осадков, $1/n$ — параметр асимметрии, равный 0,30.

В условиях горного рельефа, для выявления влияния площади на изменчивость преобразованного таким образом слоя осадков необходимо анализировать величины:

$$\alpha = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_x}, \quad (2)$$

поскольку $\bar{X}$ и σ_x существенно зависят от высоты и иных характеристик рельефа. Выражение (2) является общепринятым в статистике нормированием распределения. Распределение α , также как и X , нормально с параметрами $\bar{\alpha} = 0$, $\sigma_\alpha = 1$; для площади F , имеем $\bar{\alpha}_F \pm 0$, $\sigma_{\alpha F} = f(F)$. Зависимость уменьшения стандарта преобразованного слоя осадков при увеличении площади целесообразно искать в виде:

$$\sigma_{\alpha F} = \frac{1}{(F+1)^n} \quad (3)$$

Значение $G_x = 1$, при $F = 0$ соответствует максимальной изменчивости суточных осадков в точке. С ростом площади, вследствие убывания коррелятивной связи колебаний осадков G_x убывает.

Строгое определение параметра η в формуле (3) возможно при наличии достаточно репрезентативной выборки из генеральной совокупности суточных сумм осадков, в которой представлены (в соответствующей пропорции) все градации слоя осадков.

Однако в этом случае при подсчетах дисперсий использовались бы значения малых слоев осадков, которым присущи особенно большие ошибки измерений. Определение дисперсий преобразованных величин слоя осадков для разных площадей возможно и по усеченному распределению, если известен полный объем выборки и определены точки усечения (соответствующие рекомендации имеются в работе (8)). Существующие материалы ливнемерной сети не дают возможности применить эти способы, по причине технических дефектов работы ливнемерных кустов.

Вследствие сложности обслуживания приборов, их порчи и поломок приходится браковать данные по многим дождям, даже большого слоя. Дожди же малого слоя, часто суммируются за несколько случаев выпадения осадков. В силу этих причин определение параметра η возможно лишь приближенно.

Основными материалами для выявления зависимости (3) послужили данные ливнемерных наблюдений на Алмаатинском ливнемерном кусте за 1960–63 гг.^{х)} На территории куста выделана площадь $F = 75\text{--}80 \text{ км}^2$, освещенная показаниями 60–70 осадкомеров и плювиографов.

х) Материал любезно представлен А.Ф.Литовченко и Мочаловым В.П. (УГМС Каз.ССР)

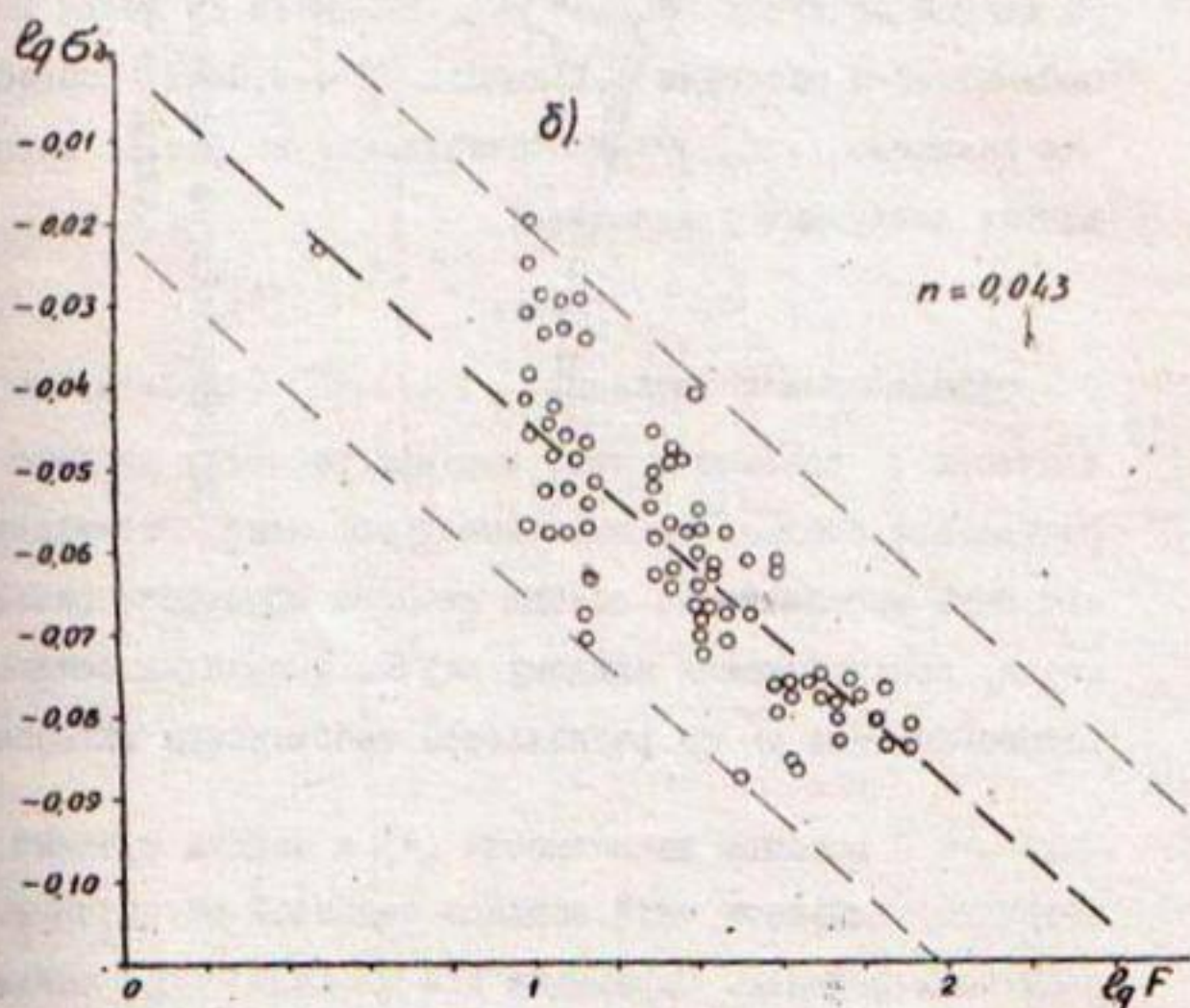
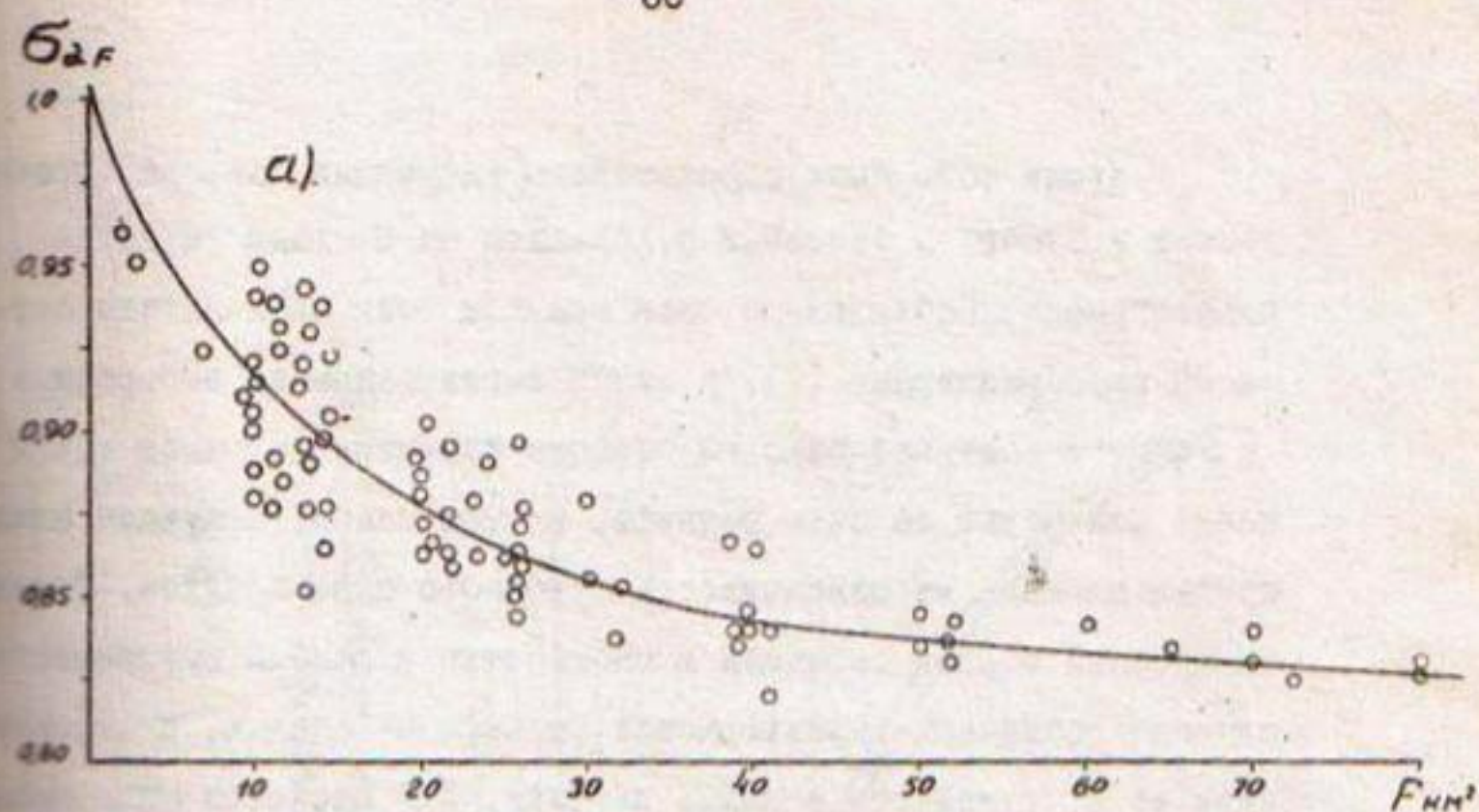


Рис. I Зависимость относительной изменчивости суточных сумм осадков от площади.

а/ в простых

б/ в логарифмических координатах

Кроме того были использованы наблюдения автора, проведенные в 1964г. в бассейне р.Ходжаата на площади $26 \text{ км}^2/14$ плювиографов) Наблюдаемые слои осадков были пересчитаны согласно преобразованию (1), а затем нормированы по выборочным $\bar{X}$ и σ_x . Поступая так, мы относим изменения $\bar{X}$ и σ_x от точки к точке полностью за счет рельефа, и, тем самым, получаем нижний предел площади на изменчивость суточного слоя осадков. Такой осторожный подход оправдан и сложностью и слабой изученностью влияния различных характеристик рельефа на осадки, и стремлением не преувеличить влияние площади. Для расчетов σ_{xf} принят 98 дождей по кусту "Медео" $/H \geq 8-12 \text{ мм/и}$ 24 дождя по данным наблюдений в бассейне р.Ходжаата $/H = 9,0 \text{ мм/}$. Основная расчетная зависимость $\sigma_{xf} = f(F)$ представленная на рис.1, хорошо описывается следующим уравнением:

$$\sigma_{xf} = \frac{1}{(F+1)^{0,041}} \quad (4)$$

С коэффициентом корреляции $z = 0,86$. Относительно низкое значение z связано с тем, что при расчетах не было сделано разделение осадков на ливневые и обложные. Разделение это может быть выполнено на основе анализа процессов развития облачности, сопутствующих каждому случаю выпадения осадков. Для такого анализа мы не располагаем необходимым материалом.

С помощью зависимости (4) и таблиц функции Лапласа нетрудно рассчитать слой осадков заданной обеспеченности $p(H)$ следующим образом. Определив для площади F σ_{xf} , найдем:

$$d_{p\%} = \bar{d}_F + K_{p\%} \sigma_{xf} \quad (5)$$

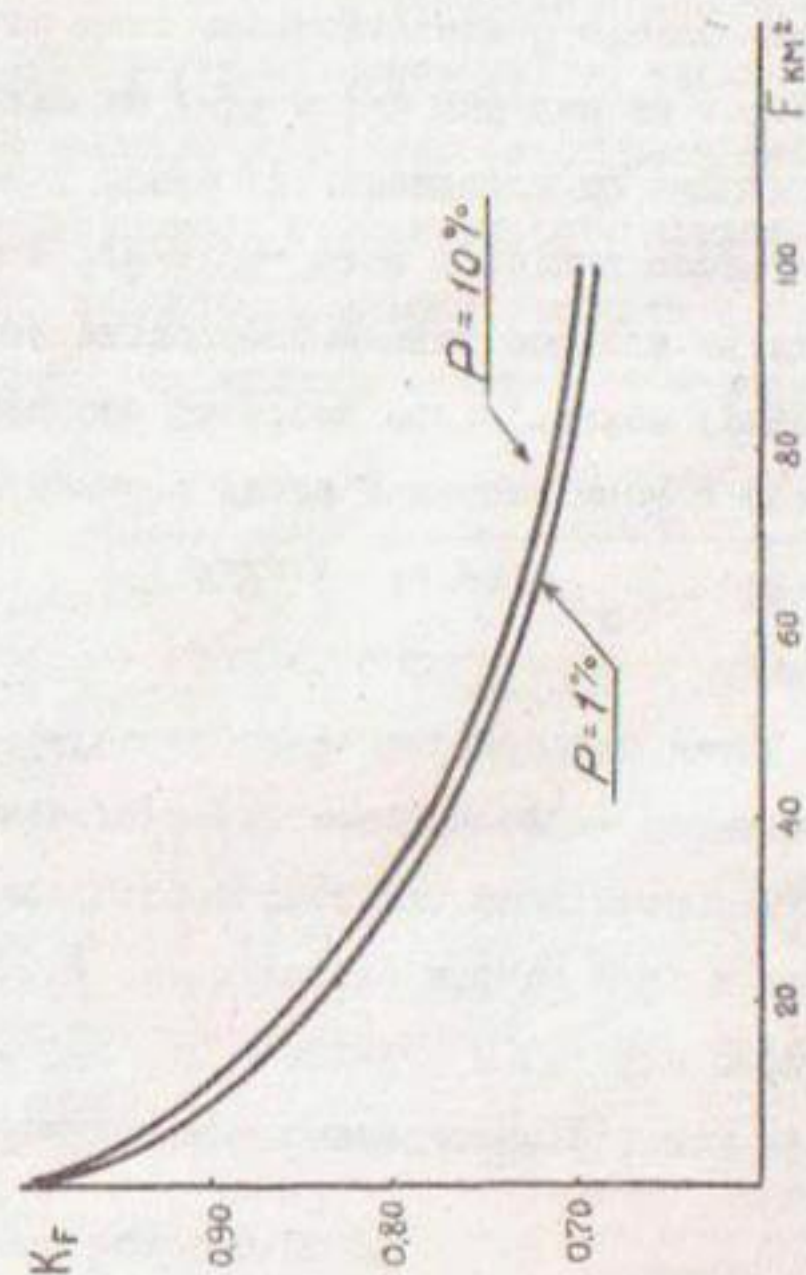


Рис.2 Зависимость коэффициента неравномерности осадков от площади.

Учитывая, что $\bar{\alpha}_i = \bar{\alpha}_p = 0$ и, подставив в (5) значение α из (2), получим:

$$\frac{X_{p\%} - \bar{X}}{S_x} = K_{p\%} \cdot S_{\alpha F}, \quad \text{откуда}$$

$$X_{p\%} = \bar{X} + K_{p\%} \cdot S_x \cdot S_{\alpha F} \quad (6)$$

где $K_{p\%}$ - квантиль нормального распределения, отвечающий уровню обеспеченности $p\%$

С помощью соотношения (1) или таблиц, представленных в работе (2), определяется $N_{p\%}$. Для перехода от обеспеченности среди совокупности дождей $p/N/$ к годовой повторяемости $P/N/$ можно воспользоваться формулами Г.А.Алексеева (1) или Ю.Б.Виноградова (3) дающими очень близкие значения в области малых обеспеченностей. Формулы эти имеют вид

$$P/N/ = 1 - e^{-\bar{m} p(N)} \quad (7)$$

$$P/N/ = 1 - [1 - p(N)]^{\bar{m}} \quad (8)$$

где $\bar{m}$ - среднее число дождевых дней в году. Для облегчения практического расчетов составляется график (рис.2), где дано отношение равнообеспеченных осадков на площади и в точке для $P/N/=1\%$ и $P/N/=10\%$. Слой суточных осадков заданной обеспеченности в точке рассчитывался по методике Ю.Б.Виноградова (2). Значения $P=1\%$ и 10% выбраны из тех соображений, что в диапазоне этих обеспеченностей обычно проводится расчет Q_{max} дождевых паводков на малых водотоках (сооружения П-У классов). Как видно из этого графика, влияние площади на уменьшение расчетного слоя осадков весьма существенно. Учет этого влияния при массовых расчетах приведет к обоснованному снижению расчетных Q_{max} и тем самым, к уменьшению стоимости соответствующих гидротехнических сооружений.

Сравнение полученных результатов с результатами других авторов приведено в табл. I.

Таблица I.

Значения коэффициентов неравномерности осадков.

$$K_F = \frac{H_F}{H_L}$$

F км ²	З.П.Петровой		А.Ф.Литов- ченко	Автора	И.И.Херхе- улидзе
	ВНИГЛ	Вел.Анадоль			
10	0,99	0,96	0,80	0,90	1,00
25	0,98	0,91	0,76	0,82	0,98
50	0,96	0,88	0,73	0,75	0,97
100	0,93	0,86	0,60	0,69	0,96
150	0,90	0,85	0,54	0,67	0,96
300	0,87	0,82	0,50	0,65	0,95
500	0,85	0,81	0,40	0,63	0,94

*H_L принято равным 100мм

Как видно из таблицы I, влияние площади на снижение расчетного слоя осадков в пределах горной территории больше, чем на равнинной. Результаты А.Ф.Литовченко несколько преувеличивают это влияние, вследствие недоучета автором вертикальной зональности осадков. По рекомендации И.И.Херхеулидзе получаются резко завышенные значение K_F.

II. Влияние площади на изменчивость годовых сумм осадков (горной территории).

Методический прием, рассмотренный выше, принципиально применим и для учета влияния площади при расчетах месячных, сезонных, годовых сумм осадков, а также запасов воды в снежном покрове.

Влияние площади на изменчивость годовых сумм осадков явилось предметом исследований Н.П.Чеботарева (10), который дал правильный теоретический анализ этого эффекта.

Им было показано, что с увеличением площади изменчивость среднего (по площади) слоя осадков убывает вследствие убывания коррелятивной связи в колебаниях осадков. Н.П.Чеботаревым были установлены следующие соотношения между характеристиками изменчивости осадков:

$$\sigma_{xF} = \sigma_{xL} \sqrt{Z_{cp}} \quad (9)$$

$$C_{v(xF)} = C_{v(xL)} \sqrt{Z_{cp}} \quad (10)$$

где, σ_{xF} и $C_{v(xF)}$ —среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации осадков на площади, σ_{xL} и $C_{v(xL)}$ —соответствующие в параметры в пункте наблюдений, Z_{cp} —средний по площади коэффициент корреляции осадков. Для практических расчетов автор работы (10) рекомендует формулу:

$$C_{v(xF)} = \frac{0.34}{F^{0.877}} \quad (II)$$

полученную путем обработки данных по речным бассейнам Европейской территории Союза. При переходе от площади к точке (т.е. при $Z_{cp} \rightarrow 1$) $C_{v(xF)} \rightarrow C_{v(xL)}$. В этом случае числитель в формуле (II) должен быть близок к $C_{v(xL)}$. Между тем Н.П.Чеботарев приводит данные о том, что $C_{v(xL)}$ для ЕТС колеблется в пределах 0,14–0,22, при среднем (по 51 станции)

$C_{v(xL)} = 0,20$. В формуле же (II) числитель равен не 0,20, а 0,34.

Такое расхождение этих величин объясняет тем, что Чеботаревым не было учтено влияние нормы на изменчивость осадков, о котором он упоминает в своей работе. Тем самым влияние площади было преувеличено. Для выявления "чистого" эффекта

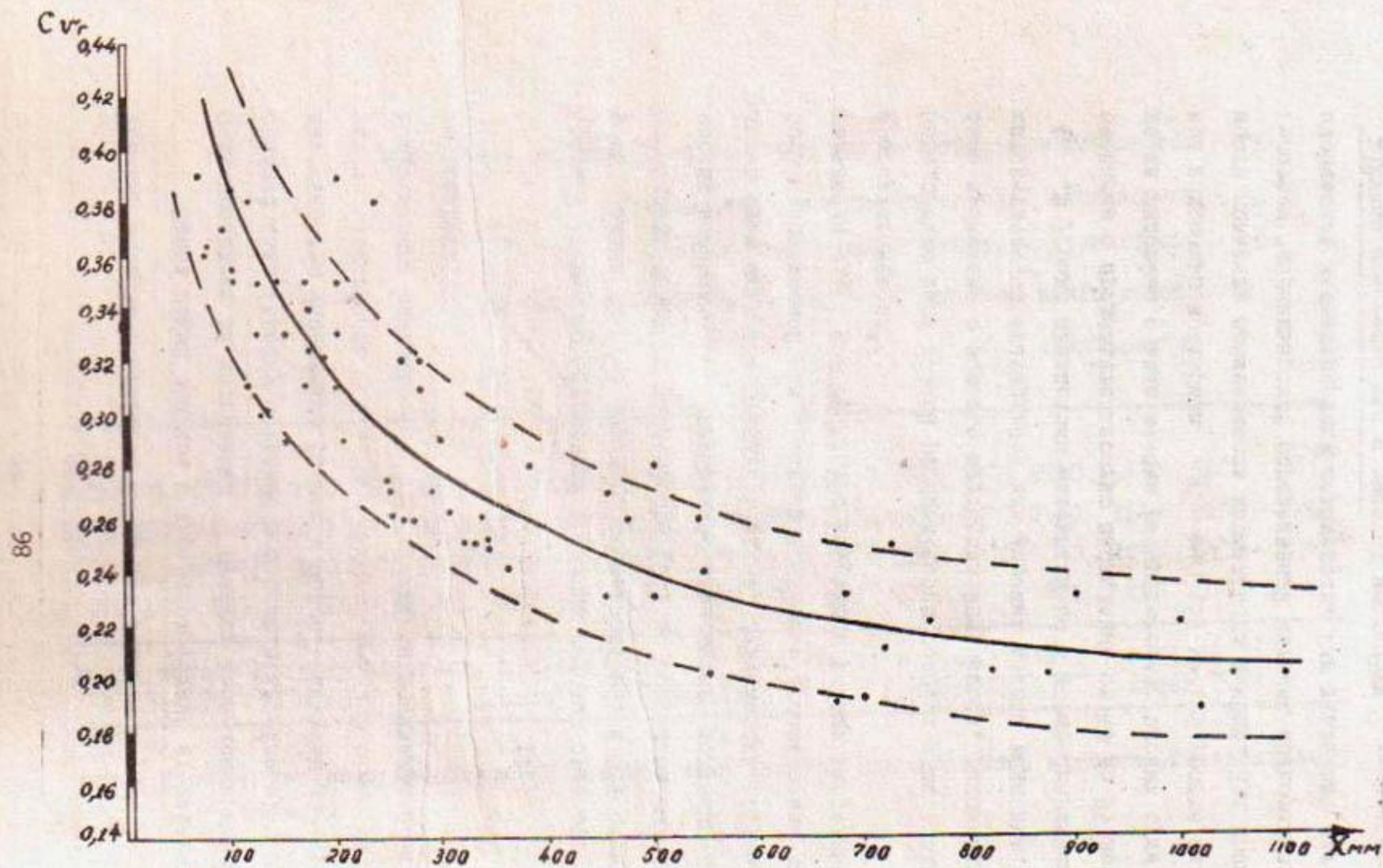


Рис. 3 Связь нормы и коэффициента вариации годовых осадков.

