

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК

20

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“ УЗБЕКСКОЙ ССР

СССР ГОСЗЕМВОДХОЗИ ҲУЗУРИДАГИ
ЎРТА ОСИЁ ПАХТАЧИЛИК ДАВЛАТ КОМИТЕТИ

ЎРТА ОСИЁ СУВ ПРОБЛЕМАЛАРИ ВА ГИДРОТЕХНИКА
ИЛМИЙ ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ

ГИДРОТЕХНИКА МАСАЛАЛАРИ

20-КИТОБ

СУВ РЕСУРСЛАРИ

ЎЗБЕКИСТОН ССР „ФАН“ НАШРИЁТИ

ТОШКЕНТ • 1964

ГОСКОМИТЕТ ПО ХЛОПКОВОДСТВУ СРЕДНЕЙ АЗИИ
ПРИ ГОСЗЕМВОДХОЗЕ СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ И ГИДРОТЕХНИКИ

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК 20

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“ УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТ • 1964

В сборнике изложены результаты натурных исследований по использованию водозоэнергетических ресурсов рек Средней Азии; даны рекомендации по повышению точности учета стока воды; обобщены геологические и гидрогеологические данные для обоснования проекта Чарвакского гидроузла; уточнены максимальные расходы рек Средней Азии, описана методика исследований, расчетов и количественная характеристика испарений.

В работе приведены расчетные величины селей и данные о средних значениях и изменчивости паводков на Сыр-Дарье и Аму-Дарье. Исследованы вопросы по охране водотоков от загрязнения промышленными стоками г. Ташкента; предложен выбор насосного оборудования, используемого для подземного водоснабжения.

Книга предназначена для научных работников, проектировщиков проектных и эксплуатационных организаций, преподавателей и студентов гидрогеологической и гидротехнической специальностей.

Редакционная коллегия

З. Х. ХУСАН-ХОДЖАЕВ (отв. редактор), С. Г. ЗАПРОМЕТОВ, А. А. РАЧИНСКИЙ, Х. А. АСКАРОВ, А. М. МУХАМЕДОВ, У. Ю. ПУЛАТОВ, И. И. ГОРОШКОВ, Б. Е. МИЛЬКИС, М. В. БУТЫРИН, Г. Г. ВАЛЕНТИНИ.

Ф. Э. РУБИНОВА

К ВОПРОСУ РАСЧЕТОВ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Все элементы паводкового стока в значительной степени определяются высотой водосборов, представляющей косвенную характеристику природных факторов, присущих той или иной высотной зоне. Это обстоятельство позволило получить простые, практически применимые способы расчетов элементов паводков в неизученных створах рек бассейна Аму-Дарьи и частично Сыр-Дарьи [1—3].

Гидрометрический материал, накопленный в последние годы, позволил уточнить разработанные ранее способы расчетов. В качестве исходных данных мы использовали гидрометрические материалы по 149 створам* рек названных выше бассейнов (без Нарына).

О продолжительности наблюдений за стоком на реках исследуемого района можно судить по следующим данным:

Длительность ряда (лет)	Число створов, % от общего числа
20	54
19—15	3,5
14—10	19
9—5	20
<5	3,5

В 54% случаев мы располагаем более чем двадцатилетними рядами наблюдений и в 76,5% более чем десятилетними.

Исследования показали, что для определения с необходимой точностью средних многолетних дат начала, конца и продолжительности паводков даже на низкорасположенных водосборах с повышенной изменчивостью из года в год границ паводков вполне достаточно десятилетних рядов. Поэтому данные десятилетних наблюдений мы принимали в качестве средних без поправок, а в средние величины, полученные по более коротким периодам наблюдений, вводили соответствующие поправки.

При анализе паводка особенно важно выделение его начала и конца. Большинство авторов границы паводков выделяет на основании анализа формы гидрографа [4—6]. Такой метод в некоторой степени субъективен.

* Из них 29 створов замыкают площади водосборов менее 100 км² и не учитываются при построении зависимостей.

Применение наиболее объективного метода, разработанного З. В. Джорджио [7], ограничивается отсутствием многосрочных наблюдений за уровнем в начале и конце паводков и за ходом сезонной снеговой линии.

Оригинальный метод определения границ паводков по ходу мутности воды в реке, предложенный в последнее время О. П. Щегловой [8], также не может широко применяться ввиду ограниченности наблюдений за твердым стоком. Кроме того, использование такого метода требует, как указывает этот автор, тщательного анализа генезиса мутности, что обусловлено бассейновым происхождением наносов, в то время как на реках увеличение мутности может быть вызвано некоторыми местными причинами. Увеличение мутности наблюдается в любое время года и не всегда соответствует началу паводка. Метод Щегловой тоже не лишен субъективности, поскольку границы паводков определяются по гидрографу на глаз.

Река	Створ	Начало паводка (декада) по			Конец паводка (декада) по		
		З. В. Джорджио	О. П. Щегловой	Ф. Э. Рубиновой	З. В. Джорджио	по О. П. Щегловой	по Ф. Э. Рубиновой
Зеравшан	Дупули	2.IV	—	2.IV	2. X	—	3. X
Каратаг	Каратаг	1.III	—	1.III	3.IX	—	2.IX
Тупаланг	Зарчуб	3. II	—	3. II	2.IX	—	3.IX
Сангардак	Кинггузар	3. II	—	3. II	1.VIII	—	2.VIII
Аксу	Хазарнау	1.III	3. II	1—2.III	3.IX	2.IX	2—3.IX
Гузардарья	Яртепе	1—2.III	3. II	1.III	1—3.VII	3.VII	1—2.VII
Кашкадарья	Варганзи	3. II	—	2. II	3.VI	—	3.VI
Яккабаг	Татар	—	1.III	2.III	—	3.VII	2.IX
Ангрен	Турк	1.III	1.III	3. II	3.VIII	1.IX	1.VIII
Чирчик	Ходжикент	3.III	1.III	2.III	3.IX	2.IX	3.IX
Сох	Сарыканда	—	1.IV	3.IV	1. X	1. X	2. X
Ходжабакирган	Кызылтауга	—	2.IV	3.IV	—	3.IX	3.IX
Вахш	Сарбант	3.III	—	3.III	2. X	—	2. X
Гунт	Хорог	2.IV	—	2.IV	1. X	—	1. X
Шахдара	Хабоз	2.IV	—	2.IV	3.IX	—	1. X

При исследовании паводков нами выбран наиболее распространенный и простой способ нахождения границ паводков по интенсивности подъема и спада воды в реках. Все попытки уменьшить степень субъективности такого определения границ паводков не дали положительного результата. Было выяснено, что нельзя получить единого критерия начала и конца паводков по интенсивности подъема и спада для рек с различным гипсометрическим, морфометрическим, геологическим строением даже для одной реки в разные годы вследствие большого своеобразия процесса снеготаяния и формирования паводков. Поэтому, сравнив полученные результаты с данными З. В. Джорджио и О. П. Щегловой (таблица), мы остановились на общепринятом методе выделения границ паводков по гидрографу.

Если принять за основу метод З. В. Джорджио как наиболее физически обоснованный и объективный, то видно, что отклонения среднемноголетних дат границ паводков, как правило, не превышают одной декады.

Влияние главных факторов, определяющих начало, конец и продолжительность паводков, можно выразить гипсометрией водосбора. Воздействие высоты водосбора заключается в изменении метеороло-

гических условий формирования талого стока. С ростом высоты время установления положительных температур воздуха смещается на более поздние сроки, уменьшается их сумма и продолжительность теплого периода, возрастают снегозапасы. В результате даты начала и конца паводков смещаются на более поздние сроки, увеличивается до известного предела, а затем уменьшается их продолжительность [1].

Кроме абсолютной высоты водосбора, на конец и продолжительность паводков влияет диапазон высот в пределах водосбора, обуславливающий неравномерность поступления талых вод на его поверхность. Чем больше диапазон высот в пределах водосбора, тем значительнее (при прочих равных условиях) разрыв между началом и концом снеготаяния, а следовательно, и продолжительность паводкового стока.

Предварительный анализ показал, что наиболее приемлемыми и простыми гипсометрическими характеристиками водосборов являются средневзвешенная высота ($H_{ср}$) и показатель распределения высот на водосборе (σ_H) [3]. Поэтому при разработке способов расчета дат начала, конца и продолжительности паводков в неизученных створах рек Средней Азии в качестве расчетных параметров мы приняли $H_{ср}$ σ_H водосборов.

Начало паводков на водосборе, наряду со временем установления положительных температур (косвенно характеризующим средневзвешенной высотой водосбора), в значительной степени определяется высотой сезонной снеговой линии к началу снеготаяния. Естественно, что в хорошо увлажняемых бассейнах, находящихся на периферии горных систем и благоприятно ориентированных к главному направлению переноса влагоносных воздушных масс, сезонная снеговая линия расположена ниже.

Поскольку в период снегонакопления основными путями переноса влажных воздушных масс являются юго-западные, юг-юго-западные и южные направления, то наиболее низкое положение сезонной снеговой линии следует ожидать на южном склоне Гиссарского, юго-западных склонах Ферганского и Таласского хребтов и наиболее высокое — на северных склонах Туркестанского, Алайского хребтов и Памира.

По характеру увлажнения водосборов и степени их доступности влажным воздушным массам вся исследуемая территория разделена на шесть районов:

- 1) юго-западный склон Таласского и северо-восточный Чаткальского и Кураминского хребтов;
- 2) южные склоны Кураминского и Чаткальского и юго-западный склон Ферганского хребтов;
- 3) северные и южные склоны Туркестанского, Алайского и Зеравшанского хребтов и северный склон Гиссарского хребта;
- 4) южные склоны Гиссарского и Алайского хребтов;
- 5) Памир;
- 6) юго-западный склон Зеравшанского и северо-восточный Гиссарского хребтов (рис. 1).

Для каждого из этих районов получена зависимость $T_{H_0} = f(H_{ср})$. Из рис. 1, на котором совмещены эти зависимости, видно, что наиболее ранние паводки присущи рекам, берущим начало на южном склоне Гиссарского хребта, и часть рек (до $H_{ср} < 2100$ м) первого района. Более поздние паводки характерны для рек, стекающих с север-

ных склонов Туркестанского и Алайского хребтов (район 3). Другие районы занимают промежуточное положение.

Зависимости $T_{H_0} = f(H_{cp})$ носят эмпирический характер, в них учитывается лишь одна группа факторов, определяющих начало паводков, — зональные. Попытки учесть влияние аazonальных факторов, предпринятые ранее [3] и в настоящее время, не дали положительных результатов. Между тем влияние аazonальных факторов, особенно геологического и геоморфологического строения водосборов, в некоторых случаях очень велико. Например, в бассейнах рек Шахмардан, Аксу, Ходжабакирган сильно распространены известняки и другие водопроницаемые породы (геологические индексы 0,28—0,34)*, которые обуславливают запаздывание начала паводков на этих реках по сравнению с другими реками рассматриваемого района на 20—25 суток. Однако такие случаи встречаются довольно редко.