влияния площади необходимо исключить влияние нормы.

Связь нормы осадков с характеристиками их изменчивости была проведена на материалах 77 пунктов наблюдений южной части Средней Азии (преимущественно в бассейне Аму-Дарьи) с продолжительностью наблюдений 20 лет и более. Получены достаточно четкие зависимости $G_{xi} = f(\bar{x})$ и $C_{v(xi)} = f(\bar{x})$ На рис. 3 представлена зависимость $C_{v(xi)} = f(\bar{x})$, описываемая следующим выражением:

$$C_{v(xi)} = \frac{120}{\bar{x}^{0.95}} \quad (12)$$

Средняя ошибка коэффициентов вариации годовых сумм осадков, рассчитанных по этой формуле, составляет 8%. В 95% случаев отклонения точек от зависимости (12) не превышают 20% от фактических величин $C_{v(xi)}$. Аналогичные зависимости получены для годовых сумм жидких и твердых осадков. Зависимость (12) может быть с приемлемой для практики точностью использована для определения $C_{v(xi)}$ для пунктов с короткими рядами наблюдений, либо с отсутствием их^{х)}.

Определение типа кривой распределения годовых сумм осадков было проведено с помощью критериев значимости, рекомендуемых математической статистикой для решения такого рода задач

(5,9). Были привлечены материалы по 6 метеорологическим станциям с продолжительностью наблюдений от 48 до 93 лет. Проверка гипотезы о виде закона распределения годовых сумм осадков с помощью критериев χ^2 и $m\omega^2(5)$ на 10% уровне значимости показала применимость нормального закона. При проверке гипотезы "нормальности" определенный интерес представляют эмпирические характеристики асимметрии. Как указывают авторы

х) Нужно отметить, что с высотой местности $C_{v(xi)}$ меняется лишь постольку, поскольку меняется с высотой норма осадков.

Таблица 2.

Статистические моменты распределения годовых сумм осадков по некоторым станциям Средней Азии.

	Джизак			Джамбул			Самарканд			Ташкент			Термез			Хорог		
	X тв	X ж	X год	X тв	X ж	X год	X тв	X ж	X год	X тв	X ж	X год	X тв	X ж	X год	X тв	X ж	X год
X	110	268	388	68	221	289	66	245	311	93	279	372	15	111	126	108	127	235
C _v	0,45	0,32	0,28	0,44	0,29	0,27	0,39	0,29	0,26	0,34	0,30	0,25	1,02	0,31	0,31	0,41	0,40	0,38
C _s	0,38	0,31	0,30	0,29	0,28	0,22	0,22	0,26	0,10	0,31	0,26	0,20	1,66	0,01	0,28	0,45	0,28	0,38
C _{cs}	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,32	0,38	0,36	0,35	0,35	0,33	0,31	0,60	0,36	0,36	0,39	0,39	0,39

Примечание:

X- годовая сумма осадков (мм), Xтв - твердых, Xж - жидких

C_v - коэффициент вариации годовых сумм осадковC_s - коэффициент асимметрии годовых сумм осадковC_{cs} - среднеквадратическая ошибка подсчета коэффициента асимметрии

монографии (5) превышение C_s над среднеквадратичной ошибкой его подсчета σ_{cs} может служить основанием для браковки гипотезы нормальности. Из табл.2 видно, что $C_s > \sigma_{cs}$ лишь для сумм твердых осадков по м/с Термез ($X=15\text{мм}$) и для м/с Хорог ($X=108\text{мм}$). Повидимому, при значениях норм порядка 100–200 мм асимметричность распределений годовых сумм осадков уже следует учитывать.

Наиболее приемлимым следует считать распределение С.И.Крицкого и М.Ф.Менкеля. Следует однако иметь в виду, что при соотношении $\frac{C_s}{C_v} \leq 1,0$ (табл.2) распределение это достаточно близко к нормальному (ординаты кривых отличаются не более, чем на 15%). Поскольку норма и изменчивость годовых осадков взаимосвязаны, эффект влияния площади может быть выявлен путем анализа нормированных величин вида (2). Также как и для суточных осадков, максимальное значение $C_{\alpha F} = 1$ (пункт): с ростом площади $C_{\alpha F}$ убывает за счет уменьшения коррелятивной связи колебаний осадков.

Для аппроксимации зависимости $C_{\alpha F} = f(F)$ применима гиперболическая функция вида (3), причем параметр n определяется в этом случае более точно, поскольку для анализа используются все наблюдаемые градации слоя годовых осадков. Неточности в определении параметра n в этом случае связаны лишь с продолжительностью периода наблюдения. За 15-летний период (1950–1964 гг) расчеты выполнены для территории горной области бассейна р.Кашкадарья и частично Сурхандарья (I район), общей площадью $F = 11250 \text{ км}^2$; число осадкомеров равно 25. Для Южно-таджикского низкогорья (II район) расчеты выполнены для $F = 11290 \text{ км}^2$ с 30 осадкомерными пунктами. Зависимость

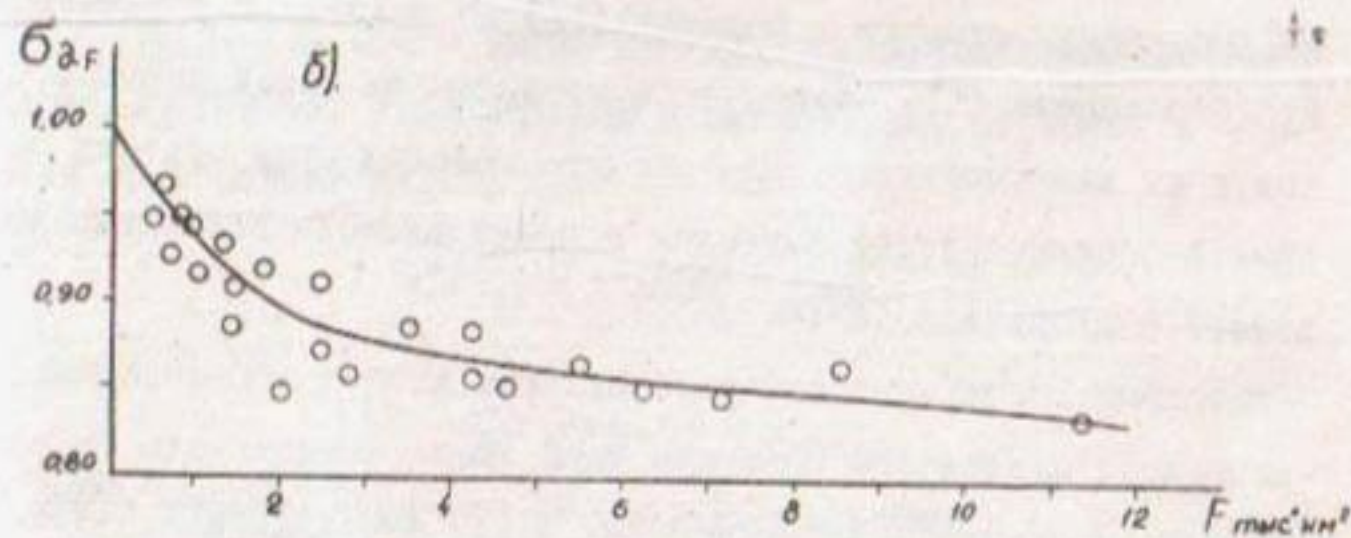
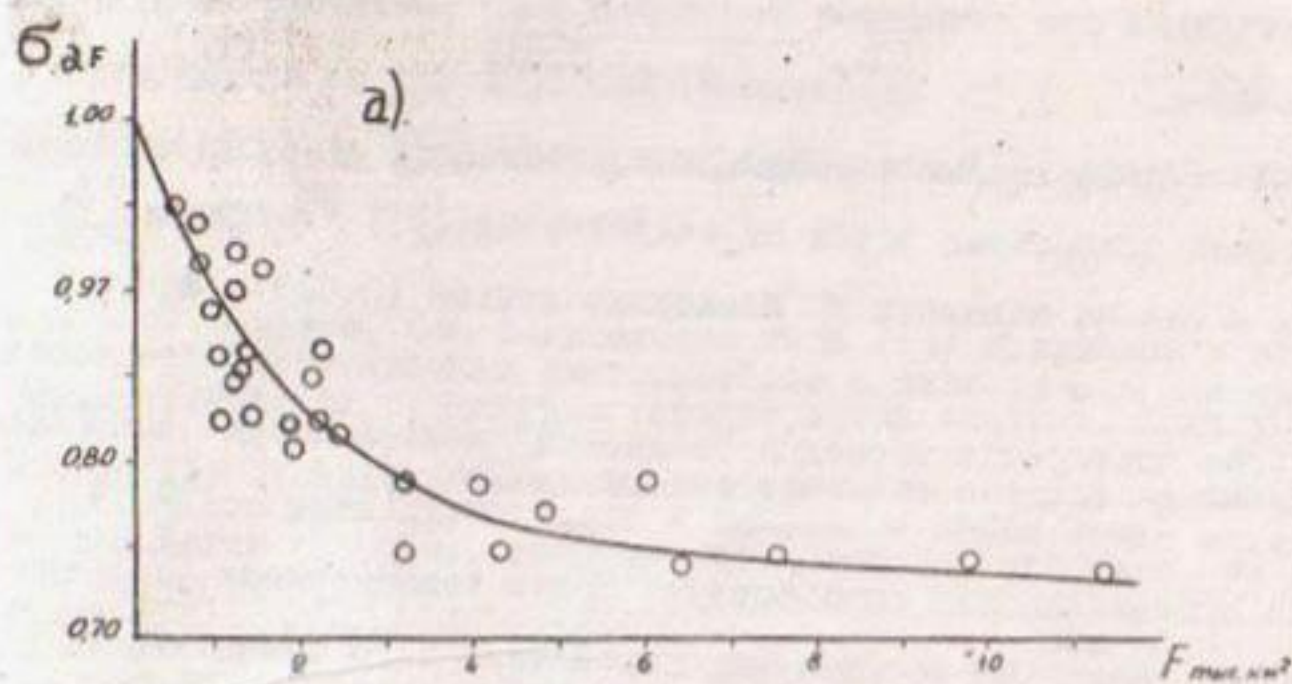


Рис. 4 Зависимость относительной изменчивости годовых осадков от площади

а/ Кашкадарьинский район

б/ Южнотаджикский район

представленная на рис. 4 для I района имеет вид:

$$G_{xf} = \frac{1}{(F+1)^{0,033}} \quad (13)$$

Коэффициент корреляции величин $\lg G_{xf}$ и $\lg F$ равен 0,84. Среднее отклонение точек от зависимости (13) составляет 2%. Для II района параметр n несколько меньше (0,029). Меньшая величина его связана с особенностями синоптических процессов. Частое повторение периодов "волновой" деятельности" сопровождается здесь особо обильными и продолжительными осадками. Эти обстоятельства способствуют более равномерному распределению осадков по территории, вследствие чего изменчивость осадков убывает с ростом площади менее интенсивно. Меньшая величина показателя степени в формуле (13) по сравнению с формулой И.П.Чеботарева (11) объясняется исключением связи нормы осадков с их изменчивостью. Для расчета годовых сумм осадков заданной обеспеченности с учетом влияния площади применимо выражение, аналогичное (6):

$$X_{p\%} = \bar{X} + K_{p\%} G_x G_{xf}, \quad (14)$$

где $X_{p\%}$; $\bar{X}$ - сумма годовых осадков заданной обеспеченности и средняя,

$K_{p\%}$ - квантиль нормального распределения, определяемый по таблицам функции Лапласа,

G_x - стандарт, определяемый по зависимости (12),

G_{xf} - относительное уменьшение изменчивости осадков на площади по сравнению с точкой; определяется по зависимости (13).

Приведенные подсчеты показали, что "чистый" эффект влияния площади не очень значителен. Сопоставление влияния

площади на расчетный слой осадков с точностью его вычисления в зависимости от погрешностей определения $C_{v(x_i)}$, показало целесообразность использования зависимости (13) при расчетах осадков для $F > 1000 \text{ км}^2$.

Отметим, что зависимости типа (13) применимы и при асимметричном распределении характеристик осадков. Зависимость (13) отражает относительное убывание осадков на площади по сравнению с точкой, поэтому, что следует, например, из выражения (14): $C_{xF} = C_{xi} \cdot C_{\alpha F}$. или

$$\frac{C_{xF}}{C_{xi}} = \frac{C_{v(xF)}}{C_{v(x_i)}} = C_{\alpha F} \quad (15)$$

С учетом этого, общее выражение для определения коэффициента вариации годовых сумм осадков в зависимости от нормы и площади приобретает вид:

$$C_{v(x_F)} = \frac{1,20}{\bar{X}^{0,23} (F+1)^{0,033}} \quad (16)$$

применимое для горной области бассейна Аму-Дарьи. Аналогичная по структуре формула была получена болгарским исследователем Д.Мандаджиевым (11). Недостаток его формулы заключается в использовании в качестве аргумента высоты местности, а не нормы, что ограничивает область применения формулы локальными районами для которых установлена зависимость осадков от высоты. Число таких районов может быть очень велико. В частности для бассейна Аму-Дарьи нами найдено 24 локальных зависимости осадков от высоты. Формулы типа (16) обладают большей общностью.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- I. Алексеев Г.А. Методика применения кривых и поверхностей распределения вероятностей при анализе многофакторных явлений. Тр. ГГИ, вып. 26, 1950.
2. Виноградов Ю.Б. Расчет дождевых осадков. Изв. АНУУЗССР, отд. техн. наук, № 6, 1958.
3. Виноградов Ю.Б. К статистическому анализу гидрологических явлений повторяющихся несколько раз в году. Изв. АНУЗССР отд. техн. наук № 4, 1963.
4. Геткер М.И. Схема расчета пространственной неравномерности дождей. Изв. АН УзССР, отд. техн. наук, № 2, 1966.
5. Дунин-Барковский И.В. и Смирной Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. Физматгиз. М. 1965.
6. Литовченко А.Ф. К вопросу о редукции слоя осадков по площади. Сб. работ по гидрологии, ГГИ № 5. Гидро-метео-издат, Л. 1965.
7. Петрова З.П. Закономерности распределения дождевых осадков по площади Тр. III Всес. Гидрол. съезда. том II, Гидрометео-издат, Л. 1959.
8. Херхеулидзе И.И. Вопросы гидрологии и гидравлики мостовых переходов. Тбилиси, 1958.
9. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями, М, ИЛ. 1956.
10. Чеботарев Н.П. Вариация стока и его факторов. Изд. Воронежского Ун-та, Воронеж, 1949.
- II. Мандаджиев Д. Върху колебанията на годишните валежи в поречието на Янтра. Хидрология и метеорология, XIV, № 2. София, 1965.

М.И.ГЕТКЕР

О некоторых закономерностях зонального распределения осадков и размещении сети осадкомеров для гидрологических целей

Основными данными для прогнозов стока среднеазиатских рек на вегетационный период являются материалы наблюдений горных и предгорных гидрометеорологических станций и постов, а также сети суммарных осадкомеров и данные маршрутных снегосъемок.

Данные осадкомерных наблюдений в практике гидропрогнозов используются в качестве некоторых индексов, величина которых пропорциональна реальным запасам влаги на водосборе. Подобное положение объясняется крайне неравномерным размещением сети осадкомеров по высотным поясам: наиболее редка сеть наблюдательных пунктов в основных зонах формирования стока, что не дает возможности подсчитать хотя бы приближенно средний слой осадков, выпавших на водосбор. Оценка же этой величины особо важна для современных генетических схем прогнозов стока, в которых рассматривается динамика компонентов водного баланса водосбора.

Кроме того, надежная оценка среднего слоя осадков важна и для чисто практических задач. Серьезные недостатки и затруднения в гидрологическом обслуживании орошаемого земледелия в маловодном 1965 году, связанные с редкой сетью гидрометеостанций в горах и расположением их на относительно небольших высотах, отмечают Б.Н.Паршин и Е.Г.Попов.(6)

В силу изложенных обстоятельств в среде гидропрогностов уже давно наметились требования о развитии осадкомер-

ных наблюдений в горах и продвижении их на большие высоты (3,4,5).

Так, например, предложения А.Т.Ильясова (5) сводятся к следующему:

1. Наблюдения за осадками производить не только на равнине, но и на собственно горных площадях.

2. Освещать последовательно высотные зоны примерно через 500 м.

3. В каждой зоне измерять осадки не менее чем в 3-4 пунктах, расположенных в типичных условиях и равномерно распределенных по площади.

Эти, и им подобные предложения правильны, однако их практическое применение сильно затруднено рядом обстоятельств. Прежде всего, повсеместному развитию осадкомерных наблюдений в верхних уровнях гор препятствуют технические и организационные трудности. Посещение высокогорных суммарных осадкомеров в сроки необходимые для выпуска прогнозов бывает возможным крайне редко. Кроме того, в верхних, приводораздельных зонах гор резко возрастают зимние скорости ветра, что вызывает сильное искажение (в основном, недоучет) измеренных осадков.

Для решения вопроса об оптимальном размещении сети осадкомеров значительный интерес представляет доказанное теоретически Ю.М.Денисовым (2) равенство слоя осадков, выпадающего на уровне средневзвешенной высоты водосбора, среднему по водосбору слою осадков, т.е. $\bar{X} = X_{нср}$. (1) Это имеет место при линейном законе возрастания осадков с высотой. Проверка этого положения была проведена на материалах осадкомерной сети Южного района Средней Азии (бассейны рр.Аму-Дарья, Кашка-

дарья, Зеравшан (собраны и обработаны данные по 293 пунктам осадкомерных наблюдений. При сборе и обработке данных выделены и отдельно рассмотрены суммы жидких и твердых осадков, а также их внутригодовое распределение.

Не останавливаясь подробно на закономерностях распределения осадков, что является предметом отдельной связи, отметим самые общие из них. Анализ природных условий, балансовые расчеты, а также характер зависимостей осадков от высоты в зонах, освещенных наблюдениями, показывают, что в пределах рассматриваемой территории осадки повсеместно возрастают до верхних уровней гор. Однако характер нарастания осадков существенно различен для районов внутригорных и расположенных на периферийных склонах. Выделено 2 наиболее общих типа зонального распределения осадков. Зависимости I типа характерны для водосборов, все зоны которых находятся в условиях примерно одинаковой, как правило хорошей доступности основным влагонесущим потокам. Наибольшие градиенты составляющие 50-100 мм. на 100 м подъема, приурочены к нижним зонам гор (до 1500 м), в средних и верхних зонах градиенты убывают вплоть до нуля. Таковы зависимости $x = f(h)$ для большинства хорошо увлажненных водосборов, расположенных на периферии горных систем. К ним относятся бассейны рр. Кашкадарья, Сурхандарья, Кафирниган, Кзылсу (южная) и др. На рис. I приведены примеры зависимостей I типа: Кривая I построена для бассейнов рр. Ханака, Лючоб, Каратаг и частично Варзоб, кривая II относится к бассейнам рр. Яхсу, Явансу, кривая III к бассейнам Ванча и Обихингоу. Зависимости II типа характерны для бассейнов с резко различными условиями выпадения осадков в нижних и верхних зонах. Нижние зона таких бассейнов (Матча, Ягноб, Муксу, Шахдара и др.) Экранированы

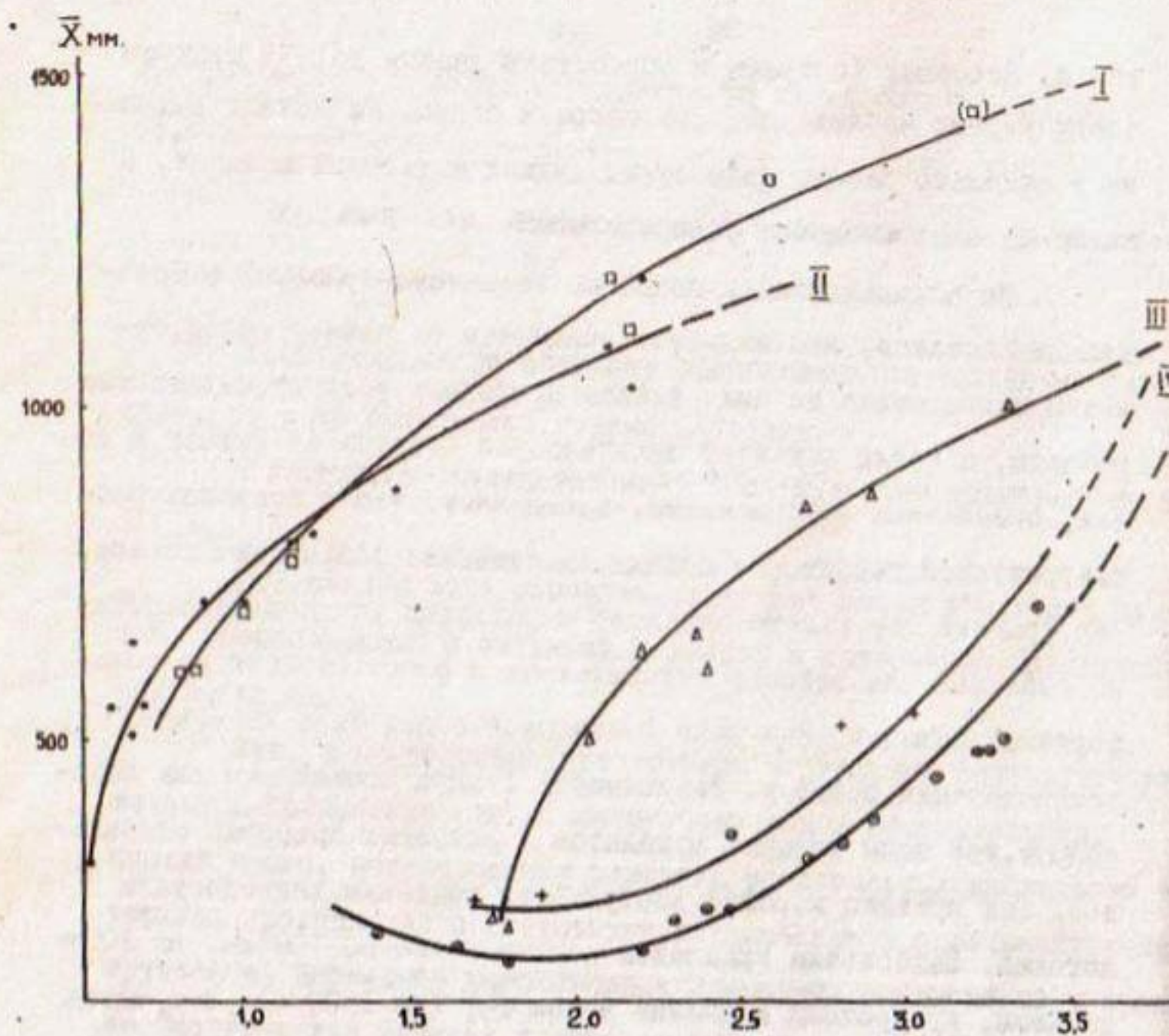


Рис. I Характерные типы зависимостей годовых сумм осадков от высоты

Бассейны рек:

- I— Варзоб, Каратаг, Ханака, Лючоб,
- II— Кызылсу (южная)
- III— Обихингоу, Ванч,
- IV— Искандердаря,
- V— Зеравшан (Матча)

высокими хребтами, в верхних же зонах условия выпадения осадков улучшаются за счет улучшения условий доступности, увеличения крутизны подъема воздушных масс, проникновения их через глубоко врезанные перевалы из соседних хорошо увлажняемых районов, благодаря эффекту "орографического мешка" и других причин.

При расположении осадков на оси ординат зависимости этого типа являются вогнутыми. Наименьшие градиенты составляют от -5 до +10 мм на 100 м подъема приурочены к нижним зонам, абсолютные высоты которых находятся в пределах 1500-3500 м. В средних и верхних зонах градиенты достигают 30-70 и даже 100 мм (бассейн ледника Федченко) на 100 м. подъема. Столь же велики контрасты в нормах осадков для этих бассейнов. Так если на дне долины Зеравшана выпадает около 150 мм. осадков в гляциальной зоне слой осадков достигает значений 1000-1400 мм. В низовьях долины р. Муксу выпадает менее 200 мм осадков в год, и в фирмовой же зоне ледника Федченко выпадает более 1500 мм.

На рис. I приведены примеры зависимостей II типа для бассейнов рек Искандардаря (кривая IV) и Матча (кривая V).

Упомянутые типы зависимостей $x = f(h)$ не исчерпывают, повидимому, всего многообразия реальных зависимостей, но являются наиболее общими для бассейна Аму-Дарьи и, вероятно, для всей Средней Азии.

Для бассейна Аму-Дарьи всего было установлено 24 локальных зависимости годовых осадков от высоты и примерно такое же количество зависимостей от высоты годовых сумм жидких и твердых осадков. 17 являются зависимостями I типа и 7-

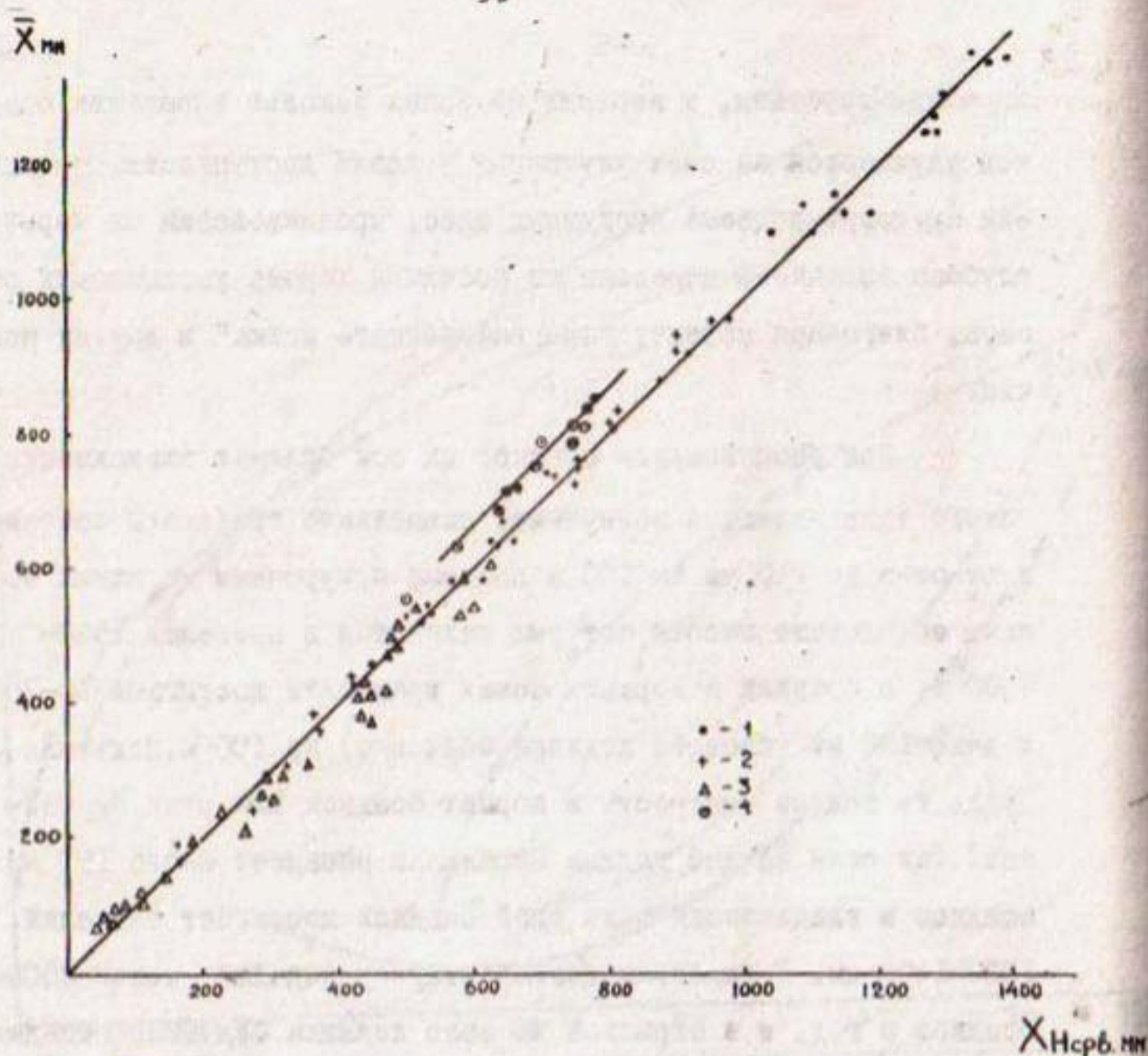


Рис.2 Связь среднего для водосбора слоя жидких, твердых и суммарных осадков со слоем осадков, выпадающим на уровне средневзвешенной высоты.

- 1, - суммы годовых осадков
- 2, - суммы твердых осадков
- 3, - суммы жидких осадков
- 4, - твердые и годовые осадки внутригорных бассейнов.

II типа. Меньшее число зависимостей II типа объясняется слабой метеорологической изученностью внутригорных районов. Ко второму типу относятся, повидимому, и зависимости осадков от высоты для Восточного Памира, которые не удалось выявить из-за малочисленности осадкомерных пунктов.

Проверка равенства (I) была проведена для 31 водосбора, для которых наиболее надежно установлены зависимости $x = f(H)$. Сюда вошли бассейны рек с зависимостями $x = f(H)$ I типа (притоки Кашкадарьи, Сурхандарьи и Кафирнигана), а также притоки Заравшана с зависимостями $x = f(H)$ II типа. Средний годовой слой осадков для водосборов рассчитывался с помощью кривых $x = f(H)$ и гипсографических кривых. Результаты расчетов (рис. 2) показывают, что равенство (I) выполняется хорошо для бассейнов с кривыми $x = f(H)$ I типа. Максимальное отклонение $X_{\text{срб}}$ от $\bar{X}$ лишь в двух случаях из 25 превосходит 5%, а среднее равно 2,5%. Столь близкое совпадение этих двух величин, несмотря на существенное отличие кривых I типа от прямой, объясняется тем, что удельный вес осадков нижних зон, где наблюдается наибольшая кривизна зависимостей $x = f(H)$ невелик (т.е. невелика площадь соответствующих высотных зон). Для бассейнов с зависимостями II типа в силу большей кривизны средней и верхней части кривых $x = f(H)$ ошибки больше и систематически отрицательны (-7-9%). Слой осадков, равный среднему по бассейну, выпадает здесь на высоте, несколько превышающей $H_{\text{срб}}$. В частности, для бассейна Заравшана неплохо выполняется соотношение $\bar{X} = X_{H_{\text{срб}} + 100}$. Аналогичные результаты получены для годовых сумм твердых осадков

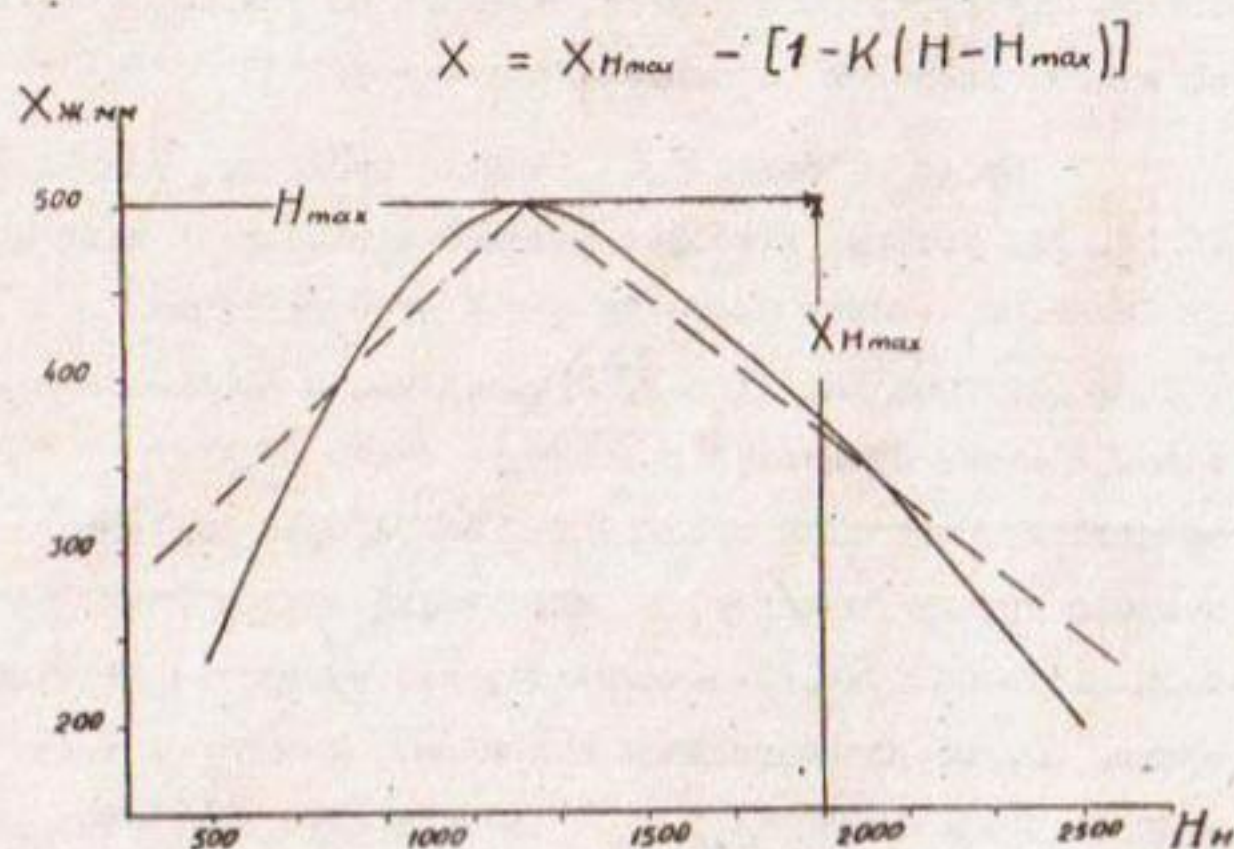


Рис.3 Прямолинейная схематизация зависимостей годовых сумм жидких осадков от высоты.

(рис.2). В этом случае можно предположить, что и средний годовой слой жидких осадков, выпадающих на водосбор, равен слою осадков на уровне средневзвешенной высоты. Между тем зависимости сумм жидких осадков от высоты имеют параболический характер. Нарастание жидких осадков происходит лишь до высот порядка 1200-1600 м, определяющих зону "максимальной дождливости" и убывает вплоть до нуля при 4000 м. Однако при варианте линейной схематизации (рис.3) можно написать:

$$X = X_{H_{\max}} - [1 - K(H - H_{\max})], \quad (2)$$

где $X_{H_{\max}}$ — максимальный слой жидких осадков, K — коэффициент, характеризующий скорость убывания и нарастания осадков, $H_{\max}$ — высота зоны "максимальной дождливости".

Линейная функция (2) выражает равномерное убывание жидких осадков от точки их максимума. При подобной схематизации способом, примененным в работе (2) нетрудно получить равенство (1). Ошибки в этом случае будут несколько больше вышеприведенных (8,7%), особенно для высокорасположенных водосборов (до 40%). Однако задача определения жидких осадков в этих бассейнах не имеет практического значения.

Характер зависимостей месячных сумм осадков от высоты (рис.4,5) аналогичен зависимостям $X = f(H)$ для годовых осадков, поэтому равенство (1) хорошо выполняется и для этого случая.

Приведенные данные свидетельствуют о значительном преимуществе осадкомеров, установленных на уровне $H_{срв}$, перед другими вариантами. Действительно в этом случае для прогнозов стока будет использоваться не кустарный набор данных по произвольно взятым осадкомерам, а физически обоснованная приближенная оцен-

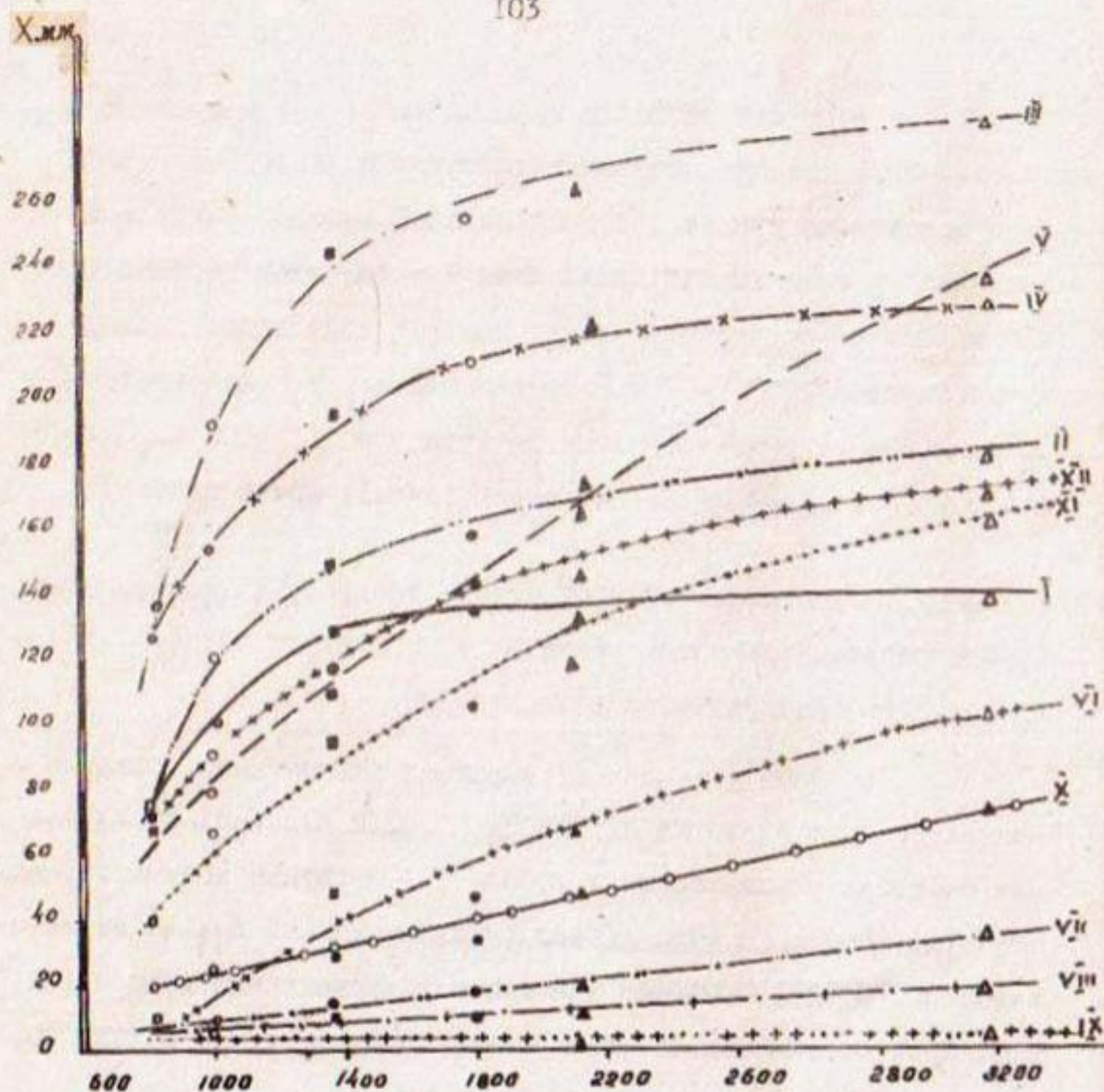


Рис.4 Характерные зависимости месячных сумм осадков от высоты / бассейна р.Варзоб/

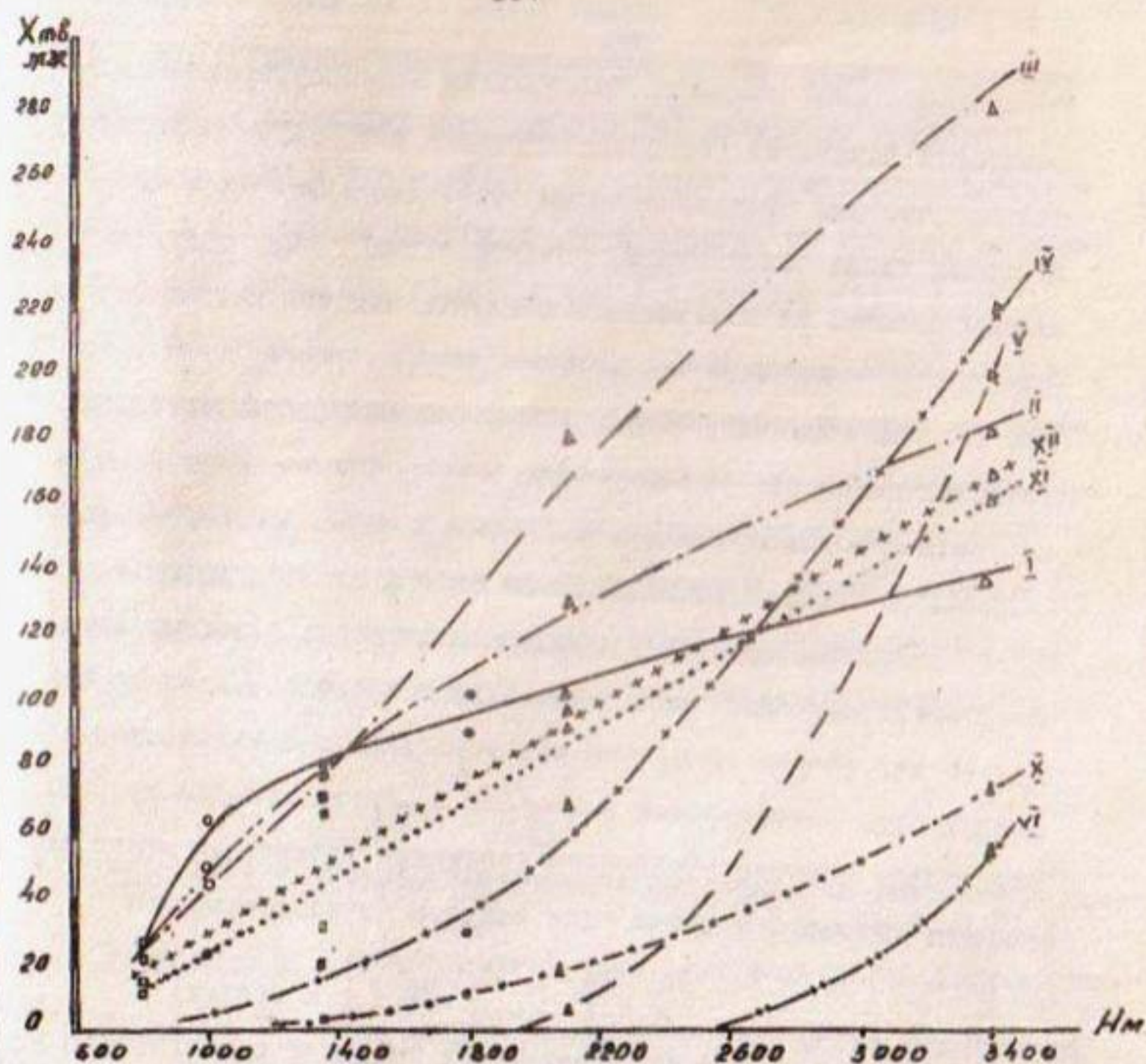


Рис.5 Характерные зависимости месячных сумм твердых осадков от высоты . /бассейн р.Варзоб/

ка среднего слоя осадков, выпавших на водосбор. Пределы погрешностей равенства (I) для конкретных лет будут, повидимому, больше, чем для средних зависимостей. Уменьшить их можно увеличением числа осадкомеров, установленных в зоне средневзвешенной высоты. Из изложенного следует, что нет необходимости повсеместно поднимать потолок осадкомерных наблюдений до верхних уровней гор. Центр тяжести осадкомерных работ для гидрологических целей следует перенести в зону средневзвешенных высот конкретных водосборов. Для бассейнов с зависимостями II типа осадкомеры следует устанавливать несколько выше уровня.

Размещение сети в обязательном порядке должно предшествовать изучению общих закономерностей распределения осадков по территории на основе уже имеющихся материалов т.е. локализация зависимостей $X = f(H)$. Тогда как для крупных водосборов с резко различными условиями увлажнения можно подсчитать реальный средний слой осадков по соотношениям:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_{исрв} \cdot y_i, \quad (3)$$

где y_i — доля площади i -го района со своей зависимостью $X = f(H)$, n — число районов.

Подобного рода оценки осадков должны давать более надежные связи со стоком и могут применяться в современных генетических схемах.

Одновременно с массовым размещением осадкомерной сети в зоне средневзвешенных высот водосборов следует организовать в типичных районах осадкомерные профили вплоть до верхних уровней гор. В бассейне р. Аму-Дарьи подобного рода профиль создан в Варзобе усилиями ЦИПа и УГМС Таджикской ССР (район с зависимостью $X = f(H)$ I типа). Аналогичный профиль целесообразно

создать в пределах Алайской долины (район с зависимостью $\chi = f(H)$ II типа). Данные этих профилей могут быть использованы для уточнения зональных закономерностей выпадения осадков в конкретные годы и для внесения коррективов в массовые данные в годы с аномальным распределением осадков по высоте. На возможность таких лет указывал еще Л.К.Давыдов (1).