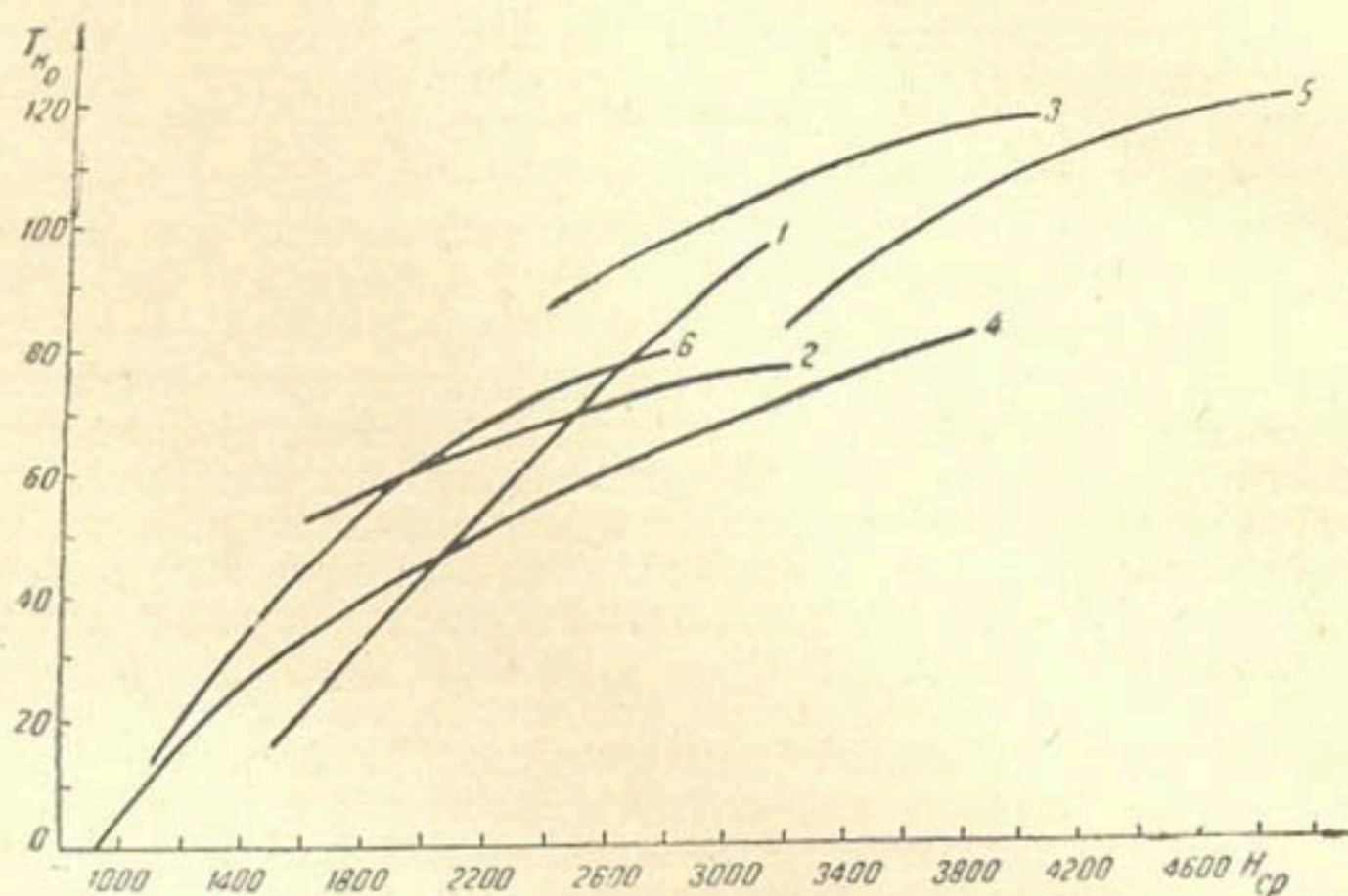


Рис. 1. Зависимости дат начала паводков от H_{cp} (обозначение кривых см. в тексте — районы 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Сопоставление дат начала паводков, вычисленных по кривым $T_{H_0} = f(H_{cp})$, с фактическими показало, что среднеарифметическое отклонение составляет 5, а максимальное — 26 суток. Наименьшие отклонения характерны для 4-го и 5-го районов; наибольшие — для 6-го района.

В 88% случаев отклонения вычисленных дат начала паводков от фактических не превышают 10, в 93% — 15 и лишь в 7% случаев — 20 суток.

* Геологический индекс определяется по формуле

$$K = \frac{0,5\omega_1 + 0,1\omega_2 + 0,01\omega_3}{100\%},$$

где K — геологический индекс;

- ω_1 — площадь, занятая наиболее водообильными породами (известняки, песчаники)
- ω_2 — площадь, занятая менее водообильными породами (интрузивы, эффузивы);
- ω_3 — площадь, занятая наименее водообильными породами — сланцы (K обычно меняется в пределах 0,10—0,16).

С ростом высоты водосборов увеличиваются снегозапасы, смещается на более поздний срок время установления положительных температур, уменьшается сумма последних. Поэтому смещаются на более поздние сроки даты конца паводков (рис. 2).

Наиболее интенсивная сдвигка дат конца паводка в зависимости от роста высоты наблюдается на водосборах со средневзвешенной высотой до 2600—2800 м (6,5—7 суток на 100 м), далее градиенты заметно уменьшаются. В пределах средневзвешенных высот 3000—4000 м конец паводков практически постоянен, а затем отмечается медленное смещение дат конца паводка с ростом высоты на более ранние сроки, вызванное более ранним наступлением периода отрицательных температур.

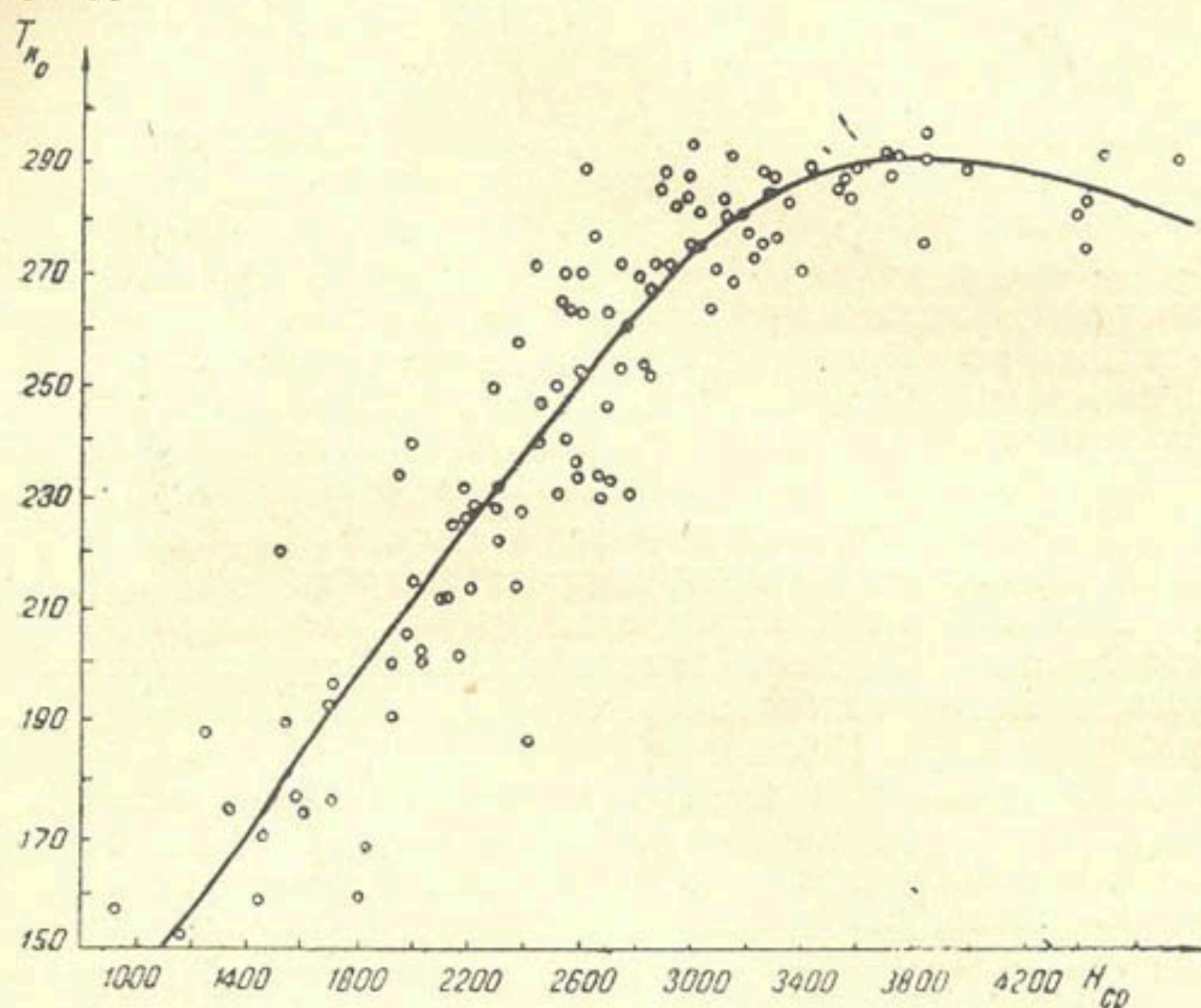


Рис. 2. Зависимость дат конца паводков от H_{cp} .

По рис. 2 можно судить о значительном отклонении фактических дат концов паводков от средней кривой. Особенно увеличивается рассеивание точек в нижней (до $H_{cp} < 2800$ м) и значительно уменьшается в верхней части кривой ($H_{cp} > 3600$ м).

Последнее обстоятельство объясняется, очевидно, тем, что в верхней части кривой даты конца паводка определяются только временем установления отрицательных температур на стокообразующей части водосбора и не лимитируются величиной снегозапасов. На водосборах с небольшими средневзвешенными высотами конец паводков не зависит от времени установления отрицательных температур, а определяется снегозапасами, которые значительно сильнее варьируют по территории по сравнению с температурами. Наряду с климатическими факторами большое влияние на окончание паводка на водосборе могут оказывать а зональные факторы — геологическое и геоморфологическое строение водосбора, его морфометрия и т. д. Это обстоятельство, безусловно, также способствует рассеиванию точек около кривой

$T_{k_0} = f(H_{cp})$. Среднеарифметическое отклонение равно 12, максимальное — 51 суткам, в 16% случаев отклонения превышают 20 суток.