Представляется также целесообразным исследовать возможность выполнения равенства (1) для зависимостей снегозапасов от высоты. В случае успеха подобного исследования, что представляется вполне вероятным, снегомерные работы можно будет сосредоточить в зоне средневзвешенных высот площадей формирования сезонного стока. Перспективность этого приобретает большое значение в связи с развитием оперативных аэрометодов оценки снегозапасов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Давыдов Л.К. Гидрометеорологический обзор за май, июнь и июль месяцы 1923. Вестник ирригации, № 7-8, Ташкент, 1923.
2. Денисов Ю.М. Схема расчета гидрографа горных рек. Гидрометеоздат, Л., 1965.
3. Джорджио З.В. Опыт долгосрочных прогнозов стока рек Средней Азии. Изд. САГУ, Ташкент, 1957.
4. Дмитриева Н.Г. Некоторые задачи изучения снежного покрова. Метеор. и гидрол., № 12, 1952.
5. Ильясов А.Т. Распределение и учет атмосферных осадков в горном водосборе по материалам наблюдений в Алаарчинском опытном бассейне. Тр. Всес. научн. метеорологич. совещания, т. 4, Гидрометеобиздат, Л., 1963.
6. Попов Е.Г., Паршин Б.Н. Метеор. и гидрол., № 1, 1966.

В. П. СВЕТИЦКИЙ, И. Б. ДЕРЕЧИНСКАЯ, С. Р. РУСТАМОВА

Возвратные воды в бассейнах рек Кафирнигана и Сурхандарьи

Исследования водных ресурсов всегда имели большое научное и практическое значение. Роль их значительно возрастает в свете решений Майского Пленума ЦК КПСС по мелиоративным мероприятиям. В этой связи, изучение возвратных вод с орошаемых территорий приобретает большой научный и практический интерес для решения ряда важных вопросов, связанных с развитием орошаемого земледелия и повышением его эффективности.

В данной работе, выполненной в САНИИРИ, в краткой форме излагаются предварительные результаты исследований возвратных вод за 1965г. по правобережным притокам Аму-Дарьи р.р. Кафирниган и Сурхандарья. Здесь освещаются в сжатом виде следующие основные вопросы - природные условия, характеристика ирригационных систем, итоги балансовых расчетов и количественные характеристики возвратных вод.

Бассейн реки Кафирниган

Река Кафирниган протекает в долине, образованной хребтами Актау и Ходжакадиан с левого берега и хребтами Аруктау и Туюнтау с правого и имеет меридиональное направление. Ее бассейн с севера ограничен Гиссарским хребтом, с востока сопрягается с долиной Сурхандарьи, от которой его отделяют хребты Бабатаг и Туюнтау.

На западе граница проходит по хребту Октау, на юге же - Кафирниганская долина сливается с Бешкентской долиной.

Кафирниган берет начало из ледников на южном склоне Гиссарского хребта. Общая площадь бассейна 11590 км².

Река Кафирниган получает основное питание (80%) на южном склоне Гиссарского хребта, который отграничивает ее бассейн от долины Зеравшана. Большой удельный вес Гиссарского хребта в питании реки объясняется его сравнительно большой высотой, доступностью влажным воздушным массам и благоприятной ориентацией по отношению к основным воздушным течениям. Кафирниган и крупные притоки Варзоб, Ханака и др. стекающие с этого хребта, относятся к рекам снегово-ледникового питания.

Левый же приток Иляк, берущий начало со склонов, имеющих малую высоту, относится к рекам снегово-дождевого питания и отличается малой водоносностью.

В соответствии с типом питания реки находится внутригодовое распределение ее стока. Увеличение расходов начинается в конце февраля и продолжается до июля, когда наблюдается максимум стока. С июля отмечается спад расходов, который продолжается до января. Половодье проходит с первой декады марта до третьей декады сентября.

Средний многолетний расход р. Кафирниган по станции Чинар равен 95.2 м³/сек., а среднегодовые расходы колеблются от 69,5 (1947г) до 145 м³/сек в 1952г. Максимальный расход зарегистрирован 781 м³/сек., 9/V-52г. минимальный среднемесячный расход равен 15 м³/сек (январь 1947г)

Кафирниганская долина расположена в южной части Таджикской депрессии.

В гидрогеологическом отношении она изучена неравномерно. Наиболее полные данные имеются по южной части, где развито орошение.

По формам рельефа долина подразделяется на горы, узкую предгорную полосу и террасы. Склоны гор изрезаны глубокими ущельями. Высоты хребтов более 2000 м. Из общей площади бассейна Кафирнигана 70% приходится на горную область. Террасы же развиты при выходе реки из гор в Гиссарскую долину, а также в южной ее части.

В геологическом строении района принимают участие мезокайнозойские образования от юрских до четвертичных. Юрские отложения представлены гипсосолёносными образованиями. Меловые состоят из песчано-глинистых переслаивающихся толщ и конгломератов. Все эти породы находятся в бортах долины по левому и правому берегам. Палеоген сложен известняками, песчаниками, глинами, гипсом. Неогеновые отложения состоят преимущественно из песчано-глинистых переслаивающихся толщ. Самой высокой террасой в бассейне является пятая. Ее отложения фрагментарно сохранились на левом борту долины близ с. Тартки. Они состоят из типичных лессов и лессовидных суглинков.

Четвертая терраса расположена, в основном, на правом берегу, на левом же — она проходит узкой полосой. Ширина террасы от 0.5—1 км близ с. Тартки и до 5 км. в нижней части долины. В строении террасы преобладает грубообломочный, песчано-гравийный и древесно-щебенистый материал с супесью и суглинками.

Общая мощность отложений не менее 100-150 м.

Третья терраса занимает площадь от с. Чинар вдоль р.р. Кафирниган, Иляк, Варзоб. Рельеф ее волнистый, изрезан многочисленными саями и оросителями. Терраса сложена до глубины не менее 100 м. толщей валунно-галечникового и песчано-гравийного аллювиального материала, перекрытого чехлом суглинков, супесей и песков. Водопроницаемость этих пород высока.

Вторая надпойменная терраса прослеживается узкими полосами по левому и правому бортам реки, от с. Тартки до с. Кабла. Она имеет ширину до 1,5 км. Поверхность террасы ровная, сложена суглинками, мощностью 1,5-2 м, ниже которых залегают галечники и пески.

Самую незначительную площадь занимает первая надпойменная терраса. Она распространена к северу и к югу от Микоянабада. Поверхность ее ровная, большей частью покрыта тугайной растительностью.

Пойма вложена в отложения I террасы. Она состоит из гравийно-обломочного материала слабосцементированного песками и супесью, мощностью до 1 м. Ширина поймы 100-200 м.

Поверхность террас (IV-I) широко используется под орошаемое земледелие.

Грунтовые воды в различных частях территории в зависимости от рельефа находятся на разной глубине: на I-II террасах они залегают на глубине 1,5-2 м, на III - в зависимости от рельефа 1-2, 2-12, 3-20, на IV - 10-40, 10-25, 30-40, 15-50. Наибольшие запасы грунтовых вод находятся в средней части долины Кафирнигана.

Грунтовые воды формируются, в основном, под воздействием фильтрационных потерь речных и оросительных вод, инфильтрации осадков и за счет подземного притока со стороны гор.

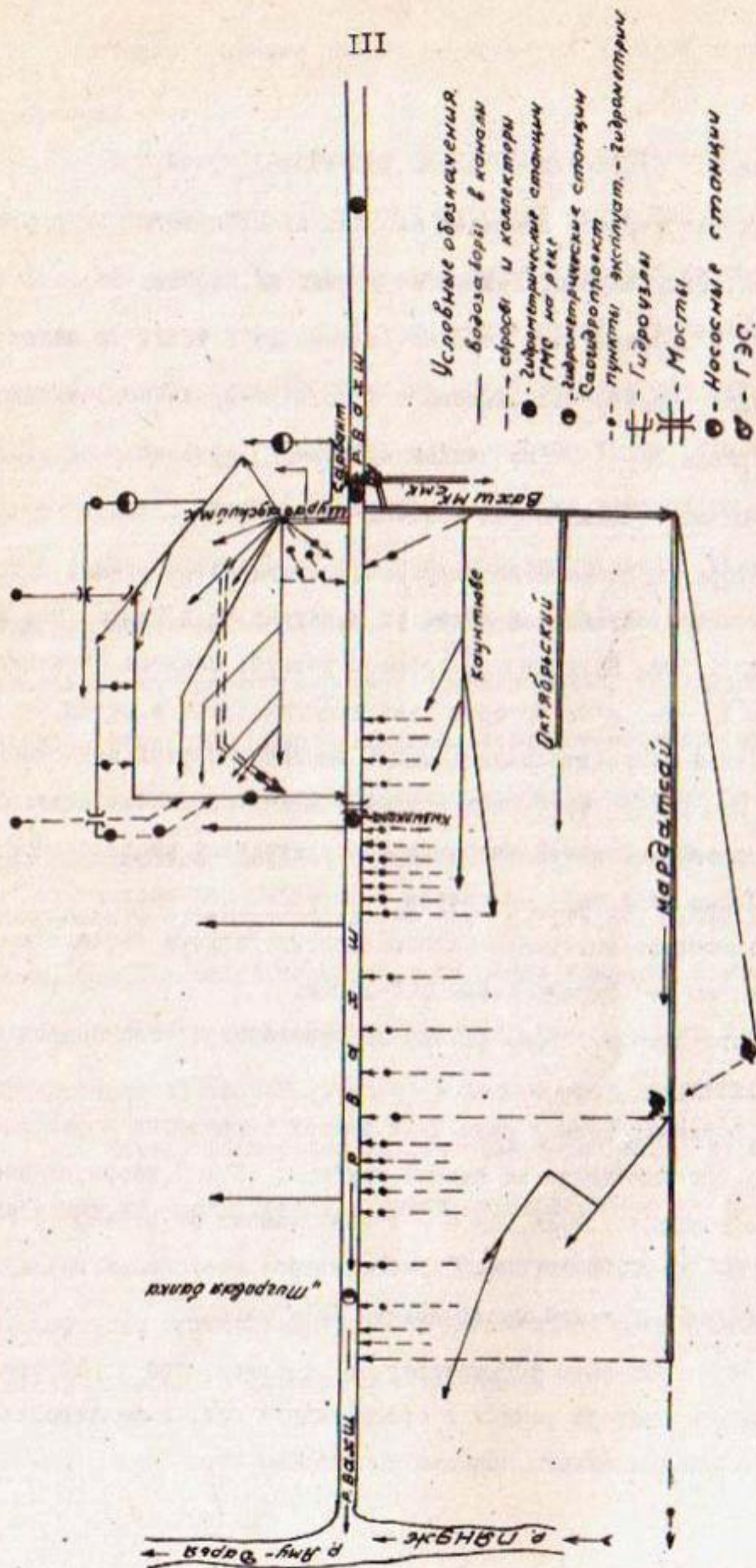


Рис. I Линейная схема ирригационной сети бассейна р. Кафирниган

В верхней части Кафирниганской долины на нижних террасах, наблюдается постоянная гидравлическая связь с рекой. В районе предгорных равнин, окаймляющих террасовые отложения, такая связь отсутствует.

С начала года уровень грунтовых вод близок к минимальному, в апреле, мае он занимает самое низкое положение. С мая начинается резкое повышение грунтовых вод, наиболее близко к поверхности земли они подходят в июле, а затем начинается постепенный спад уровня до конца года.

Прохождение максимальных расходов по реке отмечается в июне. Максимум грунтовых вод проходит со сдвигом на один месяц — в июле.

В нижней части Кафирниганской долины от с. Тартки до устья на нижних террасах наблюдается иной режим грунтовых вод. С начала года уровень понижается до минимума (в феврале-марте), затем наступает медленный подъем с максимумом в августе, после чего начинается медленный спад до конца года. Здесь подъем грунтовых вод происходит со сдвигом на 1 месяц по сравнению с водоподачей и на 3 месяца при сопоставлении с гидрографом реки.

На средних и частично верхних террасах, где развито орошение, режим грунтовых вод несколько иной. С начала года уровень грунтовых вод резко снижается и в марте-апреле достигает самого низкого положения. Затем наступает резкий подъем до сентября, после чего происходит резкий спад до конца года. Здесь режим грунтовых вод зависит от водоподачи на орошение и от расходов воды в реке.

На верхних террасах и в предгорной области на колебания грунтовых вод влияют осадки и приток грунтовых вод с вышерасположенной зоны.

Река Кафирниган питает 2 оросительные системы Гиссарскую и Нижнекафирниганскую.

Источниками орошения являются сама р.Кафирниган, ее притоки Варзоб, Иляк, Ханака и др. (рис. I)

Гиссарская оросительная система имеет 25 водозаборов непосредственно из реки, самыми крупными из которых является Рахатинский магистральный канал. (до $10\text{ м}^3/\text{сек.}$), расположенный выше ст. Чинар и Гавкуш (до $20\text{ м}^3/\text{сек.}$) В 1940г. был построен Большой Гиссарский канал с пропускной способностью около $30\text{ м}^3/\text{сек.}$, который подпитывает р.Каратаг водами р.Варзоб. На Варзобе находится 8 водозаборов, на Иляке - II и 6 сбросов, на Ханаке - 10 водозаборов и 6 сбросов. Эта система в 1962г. имела ирригационную сеть общей протяженностью в 1359 км. и коллекторно-дренажную в 200 км.

В 1964г. длина ирригационной сети увеличилась до 1588 км., а коллекторно-дренажный до 304 км.

Вторая оросительная система Нижнекафирниганская имеет 17 каналов с самостоятельными головными заборами из р.Кафирниган и несколько сбросов в реку. Наибольшая пропускная способность каналов $25\text{ м}^3/\text{сек.}$, наименьшая до $5\text{ м}^3/\text{сек.}$

Общая протяженность сети по системе около 250 км. Самыми крупными сбросами здесь являются коллекторы к-I, с-I, Бешкент и Айвадж, сток которых учитывается гидрометрически, на остальных же такой учет отсутствует. Общая протяженность коллекторно-дренажной сети на 1963г. составляла 163 км.

Всего обеими системами орошается площадь превышающая 75 тыс.га в том числе под хлопчатником около 55 тыс.га.

Исследования возвратных вод в части их количественной оценки производились методом руслового баланса с учетом природных условий. Выбор методики здесь не рассматривается, так как этому вопросу

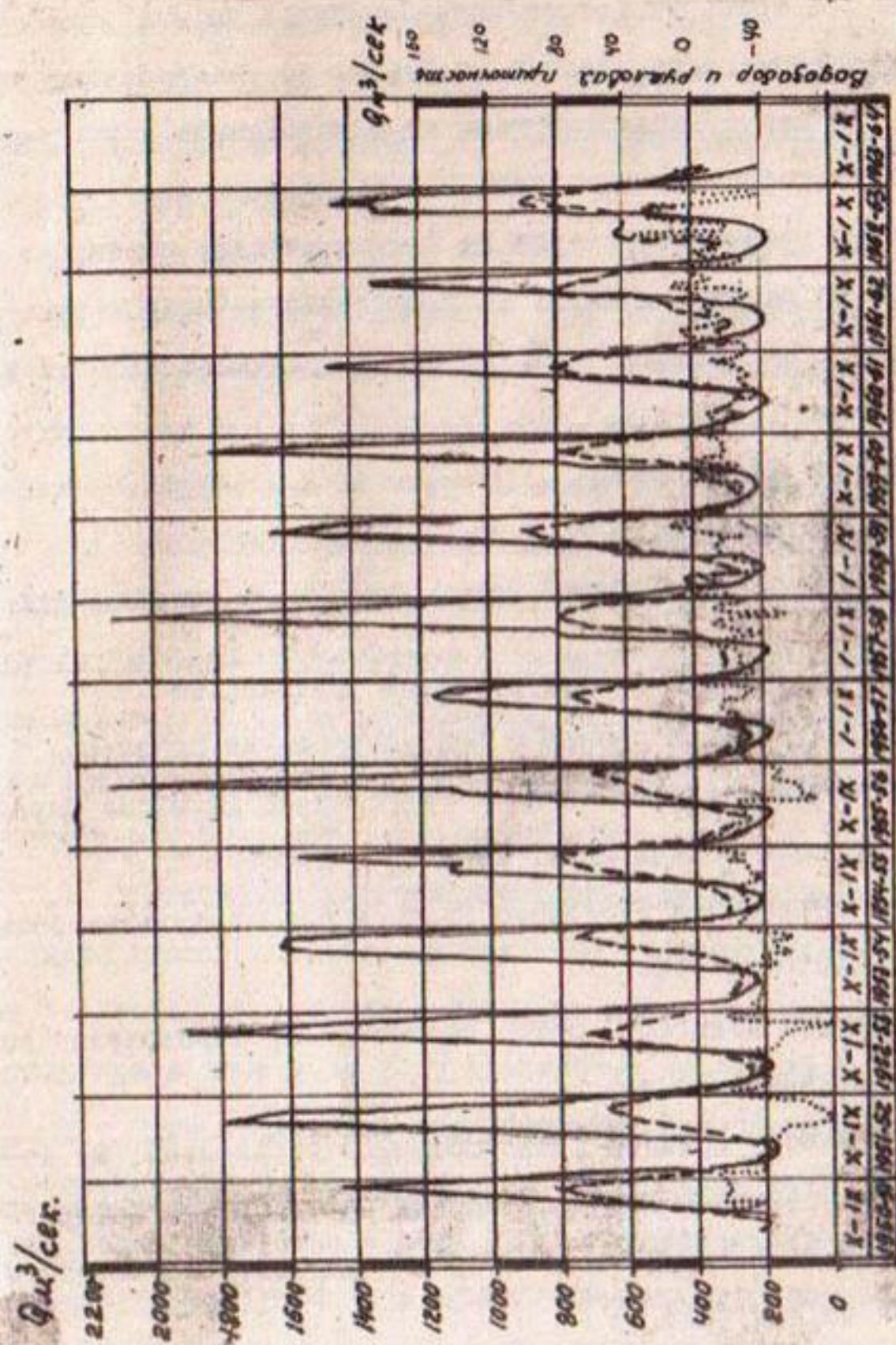


Рис.2 Гидрографы суммарных расходов воды рек бассейна Кафирнигана, водозаборов и русловой приточности.

Условные обозначения: --- суммарные расходы воды рек: Кафирниган - ст. Чинар, Варзоб - ст. Даганата, Илак - ст. Наобадобло, Личоб - ст. Личоб, Ханана-ст. Алибеги
 - - - водозабор на орошение
 . . . русловая приточность

посвящена отдельная работа.

Русловой баланс р.Кафирниган составлен на участке, интенсивно используемом для орошения (от станции Чинарской до станции Тартки). Для ниже расположенного участка от Тартки до устья баланс составлен не был, так как станции работали не одновременно и восстановить стоковые характеристики не представилось возможным.

Элементами руслового баланса на данном участке являются:

1.Приток во входных створах на р.Кафирниган-Чинарском на р. Варзоб - Даганата, на р.Иляк - Наобадболо, на р.Ханама-Алибеги и на р. Лючоб-Лючоб.

2.Забор воды на орошение

3.Сбросы в р.Кафирниган

4.Отток воды через выходной створ участка на станции Тартки.

5.Результаты расчета в виде русловой приточности

Наиболее достоверные данные о водопотреблении орошаемым земледелием по постам эксплуатационной гидрометрии на водозаборах и отводе вод по крупным коллекторам, имеются с 1950г.

Поэтому расчетный период для руслового баланса принят продолжительностью в 13 лет, с 1950 по 1964г.

Приток воды по входным створам и отток по выходному определялся по данным УГМС за указанный ряд лет.

Расчет руслового баланса проиллюстрирован графиком, на котором представлены совмещенный ход суммарных расходов рек Кафирниган, Варзоб, Иляк, Ханака и Лючоб, водозаборов и русловой приточности за весь расчетный период (рис.2).

Из этого графика видно, что изменение во времени суммарных расходов рек и водозаборов является синхронным. Наивысшие максимумы суммарных расходов рек наблюдались в 1951-52гг., 1957-58гг., и 1959-60гг., тогда же отмечались и максимумы водозаборов.

Русловая приточность находится в обратной зависимости от суммарных расходов рек бассейна Кафирнигана. Она минимальна или имеет отрицательный знак в период паводка, особенно это ярко выражено в 1950-51г., 1951-52г., и 1955-56гг. В остальные годы это явление выражено нечетко. В межень русловая приточность достигает значительных размеров.

Исходные данные о русловой приточности для наших расчетов следует считать приближенными, так как водозаборы в каналы и сбросы в реку учитываются недостаточно точно. Однако, на основании этих данных все же представляется возможным судить о русловом балансе р.Кафирниган на участке между станциями Чинарской и Тартки.

Русловая приточность количественно характеризует дополнительные воды. Под дополнительными водами понимаются те водные ресурсы, которые формируются в речных бассейнах ниже створов, замыкающих горную часть водосборов, за счет выклинивания подземных и возвратных вод в русла рек, притока вод из коллекторно-дренажной сети и сбросных вод с полей орошения.

Генетически дополнительные воды Кафирниганской долины складываются из грунтовых вод, поступающих в гидрографическую сеть и "возвратных" с орошаемой территории, которые уже были ранее учтены при заборе воды в ирригационные каналы из водных источников.

Дополнительные воды бассейна Кафирнигана в зависимости от распределения их по территории разделяются на русловые, поступающие непосредственно в реку, как в естественную дренажную и внутрисистемные, формирующиеся в зонах командования оросительных каналов, собираемые коллекторно-дренажной сетью и отводимые по крупным коллекторам и сбросам в реку.

В виду отсутствия достоверных данных о режиме работы коллекторно-дренажной сети, учет русловых и внутрисистемных дополнительных вод произведен суммарно.

Количественная оценка дополнительных вод производилась методом руслового баланса на основе стоковых данных станций УГМС и постов эксплуатационной гидрометрии органов водного хозяйства на р.Кафирниган, ее притоках, водозаборах, сбросах и коллекторах.

Запасы дополнительных вод, так же, как и русловой баланс определялись для бассейна Кафирнигана на участке между станциями Чинарской и Тартки по фактическому ряду наблюдений с 1950 по 1963г.

Анализ данных о русловой приточности показал, что с 1950 по 1957г. расходы последней увеличиваются от $6.16 \text{ м}^3/\text{сек}$ в 1950-51 гг., до $31.94 \text{ м}^3/\text{сек}$ в 1956-57гг. В последующие 7 лет с 1956 по 1963г. русловая приточность стабилизируется, изменяясь в пределах $40-53 \text{ м}^3/\text{сек}$. при средней величине $46.2 \text{ м}^3/\text{сек}$. Данные последних лет являются более полными и качественными, поэтому они приняты за основу в дальнейших расчетах.

Суммарный сток поверхностных вод рек Кафирниган, Варзоб, Ханака, и др. изменяется в пределах от 124 до $231.5 \text{ м}^3/\text{сек}$ среднегодовых расходов при среднемноголетней величине $173 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Суммарный забор воды на орошение на указанном балансовом участке в период с 1950 по 1957гг. постоянно увеличивался от 2.3 до $46.2 \text{ м}^3/\text{сек}$. среднегодовых расходов, в последние годы он стабилизировался до величины $50.5-56 \text{ м}^3/\text{сек}$ при среднемноголетней $54 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Из расчетов руслового баланса следует, что на данном участке р.Кафирниган имеется устойчивая в течение года русловая приточность средней величиной $46.2 \text{ м}^3/\text{сек}$ или 1.45 км^3 , что составляет 27% от суммарного поверхностного стока рек на участке.

Русловые потери наблюдались только в отдельные месяцы вегетационного периода общим объемом до 0.3 км^3 , но это имело место лишь в начальные годы расчетного периода, т.е. с 1950 по 1956г., а за последние семь лет русловых потерь не отмечалось. Русловые потери по отношению к суммарному среднему стоку рек бассейна Кафирнигана составляют величину не превышающую 5%.

Ориентируясь на стоковые данные балансового участка можно видеть, что здесь имеются устойчивые ресурсы дополнительных вод, оцениваемые примерно в $1/4$ от поверхностного стока рек бассейна. Генетически эти дополнительные воды складываются из боковой приточности р. Кафирниган и ее притоков и из возвратных вод с орошаемых территорий.

Разделить дополнительные воды на указанные составляющие весьма затруднительно и решить эту задачу можно лишь приближенно.

Водосборная площадь рек Кафирнигана, Варзоб, Лючоб, Ханака и Иляк при выходе их из гор в долины составляет 5404 км^2 , а р. Кафирниган по станции Тартки 9780 км^2 , т.е. имеется дополнительная водосборная площадь в 4376 км^2 со средневзвешенной высотой 1500–1600 м.

Руководствуясь указаниями к расчету речного стока, для этой площади водосбора можно принять средний модуль стока около 5 л/сек км^2 . Тогда, боковая приточность с дополнительной площади водосбора, по году средней водности, составит $22 \text{ м}^3/\text{сек}$ или 0.69 км^3 в год. Внутригодовое распределение стока принято по аналогии с мелкими водотоками. Иляк, Лючоб и др.

Результаты расчетов боковой приточности приводятся в таблице I

Боковая приточность р.Кафирниган

Месяцы	Средне- мес.рас- ходы в м ³ /сек	Стоки в млн.м ³	То же в % от годового
X	7.5	20	3.3
XI	11.6	30	4.1
XII	11.2	30	4.1
I	11.2	30	4.2
II	20.7	50	7.0
III	51.7	146	21.2
IV	48.0	124	18.0
V	54.0	145	20.8
VI	29.0	75	10.5
VII	7.5	20	2.6
VIII	3.7	10	2.0
IX	3.9	10	2.2
год	22.0	690	100

Если согласиться с принятой приближенной количественной оценкой боковой приточности реки Кафирниган, то тогда средняя величина возвратных вод (с 1957 по 1963гг.) составит $24.2 \text{ м}^3/\text{сек}$ или 0.76 км^3 , т.е. около 45 % от забора воды на орошение за последние семь лет. Но в это количество входят и сбросные воды, долю которых ориентировочно можно оценить в 10% от возвратных. Тогда собственно возвратные воды составят порядка 0.68 км^3 или 40 % от водозабора на орошение.

Внутригодовое распределение возвратных вод определено расчетным путем, ориентируясь на разность стока дополнительных вод и боковой приточности (табл.2)

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока возвратных вод р.Кафирниган

Месяцы	Средне- мес.рас- ходы в м ³ /сек	Стоки в млн.м ³	То же в % от годового
X	34	91	13
XI	35	91	13

Продолжение таблицы 2

Месяцы	Средне- мес. рас- ходы в м ³ /сек	Стоки в млн. м ³	То же в % от годово- го	Установленное путем рас- чета внутригодовое распределе- ние стока, возвратных вод, соот- ветствует природным условиям орошаемой территории бассей- на Кафирнигана.
ХП	27	73	11	Допуская, что соотношение между величиной дополнитель- ных вод и возвратными водами, установленное для среднегого- летних величин, сохраняется и для отдельных лет, среднегодо- вые расходы и стоки возврат- ных вод будут следующими (табл. 3)
I	23	62	9	
II	17	41	6	
III	-	-	-	
IV	-	-	-	
V	-	-	-	
VI	-	-	-	
VII	39	102	15	
VIII	46	122	19	
IX	38	98	14	
год	21.6	680	100	

Таблица 3

Возвратные воды в бассейне р. Кафирниган

г о д ы	1957-58	1958-59	1959-60	1960-61	1961-62	1962-63
Среднегодов. расходы м ³ /с	18.8	20.7	21.1	19.6	21.8	25.0
Годовые стоки м ³	590	650	665	615	685	785

Полученные стоковые характеристики возвратных вод сле-
дует рассматривать как приближенные, учитывая недостатки в учете
стока рек, водозаборов на орошение и сбросов и непродолжитель-
ность наблюдений.

Бассейн реки Сурхандарьи

Бассейн р. Сурхандарьи с севера ограничен Гиссарским хребтом, с запада юго-западными его отрогами, с востока горами Баба-таг. Долина ее приурочена к широкой межгорной депрессии, асимметрична, притоки впадают только справа.

Климат бассейна Сурхандарьи континентальный, и является наиболее жарким не только для Узбекистана, но и для всего Советского Союза. Среднегодовая температура воздуха составляет 15.8° . В самом холодном месяце — январе — средняя температура $+ 3.9^{\circ}$. Атмосферные осадки распределяются неравномерно, в горах выпадает 700 мм, в долинах 150–300 мм.

Река Сурхандарья образуется слиянием рр. Тупаланг и Каратаг. Горная часть бассейна занимает площадь 8230 км^2 или 60.5 % общей площади бассейна, на равнинную часть приходится 5380 км^2 или 39.5 %.

Составляющие Сурхандарьи в пределах равнинной части принимают ряд притоков, р. Тупаланг — р. Дашнабад с притоком Шаргунь и р. Каратаг — рр. Акджарсай и Ширкент.

В Сурхандарью справа впадают притоки Сангардак и Ходжаипак. Питание реки снеговоледниковое.

Минимальные расходы воды наблюдаются в сентябре — октябре, затем следует повышение расходов и прохождение максимальных в мае. Июньский сток немного меньше майского и начиная с июля расходы резко падают.

Средний расход воды в верхнем течении составляет $62.4 \text{ м}^3/\text{сек}$. (Денау) в нижнем $68.2 \text{ м}^3/\text{сек}$ (Мангузар) Максимальные расходы достигают у Мангузара $700 \text{ м}^3/\text{сек}$, а у Денау $560 \text{ м}^3/\text{сек}$. Среднегодовые расходы колеблются от $31 \text{ м}^3/\text{сек}$ до $112 \text{ м}^3/\text{сек}$.

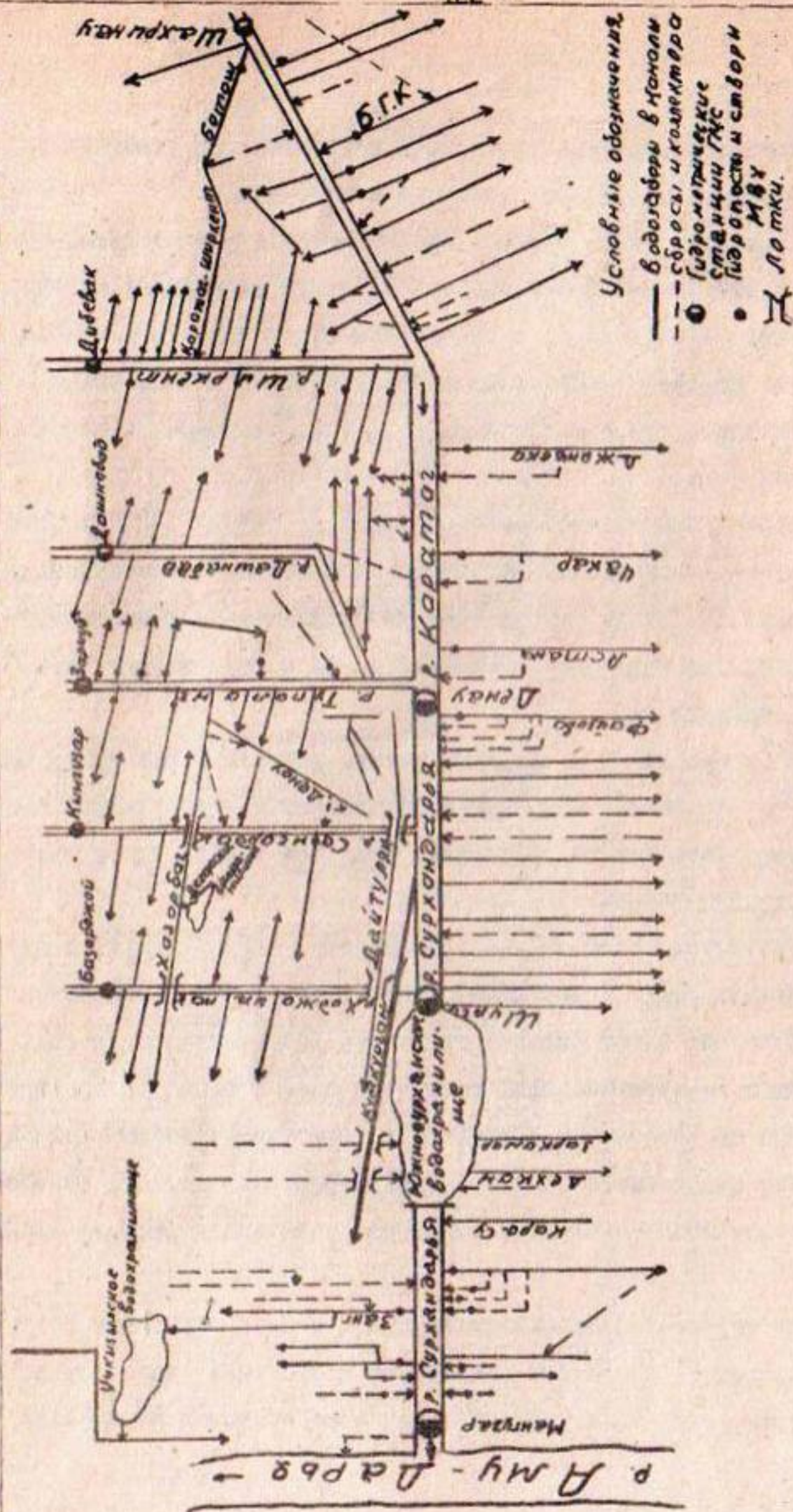


Рис. 3 Линейная схема ирригационной сети бассейна р. Сурхандарьи

Долина р. Сурхандарьи сложена четвертичными отложениями, суглинками, супесями, глинами, песками и галечниками.

В ее поперечном профиле прослеживаются 4 продольные террасы, не считая поймы. Пойма шириной 0.1–0.3 км сложена суглинками, супесью мощностью 0.5 м подстилаемыми песчано-гравелистым материалом. Первая надпойменная терраса шириной 1–5 км. имеет также суглинисто-супесчанную кровлю до 2 м., лежащую на песчано-гравелистой толще.

Вторая терраса имеет наибольшее развитие, ее ширина 5–20 км., сложена супесчано-суглинистым материалом мощностью 8–10 м. Третья терраса шириной 2–5 км. также сложена суглинками и супесью мощностью 10–20 м., а четвертая мощностью до 30 м. при ширине от 0.5 км. до нескольких км.

К аллювиальным отложениям долины р. Сурхандарьи приурочен мощный поток грунтовых вод, сформировавшийся еще в пределах конусов выносов. Современное русло реки является дренажем для грунтовых вод верхних террас.

При выходе реки из гор составляющие Сурхандарьи, имеют конуса выносов. Здесь происходит формирование грунтового потока.

Дополнительное питание грунтовые воды получают за счет инфильтрации из ирригационной сети и за счет атмосферных осадков.

При сопоставлении режима реки и уровня грунтовых вод были выявлены следующие соотношения. На перифериях конусов выносов рек грунтовые воды понижаются вслед за увеличением расходов воды в реке.

На верхних террасах прослеживается связь режима грунтовых вод с режимом орошения, на нижних существует постоянная связь грунтовых вод с водами реки. Воды р. Сурхандарьи и ее притоков интенсивно

используются на орошение при помощи 10 ирригационных систем (рис.3) Эти системы имеют 100 магистральных каналов, орошающих площадь в 167 тыс.га, из которых более половины занято хлопчатником, наиболее крупными каналами являются Занг с пропускной способностью $65 \text{ м}^3/\text{сек}$, Хазарбаг - $30 \text{ м}^3/\text{сек}$, Кумкуртан - $22 \text{ м}^3/\text{сек}$, Кокайды - $16 \text{ м}^3/\text{сек}$ и др.

Общая протяженность ирригационной сети 3164 км, а коллекторно-дренажной сети 1360 км.

В связи с освоением новых земель, были построены наливные водохранилища Учкызилское в 1955г. и Дегресское в 1958 г. с инженерными каналами и сооружениями.

В 1958г. начато строительство Южно-Сурханского водохранилища полезной емкостью 610 млн. м^3 , которое в настоящее время уже завершается.

Исследование возвратных вод здесь производилось, как и в бассейне Кафирнигана, методом руслового баланса с использованием данных, характеризующих природные условия.

Русловой баланс р.Сурхандарьи составлен по трем балансовым участкам, за период с 1950-1951гг по 1964-1965гг.

Первый расположен на р.Каратаг между гидрометрическими станциями ГМС, Шахринау на р.Каратаг и Денау на р.Сурхандарья, второй - на р.Сурхандарье от Денау до Шурчи, протяженностью 50 км, третий - на р.Сурхандарье от Шурчи до Мангузара, протяженностью 143 км.

Русловая приточность на первом участке в многолетнем ходе характеризуется положительными величинами, за исключением некоторых лет (рис.4) По величине она приблизительно равна водозабору.

Русловая приточность на втором участке в меженный период имеет положительные величины, а в вегетационный - характе-

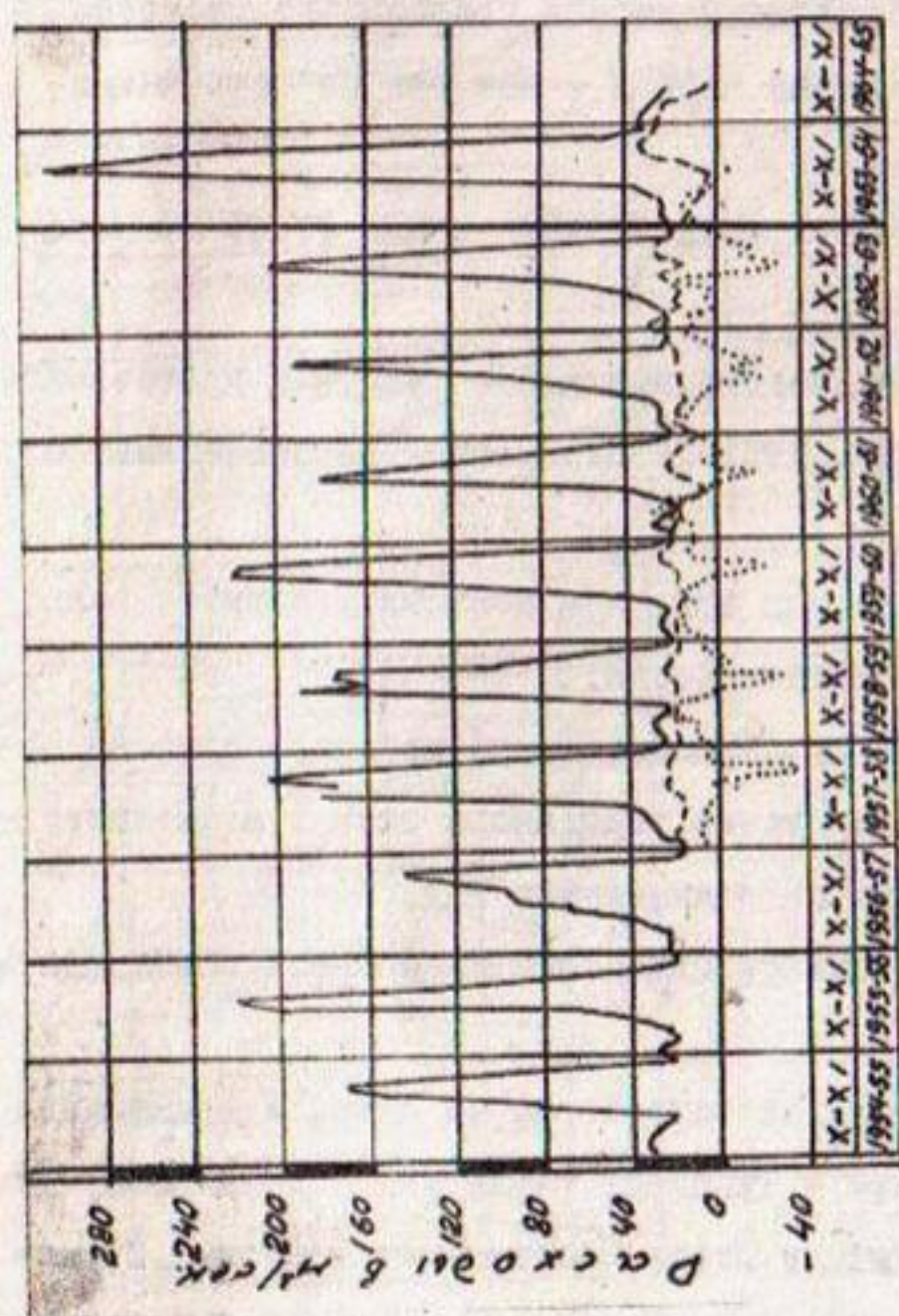


Рис. 5 Гидрографы расходов воды р. Сурхондарьи водозаборов и русловой приточности на П балансовом участке

Условные обозначения

- расход воды м³/сек
- - водозабор на орошение
- . . . русловая приточность

ризуется как положительными так и отрицательными значениями (рис.5).

Средне многолетняя величина водозабора на орошение равна $17.6 \text{ м}^3/\text{сек}$ или 24.5% от расходов реки, а русловая приточность составляет 14.3% от величины водозабора.

Результаты расчетов руслового баланса на третьем участке показывают, что в не вегетационный период преобладает русловая приточность, а в вегетационный период, как приточность так и потери (рис.6).

Русловая приточность равна $8.9 \text{ м}^3/\text{сек}$ или 27.6% от водозабора на орошение.

По прежним проработкам Средизгипроводхлоска русловая приточность на этом участке за период с 1931-1955 гг в среднем составляет около $7 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Ресурсы дополнительных вод, как известно, количественно характеризуются русловой приточностью.

Природные условия на первом участке предопределившие естественное сезонное регулирование подземного стока, в значительной мере выравнивают режим дополнительных вод.

Генетически их ресурсы здесь складываются из боковой приточности и возвратных вод.

Дополнительная площадь водосбора, от створов при выходе из гор рек Каратаг, Ширкент и Тупаланг (ниже устья Дашнабада) до замыкающего створа на станции Денау, составляет 1387 км^2 . Принимая в качестве аналога р.Ходжаипак с модулем стока 7.2 л/сек км^2 , получена средняя боковая приточность в $10 \text{ м}^3/\text{сек}$. или 314 млн м^3

в год. Учитывая регулируемую роль конуса выноса и ориентируясь на аналог, принято следующее внутри годовое распределение стока боковой приточности (табл.4)

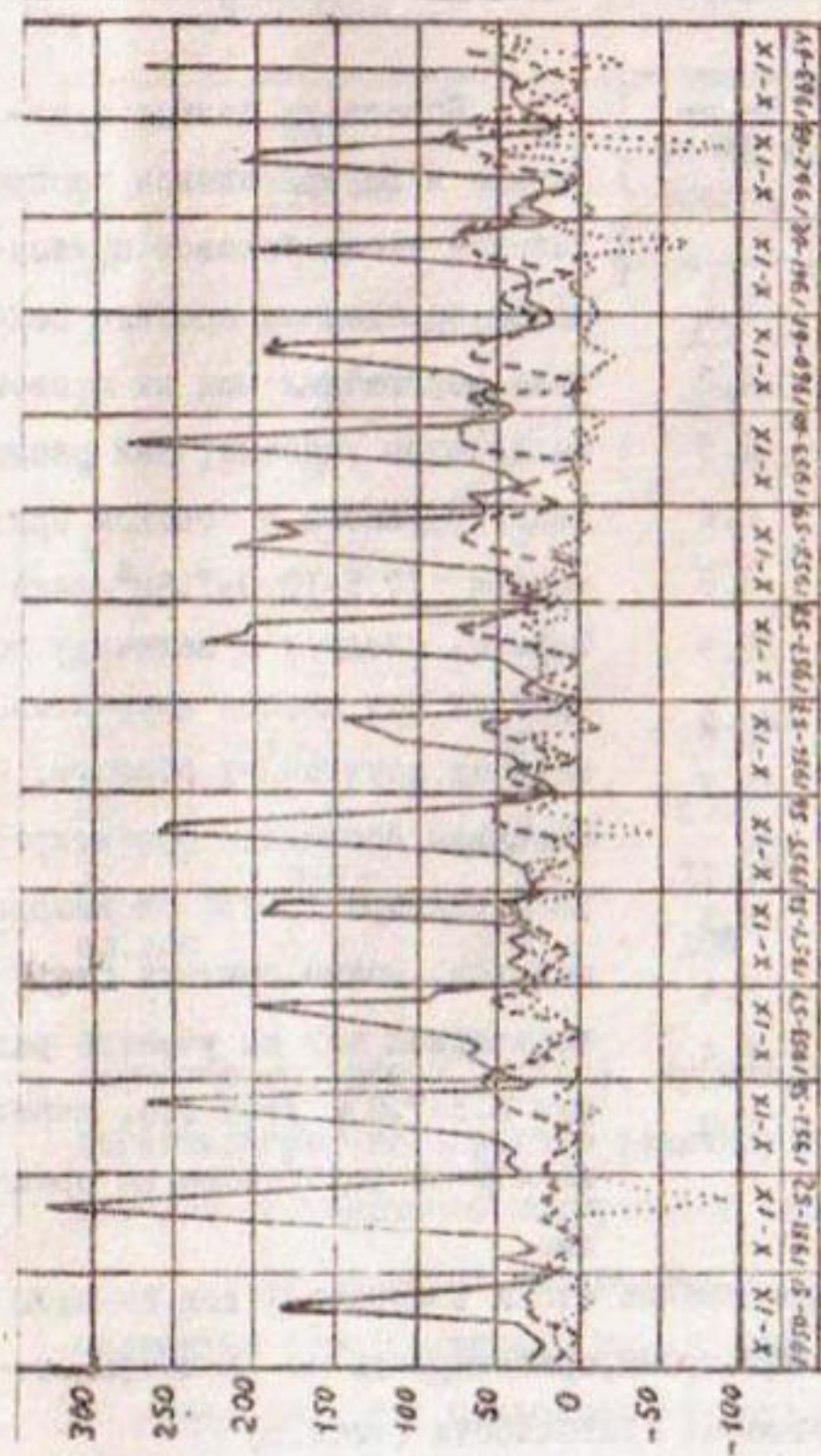


Рис. 6 Гидрографы расходов воды р. Сурхандарья, водозборов и русловой приточности на III балансовом участке

Условные обозначения

— расход воды м³/сек

-- водозбор на орошение

... русловая приточность

Таблица 4

Боковая приточность на I балансовом участке
р. Сурхандарьи

Месяцы	Средне- мес. расх. с м ³ /сек	Стоки в млн. м ³	То же в %% от годов.	Используя данные о ве- личине и внутригодовом распре- делении стока боковой приточ- ности, определена средняя вели- чина возвратных вод на первом балансовом участке, как разность между русловой и боковой приточ- ностью (17.5-10.0=7.5 м ³ /сек) Однако, следует в величину воз- вратных вод внести коррективы за счет неучтенных сбросов. Оценивая последние ориентировоч- но в размере 10-15% от возврат- ных вод, можно считать сток возвратных вод на участке рав- ным 6.5-7.0 м ³ /сек т.е. поряд- ка 47% от водозабора на ороше- ние.
X	1.9	5	1.6	
XI	2.7	7	2.2	
XII	3.0	8	2.5	
I	3.1	8	2.6	
II	4.6	11	3.5	
III	18.7	50	15.9	
IV	27	70	22.3	
V	26.9	72	23.7	
VI	20.5	53	17	
VII	5.6	17	5,3	
VIII	3.0	8	2.4	
IX	1.9	5	1.6	
ср. год	10	314	100	

Внутригодовое распределение стока возвратных вод на этом участке определено расчетным путем, ориентируясь на разность стока дополнительных вод и боковой приточности (табл. 5)

Внутригодовое распределение стока возвратных
вод на I балансовом участке р.Сурхандарьи

Месяцы	Средне- мес. расх. в м ³ /сек	Стоки в млн. м ³	То же %% от годов.	На втором балансовом участке р.Сурхандарьи меж- ду станциями Денау и Шурчи, как указывалось выше, русло- вая приточность в среднем за период с 1957г. по 1963г. в невегетационный период (X-III) составляет 168 млн м ³ , а в вегетационный - потери 103 млн.м ³
X	9.0	2.4	11.7	
XI	12	31	15.1	
XII	7.5	20	9.7	
I	7.5	20	9.7	
II	7.0	17	8.2	
III	-	-	-	
IV	-	-	-	
V	-	-	-	
VI	-	-	-	Русловая приточность
VII	13.5	36	17.4	здесь представляет собой
VIII	13.0	35	17.0	возвратные воды и некоторую
IX	9.0	23	11.2	часть грунтовых вод, как
ср. год	6.5	206	100	результат регулирования па- водочного стока подрусовой

емкостью на данном участке. Русловые же потери, количественно характеризуют поглощенную величину поверхностного стока реки в поводок регулирующей подрусовой емкостью.