Для получения расчетных зависимостей $T_{R_0} = f(H_{cp}, \sigma_H)$ вся исследуемая территория по степени доступности влажным воздушным массам разбита на 10 районов:

- 1) юго-западный склон Таласского хребта;
- 2) северо-восточные склоны Чаткальского и Кураминского хребтов;
- 3) южные склоны Кураминского и Чаткальского хребтов;
- 4) юго-западный склон Ферганского хребта;
- 5) северный склон Алайского хребта;
- 6) северный склон Алайского и Туркестанского хребтов;
- 7) южный склон Туркестанского и северный Гиссарского хребтов;
- 8) Памир;
- 9) южные склоны Гиссарского и Алайского хребтов;
- 10) юго-западный склон Зеравшанского и северо-восточный Гиссарского хребтов.

Зависимости $T_{k_0} = f(H_{cp}, \sigma_H)$ показывают на тесную связь дат конца паводка с принятыми гипсометрическими характеристиками бассейнов (на рис. 3 для примера дано несколько зависимостей). Лишь в бассейне Зеравшана связь отсутствует* (район 7).

Сопоставление дат концов паводков, полученных по кривым $T_{k_0} = f(H_{cp})$, с фактическими показало, что среднее отклонение дат (бассейны с $F > 100 \text{ км}^2$) составляет 5 суток, а максимальное — 43. В 85% случаев отклонения не превышают 10 суток.

Продолжительность паводка определяется теми же факторами, что и его границы. С ростом высоты водосборов она сначала резко возрастает, достигая наибольшего значения в диапазоне средневзвешенных высот 2800—3000 м.

Бассейны, расположенные в этом высотном интервале, наиболее благоприятны для формирования паводкового стока. Наибольшая продолжительность паводков обуславливается здесь благоприятным сочетанием больших снегозапасов с достаточной длительностью теплого периода. Далее, с ростом высоты продолжительность паводков сокращается вследствие уменьшения теплого периода.

Продолжительность паводков может быть определена по разности между их концом и началом. Среднее арифметическое отклонение фактической продолжительности паводков от вычисленной составляет 7 суток, максимальное — 43. В 81% случаев отклонения не превышают 10 суток.

Под влиянием колебания из года в год времени установления положительных и отрицательных температур, высоты сезонной снеговой линии, снегозапасов и интенсивности их таяния начало и конец паводков в реальные годы могут значительно отличаться от средних. Амплитуда колебания дат начала и конца паводков варьирует в пределах 20—60 суток. Наибольшие амплитуды наблюдаются в нижних зонах гор; уменьшение их происходит с возрастанием высоты водосборов.

Изменчивость дат начала и конца паводков характеризуется их среднеквадратичными отклонениями. Последние, как правило, лежат в диапазоне 8—16 суток и уменьшаются с ростом высоты.

* Можно считать, что в диапазоне средневзвешенных высот 2600—3700 м паводки в этом бассейне кончаются в среднем 15 октября.

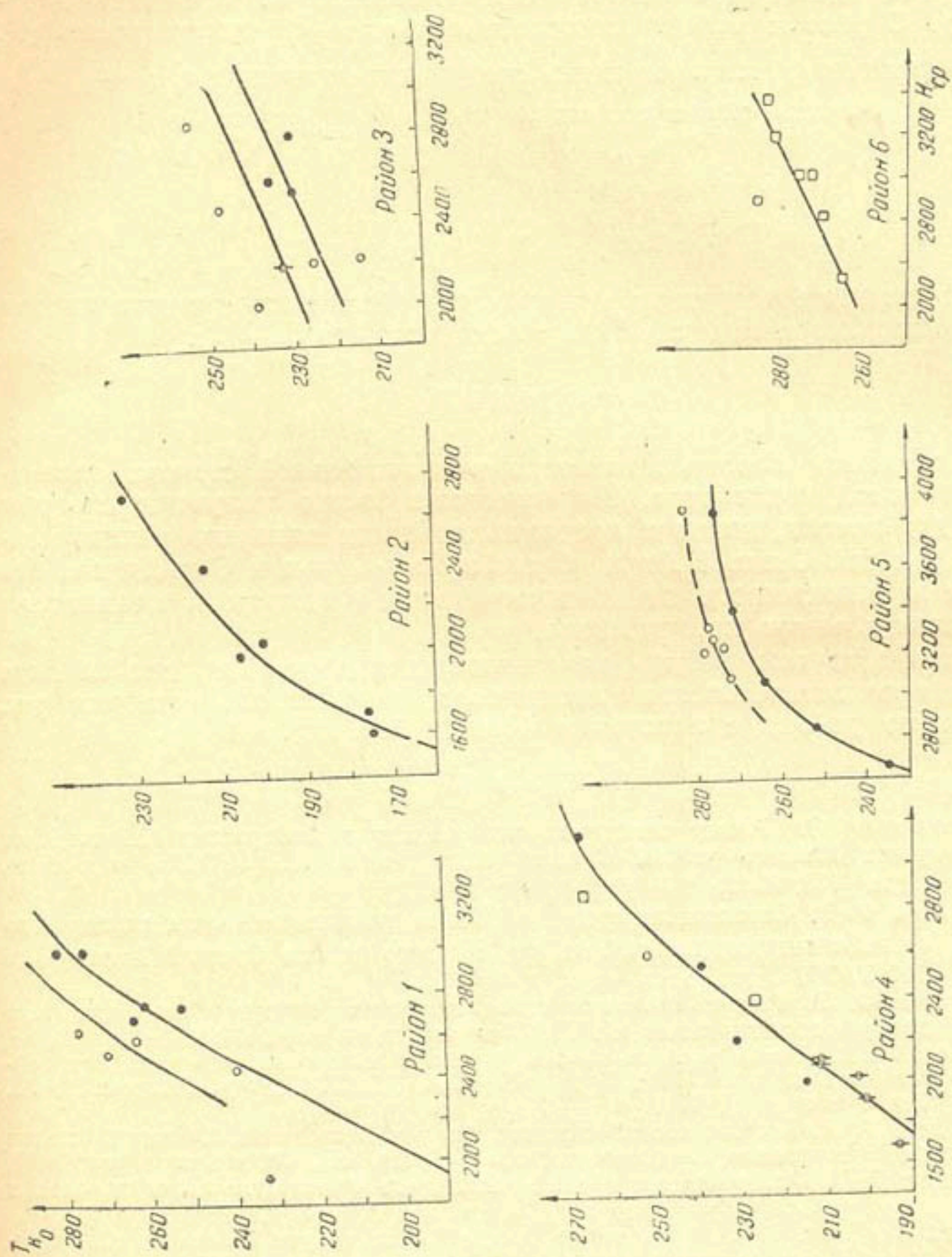


Рис. 3. Зависимости дат конца паводков от H_{cp} и σ_H : $\circ$ — $\sigma \leq 0,5$; $\bullet$ — $\sigma = 0,6$; $\square$ — $\sigma = 0,7$; $\square$ — $\sigma = 0,8$.

Следовательно, для рек с различными значениями $H_{\text{ср}}$ целесообразно рекомендовать такие значения σ_{TH}

Диапазон средневзвешенных высот, м σ_{TH} , сутки

< 2000	13
2000—2500	12
2500—3000	10
> 3000	9

Вариация дат конца паводка сильно зависит от источника питания реки. С ростом доли ледникового питания σ_{TK} уменьшается [9].

Поэтому рекомендуется принимать следующие значения σ_{TK} :

Диапазон средневзвешенных высот, м σ_{TK} , сутки

< 2000	18
2000—2500	15
2500—3000	11
> 3000	6

Сопоставление теоретических кривых обеспеченности дат начала и конца паводков с эмпирическими показало, что $C_s = C_{\phi}$.

ВЫВОДЫ

Все элементы паводкового стока в значительной степени определяются высотой водосборов. На основании этого получены способы расчета дат начала, конца и продолжительности паводков в неизученных створах рек Средней Азии (бассейн Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи, без Нарына) в зависимости от средневзвешенной высоты и показателя распределения высот на водосборе.

Зависимости могут быть использованы для расчета дат начала, конца и продолжительности паводков в неизученных створах рек исследуемого района с площадью больше 100 км².

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинова Ф. Э. Расчет некоторых многолетних характеристик паводков на реках Южного района Средней Азии, «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, 1958, № 2.
2. Рубинова Ф. Э. Определение среднего слоя и продолжительности паводочного стока в неизученных створах рек Южного района Средней Азии, «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, 1960, № 1.
3. Рубинова Ф. Э. Расчет многолетних характеристик паводков на реках Ферганской долины, «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, 1961, № 3.
4. Антонов Н. Д. Метод расчета объема весеннего половодья на реках Европейской территории СССР, Труды НИУГУГМС СССР, сер. IV, вып. 2, Л., Гидрометеиздат, 1941.
5. Хмаладзе Г. Н. Весенне-летний сток горных рек Закавказья, Тезисы докладов III Всесоюзного гидрологического съезда, Л., Гидрометеиздат, 1957.
6. Хостибян В. Н. Распределение среднемноголетнего суммарного стока половодья на территории Армянской ССР, «Изв. АН АрмССР», 1955, № 3.
7. Джорджио З. В. Межень на реках Средней Азии, Труды Ташкентской геофизической обсерватории, вып. 10, Л., Гидрометеиздат, 1954.
8. Щеглова О. П. Мутность воды и фазы водного режима горных рек, «Изв. АН СССР», сер. географ. наук, 1963, № 1.
9. Рубинова Ф. Э. Изменчивость некоторых элементов паводков, «Изв. АН УзССР», сер. техн. наук, 1958, № 6.

Ю. Б. ВИНОГРАДОВ

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПОВЕРХНОСТНОГО ДОЖДЕВОГО СТОКООБРАЗОВАНИЯ ЗАДАННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

До настоящего времени на малых реках и пересыхающих саях Средней Азии не замерено ни одного достоверного максимального расхода. Это не только исключает возможность применения непосредственных статистических методов расчета, но и затрудняет проверку правомочности использования формул дождевого стока, созданных в основном для равнинных территорий. В горных же странах возможность реальной вероятностной оценки максимальных расходов дождевых паводков приобретает особо важное значение.

Большинство существующих способов расчета дождевого стока или в методическом, или в практическом отношении неприемлемо для среднеазиатских условий. Общие недостатки таких способов, по нашему мнению, следующие:

- 1) использование однозначной зависимости средней интенсивности осадков от времени без ограничения продолжительности их выпадения;
- 2) использование такой характеристики, как «коэффициент стока», который обычно для всех дождей данного района принимается постоянным, в то время как он может меняться от 0 до 1;
- 3) попытка ввести «генетические» зависимости лишь по отношению к какому-то надуманному, «расчетному» ливню;
- 4) отождествление вероятности максимального расхода с вероятностью одной из характеристик дождя;
- 5) отказ от использования прогрессивного композиционного метода оценки обеспеченности характеристик дождевого стока как функции многих переменных.

Рекомендуемый метод расчета дождевого стока во многом упрощен. К упрощениям, например, относятся:

- 1) вычисление математического ожидания слоя стокообразования [формула (2)] без одновременного определения дисперсии с целью учета при композиции всех возможных вариаций за счет пульсации интенсивности осадков за время их выпадения;
- 2) использование постоянной величины H_0 , в то время как следует рассматривать ее кривую обеспеченности и соответствующим образом вводить в композиционную схему.

Увеличение количества переменных не сказывается на возможностях применения излагаемого ниже композиционного метода построения кривой обеспеченности суточного слоя дождевого стока. Указанный метод в связи с подготовкой соответствующей программы для вычисленных машин очень перспективен.

Ниже изложен упрощенный вариант метода расчета осадков и поверхностного дождевого стокообразования.

Предлагаемая методика применима только для водосборов, где наблюдается поверхностное стокообразование, которое может быть определено как разность интенсивностей дождя и инфильтрации, т. е. быстрый грунтовый паводковый сток с осыпных и скалистых водосборов не рассматривается. В качестве основных расчетных параметров приняты следующие показатели:

H — суммарный слой осадков за дождь;

T — общая продолжительность дождя;

H_0 — слой первоначальных потерь;

f_0 — инфильтрационная способность почвы (предельная интенсивность инфильтрации при интенсивности дождя $i \rightarrow \infty$).

Среднюю интенсивность поверхностного дождевого стокообразования находят по формуле

$$\bar{q} = \frac{I^2}{I + f_0}, \quad (1)$$

где $I = H/T$ — средняя интенсивность дождя.

Слой стокообразования за время выпадения дождя вычисляется следующим образом:

$$H_q = (H - H_0) \frac{I}{I + f_0} = (H - H_0) \frac{H}{H + f_0 T}. \quad (2)$$

Перейдем к статистике кривых распределения параметров T и $H = IT$, определяющих уровень интенсивности и продолжительность процесса выпадения дождя и формирования стокообразования.

В основу получения теоретической сглаживающей кривой распределения суточных сумм дождевых осадков положена идея преобразования исходного асимметричного распределения H в нормальное. В качестве функции преобразования использовано выражение

$$x = (H + 1)^n \lg H,$$

где n — параметр асимметрии.

В качестве параметров распределения H и связанной с ним величины x предлагаются квантили H , соответствующие двум постоянно выбранным уровням вероятности: $H_{10\%}$ и $H_{0,1\%}$.

Параметры $\bar{x}$ (среднее арифметическое) и $S(x)$ (среднее квадратическое отклонение) нормально распределенной величины x вычисляют по схеме

$$\left. \begin{aligned} H_{10\%} &\rightarrow x_{10\%} = (H_{10\%} + 1)^n \lg H_{10\%}, \\ H_{0,1\%} &\rightarrow x_{0,1\%} = (H_{0,1\%} + 1)^n \lg H_{0,1\%}, \\ \bar{x} &= 1,71 x_{10\%} - 0,709 x_{0,1\%}, \\ S(x) &= 0,553 (x_{0,1\%} - x_{10\%}). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Зная величины параметров x и $S(x)$, нетрудно найти величину x (и затем соответствующую ей величину H при данном параметре асимметрии n) любой заданной обеспеченности с помощью выражения

$$x_p = \bar{x} + u_p S(x). \quad (4)$$

При этом u_p определяется из следующих данных (более подробные таблицы помещены, например, в работе [5], стр. 536—538):

$p, \%$	50	40	30	20	10	9	8	7
u_p	0	0,253	0,524	0,842	1,282	1,341	1,405	1,476
$p, \%$	50	60	70	80	90	91	92	93
$p, \%$	6	5	4	3	2	1	0,5	0,2
u_p	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326	2,576	2,878
$p, \%$	94	95	96	97	98	99	99,5	99,8
$p, \%$	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	
u_p	3,090	3,291	3,540	3,719	3,890	4,108	4,265	
$p, \%$	99,9	99,95	99,98	99,99	99,995	99,998	99,999	

Таблица значений функции $x = (H + 1)^n \lg H$ приведена в приложении (табл. 1). В табл. 2 приложений содержатся значения параметров $H_{10\%}$, $H_{0,1\%}$ и n для ряда дождемерных пунктов Средней Азии.

Приближенная оценка соответствующих характеристик продолжительности осадков, т. е. $T_{10\%}$ и $T_{0,1\%}$, дается по кривым связи равнообеспеченных значений H и T . На рис. 1 приведены три такие кривые, построенные для трех метеорологических станций (Ташкент, Байсун и Аман-Кутан), соответствующие приблизительно районам со слабой, повышенной и сильной ливневой деятельностью. Эти кривые в качестве первого приближения могут быть приняты за расчетные. Вычисление параметров $\bar{y}$ и $S(y)$, соответствующих величине $y = (T + 1)^n \lg T$, производится по схеме (3).

Необходимые для нахождения вероятной интенсивности осадков условные распределения величины T при заданном H будут определяться параметрами, легко получаемыми на основании известных уравнений

$$\bar{y}_x = \bar{y} + r_{xy} \frac{S(y)}{S(x)} (x - \bar{x}), \quad (5)$$

$$S(y/x) = S(y) \sqrt{1 - r_{xy}^2}, \quad (6)$$

где r_{xy} — коэффициент корреляции между x и y , в первом приближении принимаемый равным 0,80.

Слой первоначальных потерь H_0 обычно колеблется в пределах 0—30 мм в зависимости от характера почвы и ее предварительного увлажнения. Методика построения кривых обеспеченности H_0 может быть приближенно принята по рекомендации наблюдателей на гидрометеорологических станциях и постах. Некоторые данные о величине H_0 для Западной Туркмении приведены в работе [7].

Параметр f_0 представляет собой установившийся коэффициент фильтрации при сплошном заливе поверхности почвы водой или при

дождевании со сколь угодно высокой интенсивностью. Он может быть определен в поле опытным путем.

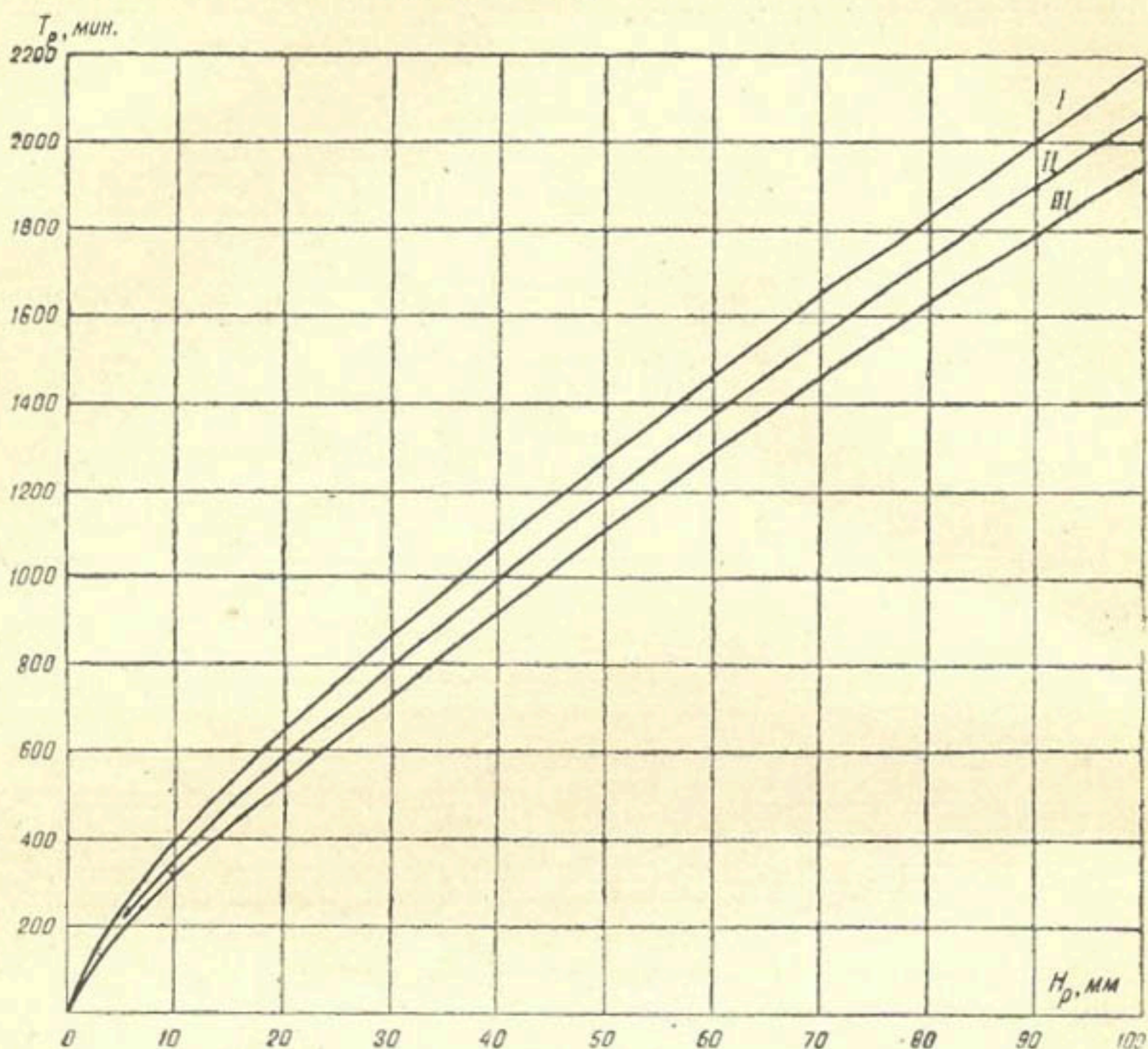


Рис. 1. Кривые связи равнообеспеченных значений H и T :

I—районы со слабой ливневой деятельностью; II—с умеренной; III—с сильной.