При расчетах выяснилось, что почти весь зарегулированный подземным водохранилищем паводочный сток на участке расходуется на испарение. Это позволяет считать, что возвратные воды на участке приблизительно равны русловой приточности, которая колеблется в пределах 90-300 млн.м³ при среднемноголетней величине порядка

170 млн.м³, что при водозаборе на орошение в 540 млн.м³ составляет около 30% от последнего.

Внутригодовое распределение стока возвратных вод приближенно может быть охарактеризовано данными о среднемноголетней русловой приточности, приводимыми в табл.6.

Таблица 6.

Внутригодовое распределение стока возвратных вод на II балансовом участке р.Сурхандарьи

Месяцы	Срдие- мес.расх. в м ³ /сек	Стоки в млн.м ³	То же в %% от годов.
X	7.6	20.5	12.2
XI	11.3	29.2	17.4
ХП	10.1	27	16.1
I	10.2	27.4	16.3
II	9.1	22	13.1
III	5.6	15	8.9
IV	-	-	-
V	-	-	-
VI	-	-	-
VII	-	-	-
VIII	4.3	11.5	6.8
IX	6.1	15.5	9.2
ср.год	5.4	168	100

По природным условиям, третий балансовый участок от станции Шурчи до станции Мангузар является транзитным и конечным в бассейне реки. На этом участке также среднмноголетние расходы русловой приточности количественно характеризуют возвратные воды, величина которых составляет 8.9м³/сек.

Суммарный водозабор на орошение равен 24м³/сек или 750 млн.м³. Внеся коррективы на сбросы из ирригационной сети (порядка 10-15%)

возвратные воды оцениваются величиной порядка 7.5м³/сек или 230-250 млн.м³ т.е. около 30 % от водозабора на орошение.

Внутригодовое распределение возвратных вод на участке, ориентируясь на русловую приточность и режим грунтовых вод, характеризуется следующими данными (табл. 7)

Таблица 7.

Внутригодовое распределение возвратных вод на III балансовом участке р. Сурхандарьи

Месяцы	Средне- мес. расх. в м ³ /сек	Стоки млн. м ³	То же %% от годов.	Если рассматривать ресур- сы возвратных вод в целом по всему бассейну реки, что по- видимому наиболее правильно, то по данным за последнее пят- надцатилетие они characterизу- ются средним расходом в 19.4 м ³ / сек или стоком 0.6 км ³ . К сум- марным ресурсам рек бассейна это составляет 26%, а относи- тельно суммарного водозабора на орошение 35%. Их приближен- ное внутригодовое распределение дано в табл. 8
X	8	21.6	9.1	
XI	11	28.8	12.1	
XII	12	32.2	13.6	
I	10	26.8	11.3	
II	10	24.2	10.2	
III	9	24.1	1.1	
IV	1	2.6	3.5	
V	3	8.2	5.5	
VI	5	12.9	6.8	
VII	6	16.2	7.9	
VIII	7	18.7	8.7	
IX	8	20.7		
год	7.5	237	100	

**Внутригодовое распределение стока возвратных
вод в бассейне р.Сурхандарья**

Месяцы	Средне- мес.расх. в м ³ /сек	Стоки с млн.м	То же %% от годов.
X	24.6	66.1	10.8
XI	34.3	89	14.6
XII	29.6	79.2	13.0
I	27.7	74.2	12.2
II	26.1	63.2	10.3
III	14.6	39.1	6.4
IV	1.0	2.6	0.4
V	3.0	8.2	1.3
VI	5.0	12.9	2.1
VII	19.5	52.2	8.5
VIII	24.3	65.2	10.6
IX	23.1	59.2	9.8
ср.год	19.4	611	100

Данные табл.8 показывают, что 2/3 стока возвратных вод проходит в невегетационный период, что вполне соответствует как режиму рек бассейна, так и режиму орошения.

Несмотря на ряд недостатков, полученные характеристики стока возвратных вод могут быть использованы в водохозяйственных и гидрологических расчетах исследуемого бассейна.

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что несмотря на ряд допущений, принятых в оценке возвратных вод, получен-

ные характеристики их в бассейнах рек Кафирниган и Сурхандарья удовлетворительно увязываются с балансовыми расчетами и природными условиями. Они могут быть рекомендованы для использования в предварительных водохозяйственных расчетах при комплексном использовании водных ресурсов бассейна Аму-Дарья.

Л И Т Е Р А Т У Р А.

1. Балашов Л.С. Сурхандарьинский артезианский бассейн. Издательство АН СССР, М., 1960.
2. Балашова Е.Н., Житомирская О.М., Семенова О.А. Климатическое описание республик Средней Азии. Гидрометеоздат, Л., 1960.
3. Ляпин А.Н., Челюканов М.Д. Изучение техники полива по бороздам /методические указания/ Ин-т научн. техн. инф. и прогнозов УзССР, Ташкент, 1965.
4. Попов О.В. Общие закономерности формирования подземного стока в реки на территории СССР. Труды ГТИ вып. 122 Л., 1965.
5. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Гидрометеоздат, Л., 1965.

В.П. СВЕТИЦКИЙ. Г.В. САЛМОВ

Ресурсы возвратных вод в долине р.Вахш

В развернутой программе мелиоративных мероприятий в СССР, принятой майским Пленумом ЦК КПСС поставлены ряд очень важных проблем перед научно-исследовательскими организациями. Одной из них является - оценка водных ресурсов орошаемых территорий.

В этой статье кратко излагаются результаты исследований возвратных вод Вахшской долины, выполненных авторами в 1964-65 гг.

Река Вахш является правой составляющей р.Аму-Дарьи. Она берет начало на высоте более 3600м. в восточной части Алайской долины под названием р.Кзылсу. Приняв ряд притоков и наиболее крупный из них р.Муксу, она приобретает название р.Сурхоб, а после слияния с левобережным притоком р.Обихингоу, на расстоянии 384 км. от устья называется р.Вахш. Естественными границами ее бассейна служат, с востока водораздельная линия Сарыкольского хребта, с юга-Заалайский, Академии наук, Дарвазский и Вахшский, с запада - Каратегинский и Каратау и с севера-Алайский хребты.

Горная часть бассейна входит в высокогорную Памиро-Алайскую систему. Высокое размещение бассейна над уровнем моря способствует образованию оледенения. Здесь находятся огромные ледники Федченко, Мушкетова и др.

Долины рек бассейна располагаются между хребтами и представляют собой котловины. Они занимают около 13% площади бассейна. Наиболее значительные из них - Алайская, по которой

протекает р.Кзылсу с многочисленными притоками и Вахшская размещающаяся почти целиком на левом берегу р.Вахш.

Питание реки смешанное, ледниково-снеговое. Основная масса стока, проходит в летние месяцы с максимумом в июле.

Река несет много взвешанных наносов.

Климат бассейна р.Вахш может быть охарактеризован по трем высотным зонам. В высокогорной зоне зимы суровые и продолжительны. Среднемесячные температуры воздуха измеряются в году от $17,2^{\circ}$ до $4,5^{\circ}$. Количество осадков превышает 700 мм.

В горной зоне, зимы также суровы, но менее продолжительны. Среднемесячные температуры колеблются от -5° до $24,8^{\circ}$. Осадков выпадает около 650мм.

В Вахшской долине зимы очень мягкая, отрицательные температуры наблюдаются редко. Среднемесячные температуры в году положительные и изменяются от 18° до 43° , осадков выпадает около 200мм.

В Вахшской долине широко развито орошаемое земледелие. Вода в ирригационные системы подается из р.Вахш.

Годовой сток р.Вахш характеризуется следующими параметрами:

по станции Туткаульской – среднемноголетний расход воды $647 \text{ м}^3/\text{сек}$; $C_r=0,139$;

по станции Сарбантской – среднемноголетний расход воды $657 \text{ м}^3/\text{сек}$; $C_r=0,139$;

Внутригодовое распределение стока можно охарактеризовать следующим образом: Минимум наблюдается в феврале, максимум в июле-августе. Основная масса стока проходит в летний период /от 76.1 до 75.8% годового/ на осень приходится 7.8-7.9%, на зиму 7.3-7.4% и на весну 8.8-8.9%.

В геоструктурном отношении Вахшская долина является межгорной впадиной синклинального типа, ориентированной с севера-

востока на юго-запад.

Основная равнинная часть Вахшской долины располагается по левому берегу и представляет собой серию аккумулятивных террас. Первая и вторая террасы наблюдаются в виде узких /от 1-1,5 км до 6,0-7,0 км/ прерывистых полос левого берега реки и отдельных островков разделенных рукавами р. Вахш.

На поверхности второй террасы имеется много стариц-озер.

Третья терраса имеет наибольшее развитие и занимает основную площадь равнины. Ее поверхность издавна используется под орошение.

В районе г. Кургантюбе ширина ее достигает 18-20 км, к югу она сужается до 3-4 км. От второй террасы ее отделяет уступ высотой 4-6 м. На поверхности третьей террасы находится большое количество чашевидных понижений различной величины и конфигурации. Образование их связывается с многолетней очисткой ирригационной сети от наносов. Четвертая терраса развита, как в северной так и в южной части долины.

В строении первой надпойменной террасы принимает участие суглинки и пески, реже глины и супеси, чередующиеся друг с другом.

Ниже залегает толща галечников.

Мощность супесчано-суглинистых отложений от 0,5 до 2 м.

Отложения второй террасы аналогичны.

В строении аллювиальных отложений третьей террасы принимают участие суглинки, супеси, реже глины. Мощность мелкоземистого покрова 2-10 м. Ниже находятся галечники мощностью более 100 м.

Отложения четвертой надпойменной террасы представлены суглинками, тонкопылевыми и плотными, мощностью до 8 м.

Литология пятой террасы представлена серыми лессовидными суглинками, залегающими на галечниках.

В гидрогеологическом отношении Южно-Таджикская депрессия представляет собой крупный артезианский бассейн. В породах мезокайнозойского возраста распространены пластово-поровые, пластовотрецинно-карстовые воды.

Водоносность дочетвертичных пород слабая, а вода отличается высокой минерализацией.

В формировании подземных вод аллювиальных отложений большое значение имеют потери из ирригационной сети. Зеркало грунтовых вод залегает близко к поверхности земли и обычно располагается в мелкоземах перекрывающих пески и галечники.

На 15-20 км. севернее г.Кургантибе развивается мощный поток грунтовых вод с единым зеркалом. Он имеет веерообразную форму растекания от вершины конуса выноса и движется на запад и юго-запад. Источником их питания являются фильтрационные потери поверхностных вод, а также приток со стороны внешнего горного обрамления. Здесь наблюдается наибольшая мощность галечника. Отложения конуса выноса переходят в обычные террасы. Грунтовые воды находятся в толще галечников и в нижней части перекрывающих их мелкоземах.

Их зеркало повторяет поверхностный рельеф, определяя этим направление движения потока в сторону русла.

Глубина залегания грунтовых вод изменяется от 0.0-5.0м на первых двух-трех террасах и кривой части конуса выноса, до 20-40м на верхних террасах, в средней и верхней частях конуса выноса.

В Левобережной части Вахшской долины, земли которые подвержены засолению, глубина залегания грунтовых вод в среднем от 0 до 5м. На участке сопряжения Вахшской долины с долиной р.Пяндж наблюдается дренирование грунтовых вод р.Пяндж.

На орошаемых землях верхних речных террас и конусов выноса, где глубина залегания грунтовых вод свыше 3-5 м, наиболее высокое стояние уровня приходится в основном на август-сентябрь с отдельными небольшими сдвигами в ту и другую сторону.

Минимальное положение уровня отмечается в феврале-марте.

Поведение уровня определяется режимом поверхностных вод. Амплитуда сезонных колебаний уровня определяется режимом поверхностных вод с естественным подземным оттоком грунтовых вод, она достигает 1-3 м. Аналогичный режим уровня наблюдается в условиях неглубокого залегания грунтовых вод на молодых террасах и в периферической части конуса выноса. Меньшее значение характерны для большой территории по левобережью Вахша, где сильно развита коллекторно-дренажная сеть, а большие значения на водораздельных участках с ирригационными каналами.

Вахшскую долину орошают две ирригационные системы левобережная и правобережная. Левобережная оросительная система имеет пять водозаборов из р. Вахш, а именно; Вахшский магистральный левобережный канал, питающийся от гидроузла Головной ГЭС с пропускной способностью $150 \text{ м}^3/\text{сек}$ и четыре правобережных канала с машинным водоподъемом - Сарбант, Кзылкала, Кзылпахтакор и самотечный Янгиабад. Эта система имеет два крупных сброса - Центральный в р. Вахш, на котором имеет ГЭС и Пянджский в р. Пяндж /рис. I/

Правобережная Шуроабадская оросительная система состоит из магистрального канала с бесплотинным водозабором из р. Вахш с расходом воды в голове $30 \text{ м}^3/\text{сек}$. От магистрали питаются крупные каналы - Аскарышах, Кум, Каттаган, Ходжакала, Караланг и др.

Имеется несколько сбросов в правобережный приток Вахша р. Явансу.

Левобережная Вахшская ирригационная система имеет оросительную сеть общей протяженностью более 2000 км. и дренажно-коллекторную 1275 км.

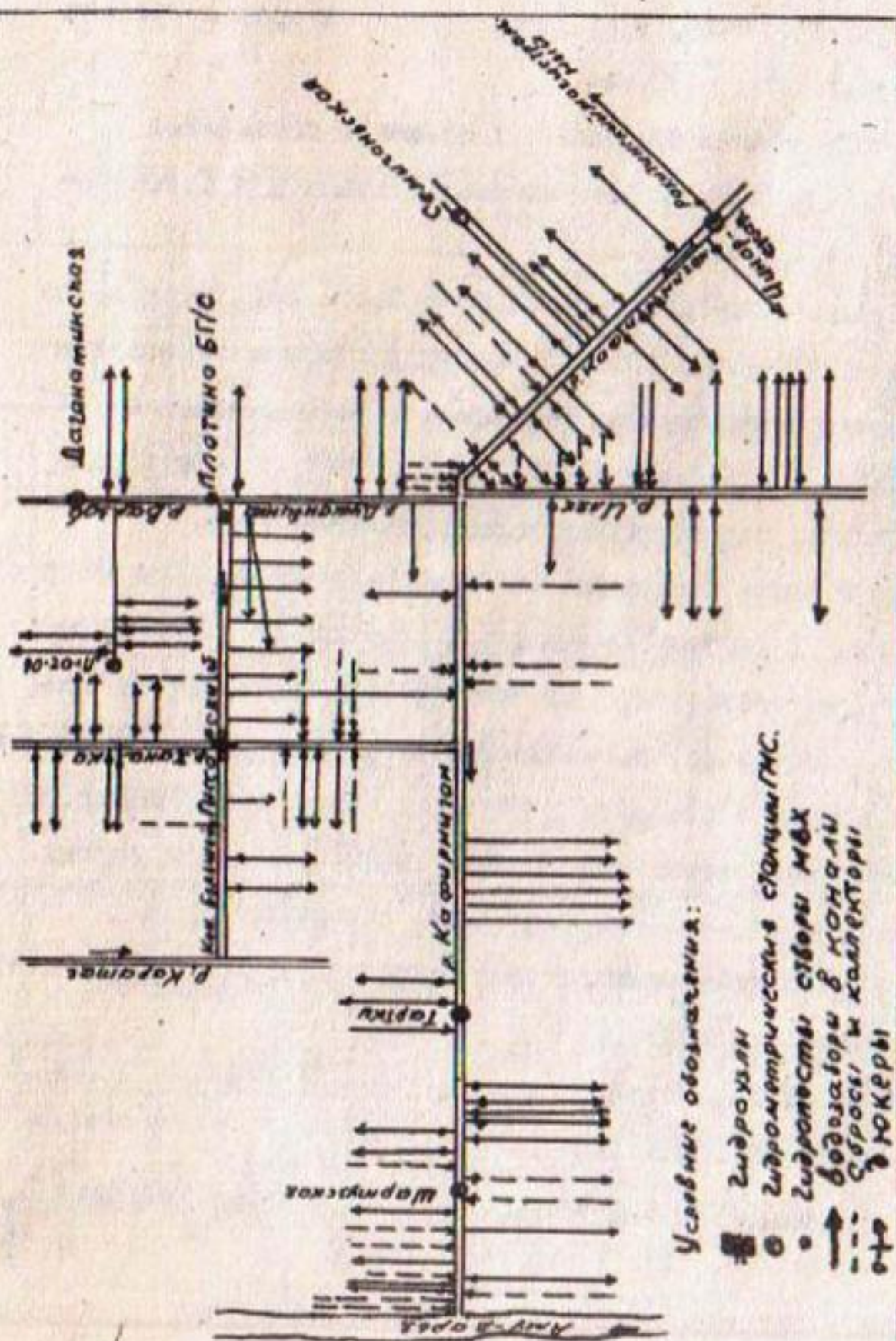


Рис. I Линеинная ирригационная схема бассейна р. Вахш

В Шуроабадской оросительной системе для отвода дренажных вод имеется главный коллектор и ряд мелких коллекторов с дренами общей протяженностью около 400 км.

Общая площадь долины пригодных к орошению составляет 200 тыс. га из них в зоне Вахской системы 177 тыс. га и Шуроабадской 23 тыс. га.

В мелиоративном отношении Вахская долина отличается засоленностью земель и грунтовых вод. На землях с близким залеганием уровня грунтовых вод в понижениях наблюдается заболоченность. Борьба с засолением и заболоченностью ведется посредством промывок и отвода излишних вод по коллекторно-дренажной сети.

Усовершенствование ирригационной и мелиоративной сети вместе с повышением агротехнических мероприятий обеспечило рост урожайности основных сельскохозяйственных культур возделываемых на орошаемых землях. Так например, урожайность хлопка на землях Шуроабадской системой возросла с 8.8 ц. га в 1940г. до 24.6 ц. га 1961 г.

Исследование возвратных вод производилось как и для других рек бассейна Аму-Дарьи, методом руслового баланса.

Русловой балансе составлен за 13 летний период /с 1951г.-1963г/ со следующими элементами:

- а/ приток во входном створе станции Сарбантской;
- б/ забор воды на орошение;
- в/ отток через выходной створ участка по станции Тигровая балка;
- г/ результат расчета в виде русловой приточности.