По наблюдениям автора и А. Ф. Литовченко (Алмаатинская селестоковая станция [8]), f_0 для различных поверхностей в горах Средней Азии достигает таких значений:

	мм/мин
Такыры и такыровидные почвы	0,02—0,05
Оползневые участки и сильносмываемые участки старопашья	0,10—0,20
Тропы и дороги	0,05—0,15
Пашни	0,20—0,60
Естественные задернованные склоны:	
а) слабозадернованные, в значительной мере смытые	0,50—1,20
б) средней задернованности	1,00—2,00
в) с мощным дерновым покровом	2,00—5,00 и более

Все необходимые вычисления производятся по следующей форме, в основу которой положен принцип композиции (см. расчетную таблицу А).

В колонке 1 помещены номера по порядку. Чем больше взято число членов (которое берется произвольно), тем выше точность построения искомой кривой обеспеченности. Для упрощенных расчетов объем совокупности должен содержать не менее 100—300 членов.

Колонки 2 и 3 заполняются (одновременно) из таблицы случайных чисел, имеющихся в работе [6].

Значения x (колонка 4) и y (колонка 5) вычисляются по формулам

$$x = a_x + (b_x - a_x) R_x, \quad (7)$$

$$y = a_y + (b_y - a_y) R_y, \quad (8)$$

где $a_x - b_x$ и $a_y - b_y$ — границы практически возможных значений x и y .

Колонки 6 и 7 заполняются соответственными значениями

$$H = H(x) \text{ и } T = T(y).$$

u_x и $u_{y/x}$ (колонки 8 и 11) являются нормированными величинами по отношению к x и y .

Параметры $\bar{y}_x$ (колонка 9) и $S(y/x)$ вычисляются по формулам (5) и (6).

Функции плотности вероятности нормированного нормального распределения $\varphi(u_x)$ и $\varphi(u_{y/x})$ (колонки 11 и 12) определяются по соответствующим таблицам (например, в [5] на стр. 498).

Колонка 13 заполняется с помощью простого равенства

$$\varphi(u_x, u_y) = \varphi(u_x) \varphi(u_{y/x}).$$

Соответствующая функция плотности вероятности для ненормированного распределения (колонка 14) получается умножением $\varphi(u_x, u_y)$

на произведение $\frac{1}{S(x)} \cdot \frac{1}{S(y/x)}$.

Колонка 15 заполняется величинами H_q , вычисленными на основании формулы (2).

Колонка (16) содержит номера ряда H_q , расположенного в убывающем порядке, и служит для удобства заполнения расчетной таблицы Б.

По данным расчетной таблицы А заполняется расчетная таблица Б, в которой параллельные данные по величинам $\varphi(x, y)$ и $H_q = f(H, T)$ располагаются в убывающем порядке по величине последней функции.

В колонке 1 число n представляет собой номер по порядку и изменяется от 1 до N , где N — общее число членов совокупности, взятой для расчета.

Колонки 2 и 3 заполнены данными из табл. А.

Числа колонки 4 представляют собой нарастающую сумму величин колонки 3. Данные колонки 5 получены путем деления соответствующей суммы в колонке 4 на общую сумму

$$\sum_{i=1}^N \varphi(x, y)_i.$$

Колонка 6. Данные колонки 5 умножаются на $(1 - \varepsilon)$, где ε — степень усечения поверхности двумерного нормального распределения по линии $x = (H_0 + 1)^n \lg H_0$.

Колонка 7. Вероятность $P(H_q)$ отличается от вероятности $p(H_q)$ тем, что первая представляет собой годовую повторяемость (т. е. $P=1/M$, где M — число лет), а последняя — обеспеченность среди совокупности всех дождей, повторяющихся в среднем $\bar{m}$ раз в году.

Переход от $p(H_q)$ к $P(H_q)$ возможен с помощью такого дополнительного параметра, как среднее число дождливых дней в году ($\bar{m}$) (см. табл. 2. приложений), и осуществляется с помощью табл. 3 приложений.

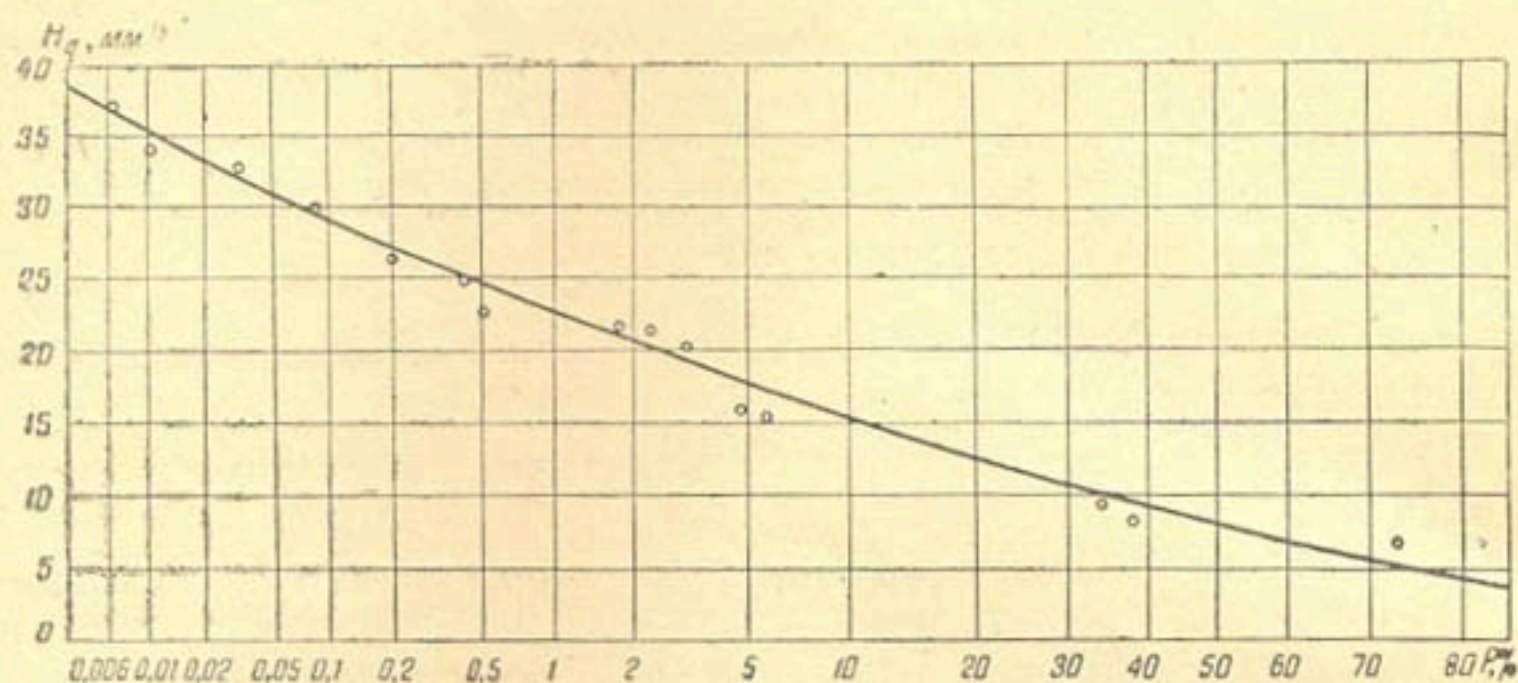


Рис. 2. Кривая обеспеченности слоя поверхностного стокообразования, построенная композиционным методом.

Данные колонок 2 и 7 служат для построения кривой обеспеченности слоя стокообразования H_q (рис. 2).

Для перехода от H_q к максимальным расходам временно могут быть использованы любые известные формулы (Г. А. Алексеева, Д. Л. Соколовского и др.).

Формула Д. Л. Соколовского после подстановки в нее значения H будет иметь вид

$$Q_{\max} = \frac{0,28 H_q F}{t_n} f.$$

В формулы, учитывающие не весь объем стока, а только наибольшую его часть за время τ , величина H_q может быть введена посредством выражения

$$(H_q)_\tau = H_q \left(\frac{\tau}{T - T_0} \right)^{0,55}, \quad \tau \leq T - T_0,$$

где $T_0 = H_0/I$.

Более подробно затронутые здесь вопросы изложены в работах автора [1, 2, 3, 4].

Пример расчета. Построить кривую обеспеченности слоя дождевого паводочного стока для водосбора, расположенного в сел. Хумсан (Бостандыкский район, Ташкентская область, бассейн реки Угам) и представляющего собой участок старопашья с $f_0 = 0,50$ мм/мин и $H_0 = 8,0$ мм.

Из табл. 2 находим $H_{10\%} = 16,7$ мм; $H_{0,1\%} = 74,2$ мм; $n = 0,36$; $\bar{m} = \frac{55}{0,45} 122$.

1. Принимаем $H_0 = 8 \rightarrow a_x = 1,99; b_x = 14,0; a_y = 0; b_y = 50,0$ как величины маловероятные (для более точных и ответственных расчетов b_x и b_y , особенно b_x , должны быть еще более высокими, т. е. «почти невероятными». Однако тогда соответственно следует увеличить число членов расчетной совокупности).

2. Из таблицы случайных чисел, представляющих собой совокупность чисел, имеющих равномерное распределение в диапазоне $0 - 1$, выписываем в колонки 2 и 3 расчетной таблицы А трехзначные цифры (что достаточно для последующих расчетов на линейке) R_x и R_y . Наша расчетная совокупность случайных пар чисел N равна 25, такое малое значение N взято с целью сокращения объема текста и не может служить в качестве рекомендации.

3. Колонки 4 и 5;

$$1,99 + (14,0 - 1,99) R_x; y = 0 + (50 - 0) R_y;$$

$$1,99 + 12,0 R_x; y = 50 R_y.$$

4. Колонки 6 и 7: строится график $x = (H + 1)^{0,36} \lg H$ и $y = (T + 1)^{0,36} \lg T$, откуда снимаются значения H и T , соответствующие величинам x и y колонок 4 и 5.

5. Колонки 8, 9, 10:

$$H_{10\%} = 16,7 \text{ мм} \rightarrow \overline{x_{10\%}} = (16,7 + 1)^{0,36} \lg 16,7 = 3,425,$$

$$H_{0,1\%} = 74,2 \text{ мм} \rightarrow x_{0,1\%} = (74,2 + 1)^{0,36} \lg 74,2 = 8,84,$$

$$\bar{x} = 1,71 \cdot 3,425 - 0,709 \cdot 8,84 = -0,40,$$

$$S(x) = 0,553 (8,84 - 3,42) = 2,997 \approx 3,00,$$

$$T_{10\%} = 500 \text{ мин.} \rightarrow y_{10\%} = (500 + 1)^{0,36} \lg 500 = 25,21,$$

$$T_{0,1\%} = 1580 \text{ мин.} \rightarrow y_{0,1\%} = (1580 + 1)^{0,36} \lg 1580 = 45,50,$$

$$\bar{y} = 1,71 \cdot 25,21 - 0,709 \cdot 45,50 = 10,8,$$

$$S(y) = 0,553 (45,50 - 25,21) = 11,2,$$

$$\bar{y}_x = 10,8 + 0,80 \frac{11,2}{3,00} (x + 0,40) = 10,8 + 2,99 (x + 0,40),$$

$$S(y/x) = 11,2 \sqrt{1 - 0,80^2} = 11,2 \cdot 0,60 = 6,72,$$

$$u_x = \frac{x + 0,40}{3,00},$$

$$u_y = \frac{y - \bar{y}_x}{6,72}.$$

6. Колонки 11 и 12: используются таблицы плотности вероятности нормальной функции распределения.

7. Колонки 13, 14 и 15:

$$\varphi(x) = \frac{1}{3,00} \varphi(u_x),$$

$$\varphi(y/x) = \frac{1}{6,72} \varphi(u_{y/x}),$$

$$\varphi(x, y) = \varphi(x) \cdot \varphi(y/x),$$

8. Колонка 16:

$$H_q = (H - 8,0) \frac{H}{H + 0,50 T}.$$

9. Заполняется расчетная таблица Б, где значение $P(H_q)$ (колонка 7) определяется по таблице 3 приложений. Обеспеченность $p(H_q)$ определяется по выражению

$$p(H_q) = \left[\sum_{i=1}^n \varphi(x, y)_i \middle| \sum_{i=1}^N \varphi(x, y)_i \right] (1 - \varepsilon),$$

где $\varepsilon = 0,7878$ — степень усечения поверхности двумерного нормального распределения по линии $x_0 = 1,99$ (т. е. $H_0 = 8,0$ мм), $u_{x_0} = \frac{1,99 + 0,40}{3,00} = 0,797$ (см. табл. IV на стр. 499 в работе [5]).

По данным колонок 2 и 7 табл. Б построена кривая обеспеченности H_q (см. рис. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Ю. Б. Изв. АН УзССР*, серия техн. наук, 1958, № 6.
2. Виноградов Ю. Б. Изв. АН УзССР*, серия техн. наук, 1960, № 1.
3. Виноградов Ю. Б. Изв. АН УзССР*, серия техн. наук, 1962, № 2.
4. Виноградов Ю. Б. Изв. АН УзССР*, серия техн. наук, 1962, № 3.
5. Дунин-Барковский И. В. и Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике, М., Физматгиз, 1955.
6. Коудей Д. Статистические методы контроля качества, М., Физматгиз, 1961.
7. Кунин В. Н. и Лещинский Г. Т. Временный поверхностный сток и искусственное формирование грунтовых вод в пустыне, М., АН СССР, 1960.
8. Литовченко А. Ф. Особенности формирования селеопасного дождевого стока в Заилийском Алатау, Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними, Баку, АН АзербССР, 1962.

Таблица 1

Значения функции $x = (H + 1)^n \lg H$

Величины параметра асимметрии n							
H	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36
0	—∞	—∞	—∞	—∞	—∞	—∞	—∞
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0,392	0,401	0,409	0,419	0,428	0,437	0,447
3	665	684	703	723	743	764	786
4	886	915	945	976	1,008	1,041	1,075
5	1,075	1,114	1,154	1,197	240	285	332
6	241	291	342	395	450	508	568
7	392	451	513	577	644	714	787
8	530	599	671	746	824	906	992
9	658	736	818	904	2,040	2,088	2,186
10	778	865	957	2,053	206	260	371
11	891	987	2,088	195	364	424	548
12	997	2,102	213	330	452	581	717
13	2,099	212	332	459	592	732	880
14	195	317	466	583	726	878	3,038
15	288	418	566	702	856	3,019	191
16	377	515	662	817	981	155	339
17	462	609	764	928	3,103	287	843
18	545	699	863	3,036	221	416	623
19	624	787	959	141	335	541	760
20	702	871	3,051	243	447	663	893
22	849	3,038	230	439	661	898	4,151
24	988	187	399	625	966	4,123	397
26	3,121	334	561	803	4,062	339	635
28	247	473	715	974	251	547	864
30	368	607	864	4,138	432	748	5,085
35	649	920	4,212	525	861	5,222	610
40	906	4,207	532	881	5,257	663	6,100
45	4,144	473	829	5,214	629	6,077	560
50	365	722	5,109	527	979	468	997
55	573	956	372	823	6,311	840	7,413
60	769	5,178	622	6,103	626	7,194	811
65	955	388	859	371	928	534	8,192
70	5,132	589	6,087	628	7,218	860	560
75	302	781	304	875	497	8,175	915
80	464	966	514	7,112	766	469	9,258
85	620	6,143	715	341	8,025	773	590
90	770	314	910	563	277	9,058	913
95	914	480	7,099	778	521	335	10,228
100	6,554	640	282	986	758	605	534
110	321	945	632	8,385	9,214	10,124	11,124
120	573	7,235	963	765	647	618	687
130	811	509	8,278	9,126	10,045	11,091	12,226
140	7,038	770	579	471	457	545	746
150	255	8,021	867	803	838	982	13,247

Параметры кривых обеспеченности суточных сумм дождевых осадков по ряду
дождемерных пунктов Средней Азии

№ п/п	Дождемерный пункт	$\bar{m}$	n	$H_{10\%}$	$H_{0,1\%}$
Зеравшанская долина и Нуратинские горы					
1.	Нурата	31	0,26	7,9	37,8
2.	Дехибалянд	29	0,28	8,6	45,6
3.	Совхоз „Нурата“	32	0,25	7,2	34,7
4.	Джум	27,3	0,30	9,6	41,8
5.	Акчоб	32,0	0,30	9,7	43,7
6.	Фариш	34,6	0,30	10,1	47,1
7.	Ходжи-Кунда	16,7	0,22	6,8	35,0
8.	Яккатут	18,4	0,21	6,7	35,0
9.	Караулбазар	25,4	0,26	7,2	34,0
10.	Бухара	18,3	0,26	6,7	29,1
11.	Куюмазар	18,6	0,22	6,1	28,7
12.	Шафрикан	17,5	0,25	6,2	27,8
13.	Малик	27,3	0,26	7,3	33,8
14.	Кенимех	26,6	0,21	6,9	33,2
15.	Кермине	28,0	0,19	7,1	33,0
16.	Митан	39,6	0,30	10,2	46,0
17.	Каттакурган	38,4	0,30	9,3	41,1
18.	Нагорная	41,3	0,30	10,5	47,3
19.	Улус	38,7	0,30	10,4	45,4
20.	Наримановская	42,0	0,30	10,6	46,7
21.	Джума	42,9	0,30	10,7	48,7
22.	Сазаган	46,0	0,30	10,5	48,2
23.	Аманкутан	43,9	0,30	20,1	111,1
24.	Ургут	45,4	0,30	11,6	55,7
25.	Самарканд АГРО	40,3	0,30	9,7	43,4
26.	Кульбасты	36,8	0,30	10,7	48,85
27.	Галляарал	41,5	0,30	9,71	44,4
28.	Каракудук	41,9	0,30	9,98	44,5
29.	Милютинская	38,6	0,30	9,91	44,45
30.	Джизакский перевал	40,5	0,30	10,23	47,1
31.	Джизак	38,8	0,30	10,95	52,3
Бассейн Кашкадарьи					
32.	Мубарек	22,1	0,23	6,83	34,3
33.	Карши	25,8	0,30	8,36	35,6
34.	Айрытам	30,2	0,30	9,00	37,8
35.	Джам	34,8	0,30	10,5	46,9
36.	Чамбил	37,0	0,30	13,5	65,2
37.	Канжигалы	30,8	0,30	13,2	65,6
38.	Чиракчи	32,8	0,31	10,53	46,9
39.	Китаб	39,2	0,31	12,2	58,3
40.	Варганзи	41,0	0,33	14,87	68,9
41.	Кичикмайдан	32,5	0,51	14,7	46,4
42.	Паландара	28,7	0,45	21,0	72,5
43.	Джаус	40,5	0,39	16,3	66,2
44.	Хазарнау	34,2	0,32	14,2	59,1
45.	Яккахана	49,1	0,35	12,8	57,4
46.	Шут	31,0	0,37	10,5	52,3
47.	Каттагон	36,7	0,38	12,05	52,5
48.	Татар	37,5	0,35	11,46	41,8
49.	Ташкуртан	31,2	0,36	10,2	40,3
50.	Яккабаг	36,3	0,35	11,5	46,6
51.	Гузар	30,0	0,33	9,17	39,3

№ п/п	Дождемерный пункт	$\bar{m}$	n	$H_{10\%}$	$H_{0,1\%}$
52.	Минчукур	19,2	0,36	11,1	46,8
53.	Дехканабад	28,4	0,35	9,95	39,7
54.	Акрабат	26,8	0,30	10,95	51,0

Юго-восточный и южный склоны Гиссарского хребта

55.	Ширабад	26,2	0,28	7,25	31,5
56.	Хатак	44,3	0,28	8,6	40,5
57.	Дербент	45,8	0,25	7,90	37,1
58.	Комарчи	37,6	0,27	9,5	43,9
59.	Байсун	52,8	0,30	10,5	48,2
60.	Базарджой	43,0	0,30	10,58	45,0
61.	Карлюк	30,7	0,30	9,56	42,0
62.	Сангардак	64,5	0,32	11,46	51,7
63.	Кинггузар	39,6	0,30	12,72	60,5
64.	Чошболо	46,6	0,34	11,87	49,5
65.	Зарчуб	40,2	0,30	12,56	61,6
66.	Шаргунь	34,6	0,30	15,55	78,5
67.	Дашнабад	39,6	0,30	13,75	64,9
68.	Комбар	46,6	0,30	13,1	65,0
69.	Каратаг	59,7	0,30	13,13	65,3
70.	Пштимiona	51,7	0,30	14,6	74,1
71.	Шахринау	46,4	0,30	12,45	61,3
72.	Алибеги	61,7	0,35	16,8	71,3
73.	Лючоб	53,4	0,33	15,7	70,5
74.	Анзобский перевал	12,3	0,22	7,70	39,3
75.	Зидды	36,6	0,23	12,23	72,2
76.	Ходжаобигарм	48,2	0,33	20,9	101,3
77.	Гушары	58,4	0,33	18,6	91,0
78.	Пшамбе	44,4	0,30	17,6	96,3
79.	Такобрудстрой	50,0	0,30	16,2	77,5
80.	Варзоб	57,6	0,39	19,3	81,7
81.	Душанбе ГМО	52,6	0,32	13,2	61,7
82.	Орджоникидзеабд	52,0	0,39	15,0	65,0
83.	Чинар	59,0	0,38	18,7	79,0
84.	Рамит	65,6	0,39	19,0	81,6