Для иллюстрации режима реки, заборов воды на орошение и величин русловой приточности приводится графиком /рис.2/

Из графика видно, что русловая приточность в период наводки имеет минимальную величину или даже отрицательный знак /потери/ и уве-

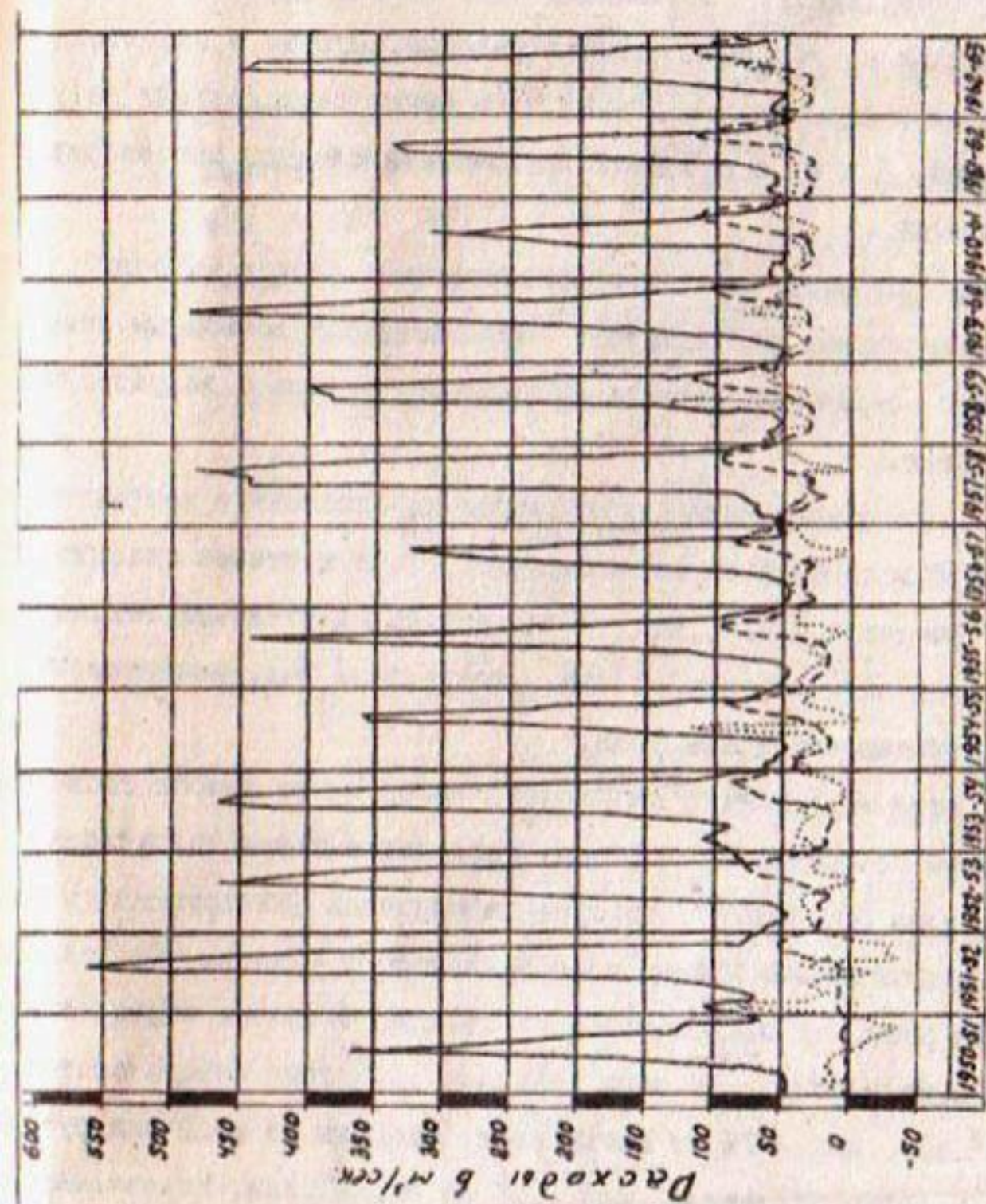


Рис.2 Гидрографы р.Вяхи, водозаборов и русловой приточности на участке на станции Сарбантской до станции Тигровая балка

Условные обозначения: — расходы воды по станции Сарбант

--- водозабор на орошение

... русловая приточность

личивается до значительных размеров в межень, однако четкой, закономерности в колебаниях русловой приточности не отмечается.

По-видимому здесь сказывается недостаточно высокая точность стоковых данных на конечных отборах участка, которые в значительной степени являются восстановительными и не имеют параллельных натуральных наблюдений. Данные о русловой приточности следует рассматривать как приближенные.

Попытка связать русловую приточность с расходами воды р. Вахш не дала положительных результатов. Представилось возможным лишь выявить общую тенденцию увеличения русловых потерь с возрастанием расходов в реке.

Водные ресурсы р. Вахш используются на орошение в незначительном размере (около 8.5% от естественного стока в створе станции Сарбантской). Вполне понятно, что и ресурсы дополнительных вод, которые формируются главным образом за счет возвратных вод, несоизмеримо малы по сравнению со стоком реки.

Река Вахш на исследуемом участке имеет конус выноса сложенный аллювиальными отложениями. В его пределах имеется подрусовая емкость порядка 300 млн.м³, которая заполняется фильтрующимися водами реки в паводковый период и опорожняется в межень. На последующем участке реки, от г. Кургантюбе до станции Тигровая балка, отмечается русловое выклинивание. Средняя величина русловых потерь составляет 165 млн.м³ т.е. менее 1% от стока реки; средняя же величина русловой приточности равна 511 млн.м³ или 2.5% от стока реки. Незначительные русловые потери, находящиеся в пределах точности измерений, не могут оказывать серьезного влияния на естественное регулирование стока р. Вахш.

Орошаемые земли Вахшской долины имеют весьма слабую естественную дренированность. Отсюда следует, что русловая приточность в э

чительной степени состоит из дренажно-коллекторных вод. Этот вывод подтверждается данными о суммарном среднем стоке коллекторов на рассматриваемом участке, который составляет 484 млн.м³ /95% от русловой приточности/.

Повидимому без особой погрешности можно принять среднюю русловую приточность равной среднему стоку возвратных вод. Тогда величина возвратных вод оцениваемая в 510 млн.м³ составит 29% или кругло 30% от 1745 млн.м³ забранной воды на орошение. Генетически эти воды являются внутрисистемными. Таблица I

Внутригодовое распределение стока возвратных вод р.Вахш приведено ниже в таблице № I.

Месяцы	Стоки в млн м ³	То же в % от год
X	39,8	7,8
XI	30,6	6,0
XII	29,1	5,7
I	24	4,7
II	19,9	3,9
III	34,2	6,7
IV	36,7	7,2
V	49,0	9,6
VI	52,5	10,3
VII	67,3	13,2
VIII	68,3	13,4
IX	58,6	11,5
год	510	100

Несмотря на приближенность исходных данных количественные характеристики возвратных вод в бассейне р.Вахш достаточно хорошо увязываются как с балансовыми расчетами так и с природными условиями бассейна и могут быть использованы в проработках по комплексному использованию водных ресурсов р.Вахш.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Балашова Е.Н., Житомирская О.М., Семенова О.А. Климатическое описание республик Средней Азии. Гидрометиздат, Л. 1960.
2. Крылов М.М. Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана. Изд. АН УзССР, 1959.
3. Светицкий В.П. Дополнительные водные ресурсы Ферганской долины. Вопросы гидротехники, вып. 20, Ташкент, 1964.
4. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Гидрометиздат, Л., 1965.

А.П.ОРЛОВА, Э.В.ШАРЕР, Л.Н.ДАНИЕЛОВА

Исследования степени загрязнения подземного
потока в бассейне р.Чирчик.

В результате проведенных работ сотрудниками отдела охраны водных источников САНИИРИ в 1965г. установлено, что основное загрязнение грунтовых вод долины р.Чирчик наблюдается в результате сброса неочищенных промышленных сточных вод Чирчикским электрохимическим комбинатом и комбинатом тугоплавких и жаропрочных металлов. Основными компонентами загрязнения стоков указанных предприятий являются соединения группы азота, а именно ионы аммония, нитриты и нитраты. Количество этих компонентов в промстоках предприятий достигает следующих величин: ионов аммония до 24000 мг/л, нитритов до 15 мг/л, нитратов до 11000 мг/л. Кроме того немаловажное влияние на степень загрязнения грунтовых вод долины р.Чирчик оказывают хозяйственные стоки и возвратные воды в полей орошения.

Для контроля за степенью загрязнения грунтовых вод и для определения величины влияния основных загрязнителей в долине р.Чирчик было установлено одиннадцать створов, как-то :Газалкентский, Искандерский, Чирчикский, Янги-Базарский, Троицкий, Кибрайский, Куйлюкский, Серелинский, Янгиюльский, Пахтинский, и Чиназский. Отбор проб по створам производился в основном по сезонному циклу. Исследованиями установлено, что загрязнение грунтовых вод соединениями группы азота на левом берегу р.Чирчик практически отсутствует, основное загрязнение фиксируется по правому берегу реки.

Результаты систематических исследований показали, что основными компонентами загрязнения грунтовых вод долины р.Чирчик являются ионы аммония, нитриты и нитраты. Вопросам нормирования

этих компонентов в грунтовых водах в настоящее время уделяется серьезное внимание. По имеющимся нормам ионы аммония не должны превышать 0,5 мг/л, нитриты 0,009 мг/л, нитраты не более 45 мг/л.

Исследования качества грунтовых вод, проведенные до 1965 г. Узбекским гидрогеологическим трестом и институтом Узгоспроект в долине р. Чирчик, показали, что содержание ионов аммония в грунтовых водах долины колебалось чаще всего от 0 до 0,2 мг/л, нитриты отсутствовали, а концентрация нитратов не превышала 9 мг/л. Эти концентрации основных компонентов загрязнения приняты за фоновые. Содержания ионов аммония в грунтовых водах долины р. Чирчик колеблются от 0 до 464 мг/л, чаще всего от 0,2 до 320 мг/л. Наблюдается следующая закономерность распределения этого компонента загрязнения по установленным створам: в Искандерском створе содержание ионов аммония колеблется от 0 до 0,01 мг/л. Повышенные концентрации ионов аммония отмечаются в Чирчикском створе от 146 мг/л до 320 мг/л, в Троицком створе до 4,8 мг/л, в Кибрайском до 5,76 мг/л. В остальных створах содержание ионов аммония не превышает 1,5 мг/л. Распределение концентраций ионов аммония в пределах долины р. Чирчик показано на черт. 1. Как видно из графика содержание этого компонента в грунтовых водах не претерпевает существенных изменений в разрезе сезона и находится в течение всего года примерно на одном уровне. Отмечанные концентрации ионов аммония в 1-1600 раз выше фонового и в 640 раз выше нормы (0,5 мг/л).

Нитриты в грунтовых водах долины р. Чирчик колеблются в основном от 0 до 0,5 мг/л, исключением является Чирчикский створ, где содержание нитритов достигает 127 мг/л. Повышенная концентрация нитритов в этом створе обусловлена загрязнением грунтовых вод промышленными стоками Чирчикского электрохимического комбината. В незначитель-

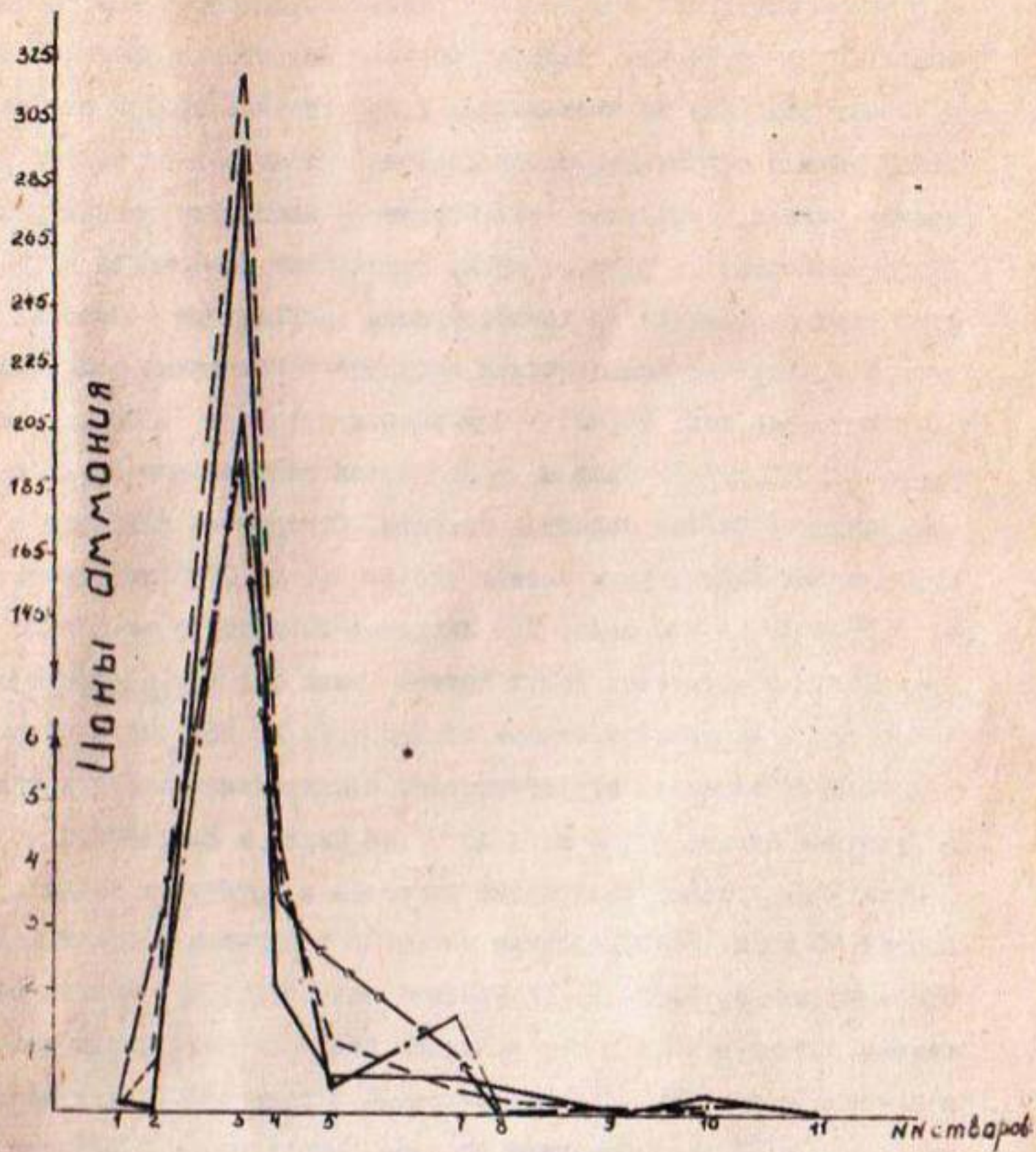


Рис. I Содержание ионов аммония в грунтовых водах долины р. Чирчик. 1965 г.

ных количествах нитриты распространены повсеместно в грунтовых водах долины р.Чирчик. Распространение нитритов в пределах долины р.Чирчик показано на чертеже Рис. 2.Приведенный график отображает относительно стабильное распределение нитритов в грунтовых водах долины реки и показывает незначительное изменение концентраций этого компонента в разрезе года. Отмечанные содержания нитритов указывают на наличие прогрессирующего загрязнения грунтовых вод долины р. Чирчик. Концентрации нитритов в грунтовых водах долины реки в 55 раз выше нормы, в Чирчикском створе в 14000 раз выше нормы (0,009 мг/л). Третьим компонентом загрязнения грунтовых вод долины р.Чирчик являются нитраты. Содержание нитратов в грунтовых водах долины реки колеблется от 3,1 до 2800 мг/л,чаще всего от 6,23 мг/л до 590 мг/л. Для нитратов характерно следующее распределение в грунтовых водах долины реки : в Искандерском створе 5-9 мг/л; в Чирчикском створе от 505 мг/л до 2800 мг/л (в непосредственной близости от Чирчикского электрохимического комбината); в Троицком створе от 63 мг/л до 97,46 мг/л; в Кибрайском до 74мг/л. В остальных створах содержание нитратов в грунтовых водах не превышает 40 мг/л. Распределение нитратов в грунтовых водах долины показано на чертеже 3. На графике ясно видно, что концентрации нитратов в грунтовых водах р.Чирчик почти не подвержены изменениям в разрезе года. Концентрации нитратов в грунтовых водах долины реки Чирчик в 65 раз превышают фоновые содержания и в 62 раза выше нормы (45 мг/л).

На основании полученных результатов были составлены схемы загрязнения грунтовых вод долины р.Чирчик ионами аммония, нитритами, нитратами. Из описанных выше основных компонентов загрязнения грунтовых вод наибольшую опасность для здоровья человека и животных представляют нитраты, которые нормируются по санитарно-токсикологическому показателю (6,7).

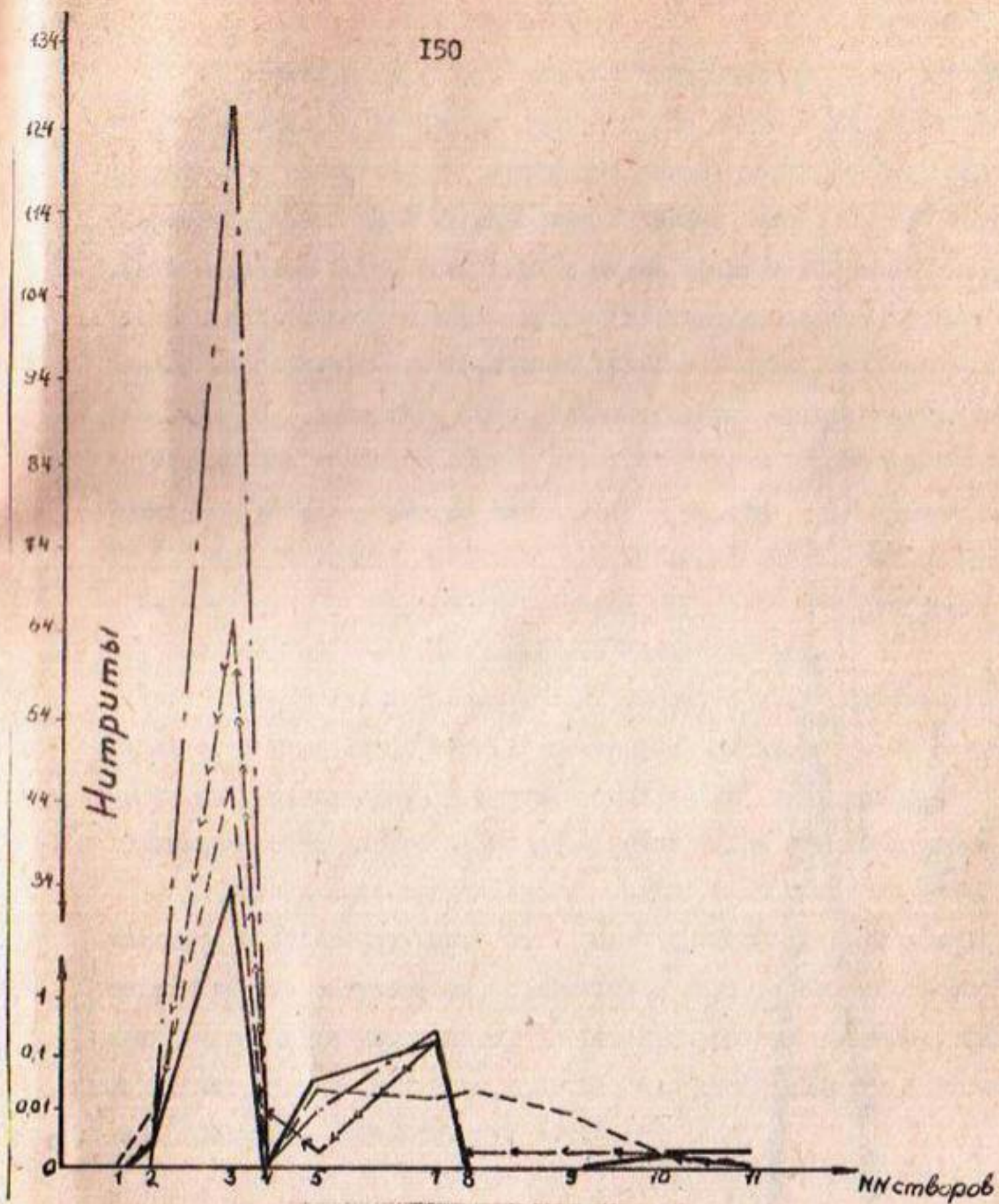


Рис.2 Содержание нитритов в грунтовых водах долины
р.Чирчик.1965 г.

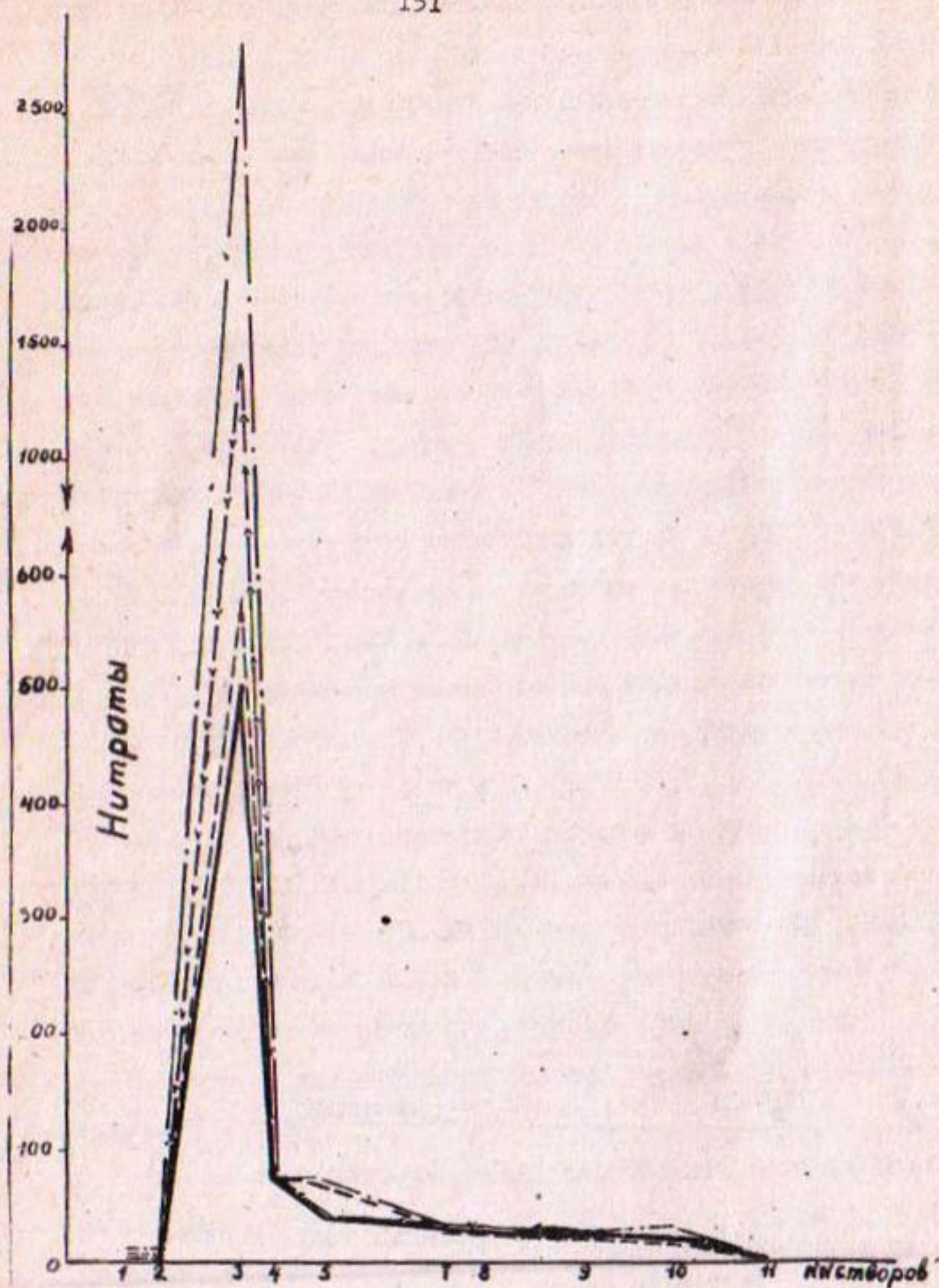


Рис.3 Содержание нитратов в грунтовых водах долины
р.Чирчик, 1965г.

Нитраты в грунтовых водах в естественных условиях очень устойчивы. Очистка грунтовых вод от этого компонента загрязнения сопряжена с известными трудностями. Исследования, проведенные советскими, чешскими и английскими медиками показали, что содержание нитратов в грунтовых водах свыше 45 мг/л приводит к нарушению окислительной функции крови (метгемоглобинемии) у детей и влияет на сердечно-сосудистую деятельность организма человека и животных (6). В связи с этим наиболее полно картину загрязнения грунтовых вод долины р. Чирчик отражает "Схема загрязнения грунтовых вод долины р. Чирчик нитратами" — чертеж 4. Полученные результаты позволили выделить, как видно из схемы, четыре зоны в зависимости от степени загрязнения грунтовых вод нитратами. Описание зон дается сверху вниз по долине р. Чирчик.