Долины Сурхандарьи и Кафирнигана

85.	Термез	18,7	0,30	6,7	27,3
86.	Денау	36,1	0,30	9,15	41,0
87.	Пахтаабд	43,8	0,30	11,5	54,6
88.	Тартку	27,7	0,24	6,9	32,5
89.	Шаартуз	24,6	0,25	6,6	28,8
90.	Чирик	28,2	0,23	7,6	31,5
91.	Айвадж	25,5	0,26	6,7	29,2

Низовья Вахша и Пянджа

92.	Файзабад	50,2	0,33	16,2	75,5
93.	Наобдболо	51,2	0,36	15,4	66,1
94.	Чормазак	47,6	0,42	20,6	84,0
95.	Яван	47,0	0,37	14,4	63,2
96.	Кургантюбе	34,9	0,33	8,6	35,9
97.	Джиликуль	31,2	0,30	7,6	31,2
98.	Пархар	36,1	0,30	8,7	38,3
99.	Иол	53,5	0,30	10,5	49,3
100.	Шуроабд	33,2	0,30	13,3	65,0
101.	Курбастанак	52,1	0,39	14,6	62,7
102.	Дангара	48,9	0,37	12,7	52,7
103.	Санглок	26,9	0,47	15,6	59,8

№ п/п	Дождемерный пункт	$\bar{m}$	n	$H_{10\%}$	$H_{0,1\%}$
104.	Туткаул	52,7	0,41	12,7	49,0
105.	Ховалинг	46,6	0,34	14,3	65,7
Бассейн Пянджа и оз. Каракуль					
106.	Калаихумб	48,2	0,30	10,2	46,8
107.	Ванч	27,1	0,23	5,8	26,6
108.	Матраун	27,0	0,24	5,2	20,8
109.	Рушан	25,5	0,28	7,5	33,7
110.	Хорог	19,7	0,26	7,0	32,7
111.	Джаушангоз	8,9	0,30	4,6	16,3
112.	Ишкашим	13,3	0,30	4,7	17,6
113.	Булункуль	2,6	0,30	4,3	14,2
114.	Ирхт	8,9	0,26	4,6	18,2
115.	Мургаб	6,5	0,27	5,8	24,7
116.	Озеро Каракуль	1,5	0,28	6,5	28,3
Бассейн среднего и верхнего Вахша					
117.	Бустонабад	34,4	0,34	13,6	61,4
118.	Обигарм	48,4	0,34	14,5	64,0
119.	Комсомолабад	49,2	0,33	14,6	64,8
120.	Лябиджар	52,4	0,37	14,5	58,8
121.	Товильдара	48,5	0,46	15,4	59,0
122.	Гарм	58,2	0,32	12,6	56,6
Бассейн среднего и верхнего Зеравшана					
123.	Пенджикент	37,3	0,33	8,5	35,8
124.	Сангистон	31,1	0,22	6,7	33,4
125.	Обурдон	26,7	0,25	7,1	34,2
126.	Лянглиф	36,9	0,25	6,4	31,0
127.	Дехауз	37,8	0,30	6,9	28,1
128.	Искандеркуль	29,6	0,24	7,2	35,1
Бассейн Санзара и северный склон Туркестанского хребта					
129.	Санзар	41,2	0,32	9,6	41,3
130.	Байкунгур	37,4	0,30	9,5	44,1
131.	Гуралаш	36,8	0,30	10,4	47,9
132.	Дугаба	38,2	0,30	9,1	41,0
133.	Шахристанский перевал	18,2	0,30	7,2	30,0
134.	Шахристан	34,6	0,27	9,2	45,9
135.	Уратюбе	35,0	0,27	8,8	43,7
136.	Калининабад	38,5	0,28	9,4	49,4
137.	Исфара	22,9	0,29	5,6	22,6
138.	Тангиворух	32,7	0,23	6,0	27,1
Присырдарьинская равнина					
139.	Обручево	34,6	0,23	8,0	41,5
140.	Урсатьевская	31,9	0,30	8,8	38,9
141.	Беговат	31,2	0,30	8,8	39,0
142.	Нау	31,8	0,30	9,4	41,8
143.	Янтак	33,6	0,30	9,7	43,1
144.	Мирзачуль	33,6	0,30	8,8	38,4
145.	Кукарал	33,7	0,30	9,3	41,7
146.	Солдатское	33,5	0,30	7,2	32,7
147.	Чиназ	32,8	0,30	9,0	40,0

№ п/п	Дождемерный пункт	$\bar{m}$	n	$H_{10\%}$	$H_{0,1\%}$
Чирчик-Ангренский бассейн					
148.	Джувазхана	42,2	0,34	11,0	48,5
149.	Акча	40,2	0,33	10,8	46,0
150.	Аблык	49,3	0,34	11,1	47,7
151.	Тоганбаши	47,7	0,32	13,0	58,1
152.	Турк	50,3	0,35	12,0	58,1
153.	Устье р. Яккаарча	42,7	0,30	12,3	58,8
154.	Ангренское плато	40,7	0,30	10,7	53,1
155.	Наугарзан	58,8	0,33	11,7	51,4
156.	Карамазар (Алмалык)	32,9	0,34	12,2	53,1
157.	Алтынтопкан	33,0	0,30	11,0	53,4
158.	Ташкент ГМО	43,3	0,36	10,7	42,6
159.	Чирчик	52,1	0,38	12,5	50,4
160.	Акташ	53,2	0,38	17,4	76,3
161.	Карамазар (Аксаката)	50,5	0,33	14,0	62,2
162.	Каранкуль	51,3	0,35	16,6	70,3
163.	Хумсан (Консай)	58,4	0,36	16,7	74,2
164.	Юсупхана (Чарвак)	56,1	0,34	14,9	66,5
165.	Чимган	42,8	0,34	16,0	73,2
166.	Бричмулла	55,4	0,37	16,0	69,1
167.	Пскем	58,5	0,32	13,2	58,8
168.	Паркент	45,8	0,34	13,4	57,6
169.	Заркент	41,2	0,36	17,6	80,8

Бассейн Келеса, Куруккелеса, Арыси и юго-западный склон хр. Каратау

170.	Капланбек	42,8	0,31	9,8	41,0
171.	Арысь	34,5	0,29	7,9	35,7
172.	Чимкент АГРО	44,5	0,34	11,6	50,4
173.	Блинково	50,3	0,34	13,3	58,0
174.	Самсоновка	49,3	0,35	12,7	55,4
175.	Глинково	42,0	0,38	11,0	43,8
176.	Туркестан	27,3	0,30	6,9	28,3
177.	Ачисай	35,1	0,30	11,5	55,7
178.	Майдантал	31,7	0,30	9,1	39,0

Северо-восточный склон хр. Каратау

179.	Чулаккурбан	22,1	0,24	7,1	35,5
180.	Бийликуль	28,9	0,26	8,6	42,6
181.	Джамбул	32,1	0,23	7,7	40,0

Северный склон хр. Занлийского Алатау

182.	Каскелен	52,8	0,30	10,6	49,5
183.	Большое Алмаатинское озеро	50,8	0,33	12,3	52,9
184.	Алма-Ата ГМО	52,0	0,33	1,20	52,8
185.	Селестоковая станция	59,3	0,36	15,7	70,6
186.	Устьгорельник	59,3	0,36	15,0	65,7
187.	Верхний Горельник	54,6	0,36	14,8	65,3
188.	Чимбулак	59,5	0,33	13,4	62,1
189.	Ворота	55,0	0,33	13,0	58,8
190.	Мынжилки	42,9	0,33	11,3	50,4
191.	Талгар	56,1	0,36	13,7	58,4
192.	Тургень	52,1	0,36	12,4	53,0

Таблица 3

Величины обеспеченности $p, \%$ при различных значениях $P\%$ и $\bar{m}$

$\bar{m}$	Значения обеспеченности P							
	50	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1
40	1,718	0,263	0,128	0,0505	0,0251	0,0125	0,00500	0,00250
42	637	250	122	481	239	119	477	238
44	563	239	117	459	228	114	455	227
46	496	229	111	439	218	109	435	218
48	434	219	107	421	209	104	417	208
50	377	211	103	404	201	100	400	200
52	324	203	0,0986	388	193	0,0964	385	192
54	275	196	950	374	186	928	371	185
56	230	189	916	361	179	895	357	179
58	186	183	884	348	173	864	345	172
60	149	177	855	337	168	835	334	167
62	112	170	827	326	162	808	323	161
64	077	165	801	315	157	783	313	156
66	045	160	777	306	152	759	303	152
68	014	155	754	297	148	737	294	147
70	0,985	151	733	289	144	716	285	143
72	958	146	712	280	140	696	278	139
74	932	142	693	273	136	677	270	135
76	908	139	675	266	132	659	263	132
78	885	135	657	259	129	642	257	128
80	863	132	641	252	126	627	250	125
82	842	128	625	246	123	611	244	122
84	822	125	610	241	120	597	238	119
86	803	122	596	235	117	583	233	116
88	0,785	0,120	0,0583	0,0230	0,0114	0,00569	0,00227	0,00114
90	767	117	570	224	112	557	222	111
92	751	114	557	220	109	543	218	109
94	735	112	545	215	107	533	213	106
96	719	110	534	210	105	522	209	104
98	705	108	523	206	103	511	204	202
100	691	105	513	201	101	501	200	100