Первая зона протяженностью около 18 км с содержанием нитратов от 5 мг/л до 10 мг/л. Концентрация нитратов в этой зоне не превышает естественные — фоновые содержания этого компонента в грунтовых водах долины р. Чирчик и находится в пределах нормы.

Вторая зона протяженностью около 6 км имеет концентрацию нитратов в грунтовых водах от 70 мг/л до 2800 мг/л. Это зона максимального загрязнения, примыкающая непосредственно к источнику загрязнения Чирчикскому Электрохимическому комбинату. Содержание нитратов в этой зоне в 8—311 раз выше фонового и 1,6—62 раза превышает установленную норму (45 мг/л).

Третья зона с концентрацией нитратов в грунтовых водах от 40 мг/л до 70 мг/л протягивается почти на 30 км. В эту зону входит территория Кибрайского водозабора одного из основных источников водоснабжения города Ташкента. Содержание нитратов в этой зоне в 4—8 раз выше фонового и в 1,6 раз выше нормы.

Выделенные зоны загрязнения грунтовых вод долины р.

Чирчик не стабильны границы и очертания зон постоянно изменяются. Происходит увеличение концентрации нитратов в грунтовых водах долины р. Чирчик и соответственно повышается степень загрязнения последних.

Грунтовые воды долины реки являются основой водоснабжения ряда населенных пунктов таких как г.Ташкент, г.Чирчик, г.Янгй-Оль и др. Наличие нитратов и других компонентов загрязнения в грунтовых водах долины р.Чирчик представляет серьезную опасность для здоровья людей.

Для скорейшего разрешения создавшегося положения должны быть приняты меры по недопущению сброса неочищенных промстоков Чирчикским электрохимическим комбинатом и комбинатом тугоплавких и жаропрочных металлов. На основании вышеизложенного можно заключить следующее:

1.Основным источником загрязнения грунтовых вод долины р.Чирчик являются промстоки Чирчикского электрохимического комбината и комбината тугоплавких и жаропрочных металлов, содержащие в больших количествах соединения азота.

2.Степень загрязнения подземных вод долины р.Чирчик ионами аммония, нитратами, нитритами увеличивается с каждым годом

3.Содержание нитратов (до 80 мг/л) в скважинах Кибрайского водозабора является недопустимым для питьевых вод.

Для предотвращения загрязнения подземного потока бассейна р.Чирчик отдел охраны вод САНИИРИ рекомендует провести следующие мероприятия:

1.Ввести оборотную систему водоснабжения на Чирчикском электрохимическом комбинате и комбинате Тугоплавких и жаропрочных металлов.

2. Отвести промышленные и хозяйственно-бытовые стоки долины по Главному междоуездному коллектору в р. Сыр-Дарья. Сброс стоков в Сыр-Дарья осуществить после их полной биологической и механической очистки.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Гидрометеиздат, Ленинград, 1953.
2. Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод для целей крупного водоснабжения. Издательство МГУ, 1965.
2. Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Стройиздат, Москва, 1964.
3. Кульский Л.А. Основы физико-химических методов обработки воды. Издательство МХИ РСФСР, Москва, 1962.
5. Охрана и использование подземных вод. Научные труды. Выпуск XXII. Отдел научно-технической информации. Москва, 1964. Ленинград
6. Журнал Гигиена и санитария № 2 . 1966. Медгиз ,Москва.
7. Журнал Гигиена и санитария № 3 1958. Медгиз ,Москва.
8. Журнал Гигиена и санитария № 2 Медгиз, Москва, 1961.

Э.В.ШАРЕР, О.П.БАЛЯСНИКОВ.

К вопросу водоснабжения Курук-Келесского
массива

Представленная работа является кратким изложением результатов исследований, проведенных сотрудниками отдела водоснабжения и охраны водных источников САНИИРИ в 1964г.

К северу и северу-западу от города Ташкента расположен Курук-Келесский массив. На его территории находится целый ряд колхозов и совхозов, являющихся одной из основных баз, снабжающих город Ташкент овощами и фруктами. В административном отношении эта территория входит в Янгйульский и Калининский районы Ташкентской области.

Рассматриваемая территория населена неравномерно: наиболее густо — восточная и северная части, менее — западная и юго-западная. По рельефу район представляет собой слабопокатную равнину, имеющую общий уклон с северо-востока на юго-запад, расчлененную многочисленными суходолами и логами. В морфологическом отношении территория района занимает преимущественно IV-V пролювиальные террасы реки Чирчик и только на юго-востоке частично захватывает III-ю аллювиально-пролювиальную террасу. Абсолютные отметки поверхности равнины колеблются от 250 м до 500м над уровнем моря.

Гидрографическая сеть представлена системой оросительных каналов и арыков, хорошо развитой на всей площади района за исключением его крайней западной части. Наиболее крупные водотоки — Боз-су, Салар, Каракамыш, Зах, Келес, Ащи-сай.

Климат Курук-Келесского массива степной резко-континентальный, с короткой малоснежной зимой и продолжительным жарким летом.

Гидрогеологические условия описываемого района по отдельным гидрогеологическим элементам следующие. Третья надпойменная терраса

сложена лесовидными суглинками, гравием и галькой.

В отложениях террасы до глубины 65 м. выделено от одного до двух водоносных горизонтов. Первый водоносный горизонт залегает в суглинках и галечниках на глубине от 1,5 до 14 м. Удельный дебит скважин, вскрывших этот горизонт достигает 1.3 л/сек.м, плотный остаток меняется в пределах от 0.5 до 2.2 г/л.

Второй водоносный горизонт залегает в галечниках на глубине 15.8-36 м. Воды данного горизонта напорные, статический уровень устанавливается на глубине 10-11 м. Данный водоносный горизонт приурочен только к южной части массива, примыкающей к р.Сыр-Дарье. В пониженных местах рельефа при вскрытии водоносного горизонта наблюдается самовызлив с расходом до 6.5 л/сек. Удельные дебиты колеблются от 3.6 до 7.4 л/сек.м. Вода данного горизонта пресная с плотным остатком до 1 г/л. Эта вода может быть использована для целей водоснабжения.

Четвертая надпойменная терраса представлена толщей супесей, суглинков с прослоями песка, галечника и гравия. Общая мощность отложений террасы 115 м. Четвертая терраса характеризуется наличием от двух до четырех водоносных горизонтов. Водоносные горизонты приурочены к линзообразным прослоям песка, галечника и гравия, что обуславливает незначительные запасы подземных вод в данных отложениях.

Для целей водоснабжения могут быть использованы воды только второго водоносного горизонта, которые залегают на глубине 121-159 м, имеют статистические уровни 11.2-39.1 м. и удельные дебиты 1.14-7.2 л/сек.м, плотный остаток - от 0.9 до 1,2 г/л.

Воды остальных горизонтов не могут быть использованы из-за незначительных удельных дебитов и большой величины плотного остатка.

Пятая терраса сложена суглинками с линзообразными прослоями песка, гравия и галечника. Воды пятой террасы р. Чирчик из-за малой водообильности и высокой степени минерализации практического интереса не представляют.

На Ишан-Курганской нефтяной структуре вблизи Ташкента на глубинах 867-891 м. вскрыты самоизливающиеся воды с расходами 40-140 л/сек. Воды термальные с температурой 45-50°C пресные с плотным остатком 0.768-0.948 г/л. Вода используется для бальнеологических целей и теплофикации.

В целом для подземных вод описываемого района характерна следующая закономерность. Наиболее соленые воды приурочены к верхним водонасосным горизонтам, с увеличением глубины залегания водоносных горизонтов величина минерализации подземных вод уменьшается.

В площадном отношении все горизонты подземных вод содержат наименее соленые воды на участках, тяготеющих к реке Чирчик. Общий уклон пьезометрической поверхности подземных вод Курук-Келесского массива имеет юго-западное направление и определяется величинами от 0.0007 до 0.006. Питание водоносных горизонтов, приуроченных к отложениям нанайского, ташкентского, сырдарьинского и голодностепского комплексов, осуществляется за счет притока надземных вод со стороны Чаткало-Кураминского горного массива, фильтрации атмосферных и поверхностных вод по рыхлым отложениям речной долины.

В настоящее время снабжение питьевой водой населения Курук-Келесского массива осуществляется из поверхностных источников, приводной водой и в отдельных местах - подземными водами.

В колхозе им. Кирова построен водопровод, использующий воду канала Зах. В совхозе "Ташкент" население использует воду канала

Зах, а в отдаленные от канала поселки вода привозится. В центральных усадьбах совхозов "Боз-Су" и Назар-бек" пробурены скважины, которые используются для водоснабжения. Вода скважины, пробуренной в совхозе "Назарбек" не пригодна для питья из-за повышенной минерализации.

По результатам обследования Курук-Келесского массива были рассмотрены следующие направления решения вопросов водоснабжения населенных пунктов массива:

1. Путем использования пресных подземных вод на территории массива.
2. На базе поверхностных вод из каналов Зах, Боз-су и т.д., протекающих по территории массива.
3. Путем использования обессоленных подземных вод из скважин, расположенных на Курук-Келесском массиве.
4. Использование пресных подземных вод, подводимых извне массива.
5. Использование пресных поверхностных вод, подводимых извне массива.

Повышенная степень минерализации и наличие сероводорода характерны для большинства скважин, пробуренных на территории Курук-Келесского массива. Так, из 40 скважин, обследованных сотрудниками отдела водоснабжения САНИИРИ, только 12 имеют воду, пригодную для водоснабжения. Из этих 12 скважин шесть имеют дебит свыше 1 л/сек.м. и сосредоточены в южной части массива. Остальные шесть имеют удельный дебит 0.03-0.8 л/сек.м. и сильно разбросаны по площади массива.

Вода в большинстве скважин Калининского района имеет сухой остаток 1400-5300 мг/л, Янгильского района - 1200-4200 мг/л.

Таким образом, малое количество скважин, пригодных для водо-

снабжения, малые удельные дебиты и неравномерное распределение их по площади массива показывают нецелесообразность использования этих скважин для решения вопросов водоснабжения массива в целом. Единичные скважины могут быть использованы для водоснабжения отдельных поселков.

Вода большинства поверхностных источников, расположенных на территории массива не отвечает требованиям ГОСТ-2761-57 из-за высокой степени минерализации. Так, вода Верхне-Ташкентского канала имеет плотный остаток 1908 мг/л., жесткость - 14,7 мг.экв/л, количество сульфатов - 992 мг/л., вода аррыка Каракамыш имеет жесткость 12 мг.экв/л и количество сульфатов - 693.2 мг/л. Кроме того, в каналах велико бактериологическое загрязнение. Таким образом, и поверхностные источники, расположенные на территории Курук-Келесского массива не могут быть использованы для крупного централизованного водоснабжения массива.

Из всего вышеизложенного следует, что на территории Курук-Келесского массива ни подземных, ни поверхностных вод, пригодных для целей крупного централизованного водоснабжения нет.

Использование опреснительных установок не может быть рекомендовано из-за их низкой производительности и высокой стоимости. Так, установка, разработанная НИИХИМ АН КазССР имеет производительность 120-200 м³/сут. и обессоливает воду с содержанием солей от 5000 мг/л до 1000 мг/л. НИИПМ /Москва/ разработана установка ЭОУ-НИИПМ-12 производительностью 16 м³/сут. Стоимость первых экземпляров составляет соответственно 82000 руб. и 7000 руб. Кроме того, для их обслуживания необходим квалифицированный персонал.

Таким образом, водоснабжение Курук-Келесского массива может быть обеспечено только за счет источников, находящихся за пределами массива.

В настоящее время на территории Курук-Келесского массива расположено большое число колхозных и совхозных населенных пунктов, с общей численностью населения около 200000 человек, которые очень плохо обеспечены питьевой водой. Для нормальной деятельности этих колхозов и совхозов необходимо устройство четко налаженной системы водоснабжения, которая обеспечила бы полностью потребность в воде всех звеньев сельскохозяйственного производства. Все населенные пункты Курук-Келесского массива по схеме районной планировки, разработанной Узгипроземом, разделены на две категории:

а/ Перспективные, в которых будет сосредотачиваться все население района с застройкой 2 и 3-х этажными зданиями, требующие оборудования водопроводом и канализацией.

Число этих поселков составляет 49.

б/ Неперспективные - мелкие разрозненные населенные пункты, население которых подлежит постепенному переселению в перспективные пункты. Водоснабжение таких населенных пунктов предусматривается из колодцев или путем подвоза воды на автомашинах, т.к. строительство водопроводной сети в них считается нерациональным. Одним из основных вопросов в выборе схемы водоснабжения Курук-Келесского массива является расчет норм водопотребления. При расчете норм водопотребления было принято:

1. Полив зеленых насаждений, парков и садов в пределах населенных пунктов будет преимущественно осуществлен поверхностными водами и поэтому в нормы водопотребления не входит.

2. Полив улиц и площадей предусматривается осуществлять водопроводной водой при норме 4 л/сут. на 1 м^2 площади /СНиПч.П ГИ-62/ или 160 л/сут. на человека.

Для населенных пунктов Курук-Келесского массива приняты следующие нормы водопотребления:

1965г. - 60л/сут. на I человека

1970г. - 150 л/сут. на I человека

1980г. - 560 л/сут. на I чел. в центральных населенных пунктах.

1980г. - 410 л/сут. на I чел в вспомогательных населенных пунктах.

Нормы водопотребления для животноводства были приняты следующие:

1. Для крупного рогатого скота - 150 л/сут.

2. Для свиней - 50 л/сут.

3. Для птиц:

а/ куры - 0.5 л/сут

б/ утки - 1,25 л/сут.

4. Для лошадей - 60 л/сут.

Водопотребление на хозяйственные бытовые нужды по массиву при поливе улиц и площадей из каналов составит:

на 1965г. - 10231м³/сут.

на 1970г. - 25577м³/сут.

на 1980г. - 56229м³/сут.

При поливе улиц и площадей водопроводной водой водопотребление на 1980г. составит 80500 м³/сут.

Водопотребление животноводства в 1980г. составит на массиве - 13942 м³/сут.

Общее водопотребление массива в 1980г. при поливе улиц и площадей из каналов составит 70171 м³/сут. при поливе водопроводной водой - 94440м³/сут. или 1.1 м³/сут.

Как указывалось выше водоснабжение Курук-Келесского массива может быть обеспечено за счет источников, находящихся вне территории массива.

Подсчитанное количество воды $/I.I \text{ м}^3/\text{сек.}/$ может быть получено как из поверхностных, так и из подземных источников, расположенных вне территории массива. В качестве поверхностного источника может использоваться Кадырьинский узел г.Ташкента при его некотором расширении, а в качестве подземных источников — мощные водовмещающие галечниковые отложения I и II террас долины реки Чирчик.

На основании вышеизложенного рассматриваются два варианта схемы централизованного водоснабжения.

По первому варианту предусматривается строительство одного крупного водозабора, использующего поверхностную воду, магистрали и разводящих сетей. Предполагается, что этот водозабор будет общим для г.Ташкента и для населенных пунктов Курук-Келесского массива /Кадырьинский узел/.

По второму варианту предусматривается строительство четырех водозаборов средней величины, магистралей и разводящих сетей /рис.I/. При этом один из них будет общим с городом Ташкент /Кадырьинский узел/, а три других будут использовать подземные воды.

Магистральный и другие водоводы рассчитываются на среднесуточные расходы. Неравномерность водопотребления покрывается при помощи водонапорных башен и регулирующих емкостей с автоматическими насосными станциями. Эти системы строятся в каждом из 49 перспективных поселков массива.

Для упрощения расчетов принято, что населенные пункты по площади массива расположены равномерно, и, поэтому, расход по длине магистрального водовода убывает равномерно / на 100 л/сек на каждые $7 \text{ км. длины}/$, все магистральные водоводы — стальные, разводящая сеть — из асбестоцементных труб ВНД-10.

Водопотребление всех населенных пунктов Курук-Келесского

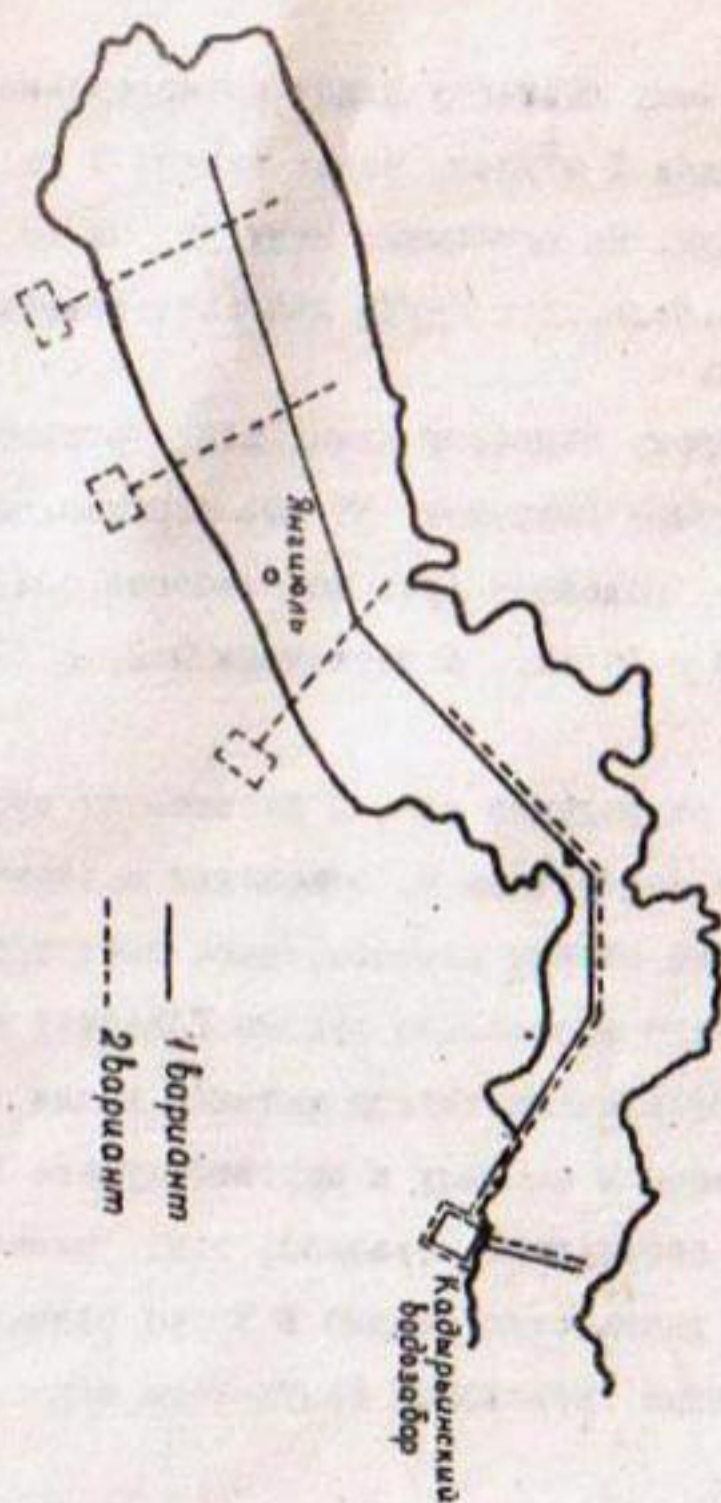


Рис. 1 Схема организации водоснабжения Курук-келесского массива.

массива составляет $1.1 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Расчет магистрального водовода ведется на подачу $1 \text{ м}^3/\text{сек.}$, т.к. население северо-восточной части массива будет обеспечиваться водой по дополнительному трубопроводу.

По первому варианту длина магистрального водовода равна 72 км. и расход $1 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Через каждые 7 км. из него отбирается 100 л/сек. воды. На основании этих данных по методу профессора Н.А.Абрамова подобраны трубы для соответствующих участков трубопровода.

По второму варианту длина магистрального водовода Кадарьинского водозабора составит 35 км. с расходом по нему $0.54 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Магистральные водоводы трех водозаборов подземных вод будут иметь длину 10, 13 и 14 км. с расходами 0.2, 0.15 и $0.13 \text{ м}^3/\text{сек.}$ соответственно.

Длина разводящей сети в населенных пунктах Курук-Келесского массива была подсчитана на основании материалов по схеме водоснабжения Голодной степи, разработанной институтом "Средазгипроводхоз". Для этого населенные пункты Голодной степи были разбиты на группы с определенным числом жителей и для каждой группы подсчитаны подачи воды в систему и соответствующие длины разводящей сети.

Такое обобщение возможно, т.к. рассматриваемые территории расположены достаточно близко и имеют одинаковые климатические и хозяйственные условия. Результаты обработки приведены в таблице.

Длина разводящей сети для населенных пунктов Голодной степи в зависимости от величины населенного пункта.

№ пп	Количество потребителей	Расчетные расходы воды в л/сек.	Длина разводящей сети в км.
I.	до 500	-	1,5 - 2,8

Продолжение таблицы

№ пп	Количество потребителей	Расчетные расходы воды в л/сек	Длина разводящей сети в км
2.	500-1000	2.55-4.75	2.0 - 4.5
3.	1000-1500	4.75-7	3.4 - 6.8
4.	1500-2000	7 - 13	5.9
5.	2000-5000	13 - 32	7 - 15
6.	5000-10000	32 - 65	10 - 20
7.	свыше 10000	свыше 65	свыше 20

В большинстве перспективных населенных пунктов Курук - Келесского массива количество жителей колеблется от 1000 до 2000 человек. Для населенных пунктов с таким количеством жителей длина разводящей сети колеблется от 3.4 до 9 км., что в среднем составит 6.2 км. Длина 6.2 км. принимается при дальнейших расчетах.

Под этой цифрой будет пониматься 2 км. труб диаметром 200мм, 2 км. труб диаметром 150 мм и 2.2 км. труб диаметром 100 мм. Кроме того, 100 км. стальных магистральных трубопроводов II-го порядка диаметром 250 мм. для подключения населенных пунктов к магистралям используются в обоих вариантах.

Окончательный выбор из рассмотренных выше вариантов может быть произведен только после более детальной проработки и технико-экономического сравнения вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Н.Н., Пospelова М.М. Расчет водопроводных сетей. Госстройиздат. Москва, 1962.
2. Абрамов Н.Н. Передача воды на дальние расстояния. Госстройиздат. Москва, 1963.

3. Сборник 4 укрупненных показателей стоимости водохозяйственных сооружений для переоценки основных фондов. Госстройиздат. Москва, 1961.
4. Справочник по специальным работам. Проектирование и сооружение скважин для водоснабжения. Госстройиздат. Москва. 1960.
5. Драчев С.М. Приемы санитарного изучения водоемов. Издгиз. Москва, 1960.
6. Материалы по производительным силам Узбекистана. Выпуск 15. изд. АН УзССР, Ташкент, 1960.
7. Федоров В.С. Справочник по водоснабжению и канализации. Ленинград-Москва, 1959. Госстройиздат.