Расчетная таблица А

№ п/п	R_x	R_y	x	y	H	T	u_x	$\bar{y}_x$	$u_{y/x}$	$\varphi(u_x)$	$\varphi(u_{y/x})$	$\varphi(u_x, u_y)$	$\varphi(x, y)$	H_q	n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,158	0,192	3,89	9,6	19,5	85	1,43	23,6	2,08	0,1435	0,04586	0,00658	0,000327	3,62	19
2	092	810	3,09	40,5	14,0	1260	1,16	21,3	2,86	0,2036	0,006679	0,00122	0,0000605	0,13	24
3	411	207	6,92	19,4	48,8	98	2,44	32,8	3,33	0,02033	0,001550	0,0000317	0,00000157	20,4	13
4	745	747	10,93	37,4	106	1075	3,77	44,8	1,10	0,0003271	0,2179	0,0000713	0,00000354	16,2	14
5	009	952	2,10	47,6	8,6	1744	0,84	18,3	4,36	0,2803	0,00002972	0,00000832	0,000000413	0,01	25
6	724	517	10,66	25,8	102	520	3,69	44,0	2,71	0,0004408	0,01014	0,00000448	0,000000222	26,5	8
7	674	942	10,07	47,1	93,0	1710	3,50	42,2	0,73	0,0008727	0,3056	0,000267	0,0000132	8,35	17
8	550	316	8,54	15,8	70,0	205	2,98	37,6	3,25	0,004705	0,002029	0,00000955	0,000000474	25,3	9
9	716	423	10,49	21,5	99,5	355	3,64	43,4	3,32	0,0005294	0,001612	0,000000853	0,0000000423	32,9	6
10	359	396	6,29	19,8	42,0	316	2,23	30,8	1,64	0,03319	0,1040	0,00345	0,0000171	7,13	18
11	419	205	7,02	10,2	50,0	94	2,48	33,0	3,39	0,01842	0,001275	0,0000235	0,00000117	21,6	12
12	969	742	13,62	37,1	157	1058	4,68	52,9	2,35	0,000006996	0,02522	0,00000177	0,0000000878	34,1	5
13	200	795	4,39	39,7	24,0	1210	1,60	25,2	2,16	0,1109	0,03871	0,00412	0,000205	0,61	22
14	458	476	7,49	23,8	56,0	447	2,64	34,4	1,58	0,01223	0,1145	0,00140	0,0000695	9,60	16
15	384	014	6,59	0,7	45,3	3	2,33	31,7	4,62	0,2643	0,000009248	0,000000244	0,0000000122	37,1	4
16	019	015	2,22	0,8	9,0	4	0,88	18,7	2,66	0,2709	0,01160	0,00315	0,000156	0,82	21
17	676	655	10,09	32,7	92,7	825	3,50	42,2	1,41	0,0008727	0,1476	0,000129	0,00000639	15,6	15
18	631	511	9,55	25,6	84,3	513	3,32	40,6	2,23	0,001612	0,03319	0,0000535	0,00000266	22,0	11
19	390	087	6,67	4,4	45,8	24	2,36	32,0	4,11	0,02463	0,00008567	0,00000211	0,000000105	29,9	7
20	557	002	8,68	0,1	72,0	1	3,03	32,0	5,79	0,004049	—	—	—	63,5	3
21	299	999	5,58	500	34,8	1920	1,99	28,7	3,17	0,05508	0,002623	0,000144	0,00000714	0,94	20
22	786	137	11,42	6,9	115	49	3,94	49,2	6,29	0,0001698	—	—	—	87,9	2
23	706	549	10,45	27,4	99,4	583	3,62	47,0	2,92	0,0005693	0,005616	0,00000320	0,000000159	23,2	10
24	065	468	2,77	23,4	12,0	433	1,06	21,4	0,20	0,2275	0,3814	0,0867	0,00430	0,21	23
25	783	055	11,39	2,8	115	12	3,93	50,0	7,03	0,0001766	—	—	—	102,0	1

Расчетная таблица Б

n	H_q	$\varphi(x, y)$	$\sum_{i=1}^n \varphi(x, y)_i$	$\frac{\sum_{i=1}^n \varphi(x, y)_i}{N}, \%$	$p(H_q), \%$	$P(H_q), \%$
1	2	3	4	5	6	7
1	102	—	—	—	—	—
2	87,9	—	—	—	—	—
3	63,5	—	—	—	—	—
4	37,1	0,0000000122	0,0000000122	0,000229	0,0000486	0,0059
5	34,1	0,00000000878	0,0000000210	0,000395	0,0000839	0,010
6	32,9	0,0000000423	0,0000000633	0,00119	0,000253	0,031
7	29,9	0,000000105	0,000000168	0,00316	0,000671	0,082
8	26,5	0,000000222	0,000000390	0,00734	0,00156	0,19
9	25,3	0,000000474	0,000000864	0,0162	0,00344	0,41
10	23,2	0,000000159	0,00000102	0,0192	0,00408	0,49
11	22,0	0,00000266	0,00000368	0,0692	0,0147	1,80
12	21,6	0,00000117	0,00000485	0,0912	0,0104	2,40
13	20,4	0,00000157	0,00000642	0,121	0,0257	3,10
14	16,2	0,00000354	0,00000996	0,187	0,0397	4,70
15	15,6	0,00000639	0,0000164	0,309	0,0657	5,65
16	9,60	0,0000695	0,0000859	1,62	0,344	34,2
17	8,35	0,0000132	0,0000991	1,86	0,395	38,2
18	7,13	0,000171	0,000270	5,08	1,08	73,3
19	3,62	0,000327	0,000597	11,2	2,38	—
20	0,94	0,00000714	0,000604	11,4	2,42	—
21	0,82	0,000156	0,000760	14,3	3,03	—
22	0,61	0,000205	0,000965	18,1	3,84	—
23	0,21	0,00430	0,00527	99,2	21,1	—
24	0,13	0,0000605	0,00533	100	21,2	—
25	0,01	0,000000413	0,00533	100	21,2	—
			$\sum_{i=1}^N \varphi(x, y)_i = 0,00533$			

Э. Д. ЧОЛПАНКУЛОВ

СЕЛЕВЫЕ ПАВОДКИ В БАССЕЙНЕ р. ГУЗАРДАРЬЯ В 1962 г.

Значительные разрушения, производимые селевыми потоками, и большой ущерб, наносимый ими хозяйству горных районов, давно обратили на себя внимание инженеров и ученых [1, 2, 3]. Однако до сих пор не достаточно ясен вопрос о возникновении и динамике этих потоков, плохо разработаны мероприятия по защите от них* [4—13].

Существуют различные толкования явления «сель». Под данным понятием мы подразумеваем кратковременный, очень бурный и почти всегда неожиданный подъем воды в потоке с высоким содержанием наносов, вызванный интенсивным дождевым стоком. Необходимым условием для образования селевого потока является выпадение мощных дождевых осадков. Многие исследователи считают, что сели могут возникнуть от интенсивного таяния снега и льда, от прорыва завалов, разрушения запруд и т. п.

Сель, прошедший 30 апреля 1962 г. в Дехканабадском районе, Сурхандарьинской области, был вызван сильными дождевыми осадками. При изучении этого редкого селя мы обследовали Дехканабадский район.

По своим физико-географическим, геологическим и геоморфологическим условиям этот район весьма своеобразен. Он расположен на высотах от 800 до 1800 м, сложен юрскими, меловыми известняками и третичными осадочными отложениями — конгломератами и бухарскими известняками [12].

Отличительной чертой рельефа является наличие куэстовых гряд (высота куэст хр. Элликбаш достигает 200 м) и бронированных склонов. Почвы представлены светлыми и суглинистыми сероземами. Наблюдается отсутствие резко выраженных форм рельефа, все склоны мягко очерчены и подвержены сильной эрозии.

Горные и высокие места района поросли арчевыми лесами и различным кустарником; по предгорьям растет полынь и эфемеры.

Средняя годовая сумма осадков, по данным метеостанции Дехканабад, равна 277 мм, однако здесь иногда выпадают сильные ливни. Почти каждый сильный ливень вызывает прохождение селя, как это и было 30 апреля 1962 г.

* В Советском Союзе не раз созывались конференции и совещания по вопросам возникновения и формирования селевых потоков. В 1947 г. в Москве состоялась первая конференция, в 1950 г. в Алма-Ате — вторая, в 1952 г. в Тбилиси — третья, в 1956 г. в Алма-Ате — четвертая и в 1962 г. — пятая конференция.

Основной селедеятельный район — бассейн Тойчисая (рис. 1). Единственная метеостанция Акрабат, расположенная наиболее близко к рассматриваемому бассейну, зафиксировала три цикла выпадения осадков. Первый начался в 22 часа 23 мин. 29 апреля и продолжался до 2 час. 42 мин. 30 апреля. Ниже приведены данные обработки плювиограммы метеостанции Акрабат:

Время начала дождя	12 ^h 12'	12 ^h 25'	12 ^h 29'	12 ^h 34'	12 ^h 43'	12 ^h 45'	12 ^h 52'
Осадки, мм	—	0,19	0,49	1,19	1,89	2,59	4,29
Время	12 ^h 54'	12 ^h 57'	12 ^h 59'	13 ^h 02'	13 ^h 03'	13 ^h 06'	13 ^h 09'
Осадки, мм	4,79	6,09	6,59	8,09	9,09	12,09	13,59
Время	13 ^h 19'	13 ^h 22'	13 ^h 27'	13 ^h 29'	13 ^h 35'	13 ^h 39'	13 ^h 44'
Осадки, мм	19,09	20,29	23,59	24,09	27,59	29,09	29,59
Время	13 ^h 49'	14 ^h 28'	14 ^h 29'	Конец дождя			
Осадки, мм	29,84	30,3					

Как видно, за 2 часа 16 мин. всего выпало 30,3 мм осадков. Из них большая часть (20,8 мм) — за 46 мин.

После этого дождя в 16 час. 12 мин. начался новый дождь, который закончился в 18 час. 17 мин. За 2 часа 5 мин. выпало 11,2 мм осадков. Всего за три цикла выпало 51,7 мм осадков, что составляет почти четвертую часть общегодовой суммы их. Первый дождь промочил почву на 7—8 см (по данным наблюдений метеостанции Акрабат), второй, выпадая на смоченную почву и почти не впитываясь, дал катастрофический селевой паводок. Метеостанция Акрабат находится в стороне от места наиболее активного селеобразования (по прямой около 30 км). По-видимому в «эпицентре» осадки были большей интенсивности. Местом зарождения селя можно считать Курганташ, где ливню предшествовал сильный град. По многочисленным опросным данным населения, вес градин доходил до 200 г. Курганташ представляет собой естественную чашу, окруженную горами, с одним узким проходом. Возможно, дождь наполнил эту котловину и вода, смыв небольшую перемычку, по которой проходила дорога, устремилась вниз.

Селевой поток сильно пополнил все лога, впадающие в основное селевое русло. В ущелье Тойчи, где русло сильно сужается, вода поднялась на высоту около 15 м (рис. 2). Были занивелированы максимальные уровни по нижней границе сплошной каймы плавника по двадцати двум обследованным логам в бассейнах рек Кичикуру и Тойчисая (рис. 3). Ни на одном водотоке замерить максимальный расход селя не представлялось возможным. Поэтому величина максимумов определена расчетным путем по гидравлическому методу (по формулам А. Шези и М. Ф. Срибного [8]). Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Величины максимальных расходов, вычисленные по формулам А. Шези и М. Ф. Срибного, несколько отличаются друг от друга.

По нашему мнению, формула М. Ф. Срибного вернее отражает реальные максимальные расходы селевых потоков, и результаты расчетов по ней можно рекомендовать для дальнейшего использования в данном районе.

Для оценки вероятности появления исследуемого селя (30 апреля 1962 г.) на водотоках Дехканабадского района, Сурхандарьинской области, были произведены расчеты по методике, рекомендованной И. И. Херхеулидзе [11], который применил метод типового (или осредненного) гидрографа, разработанный Д. Л. Соколовским. Расчетная

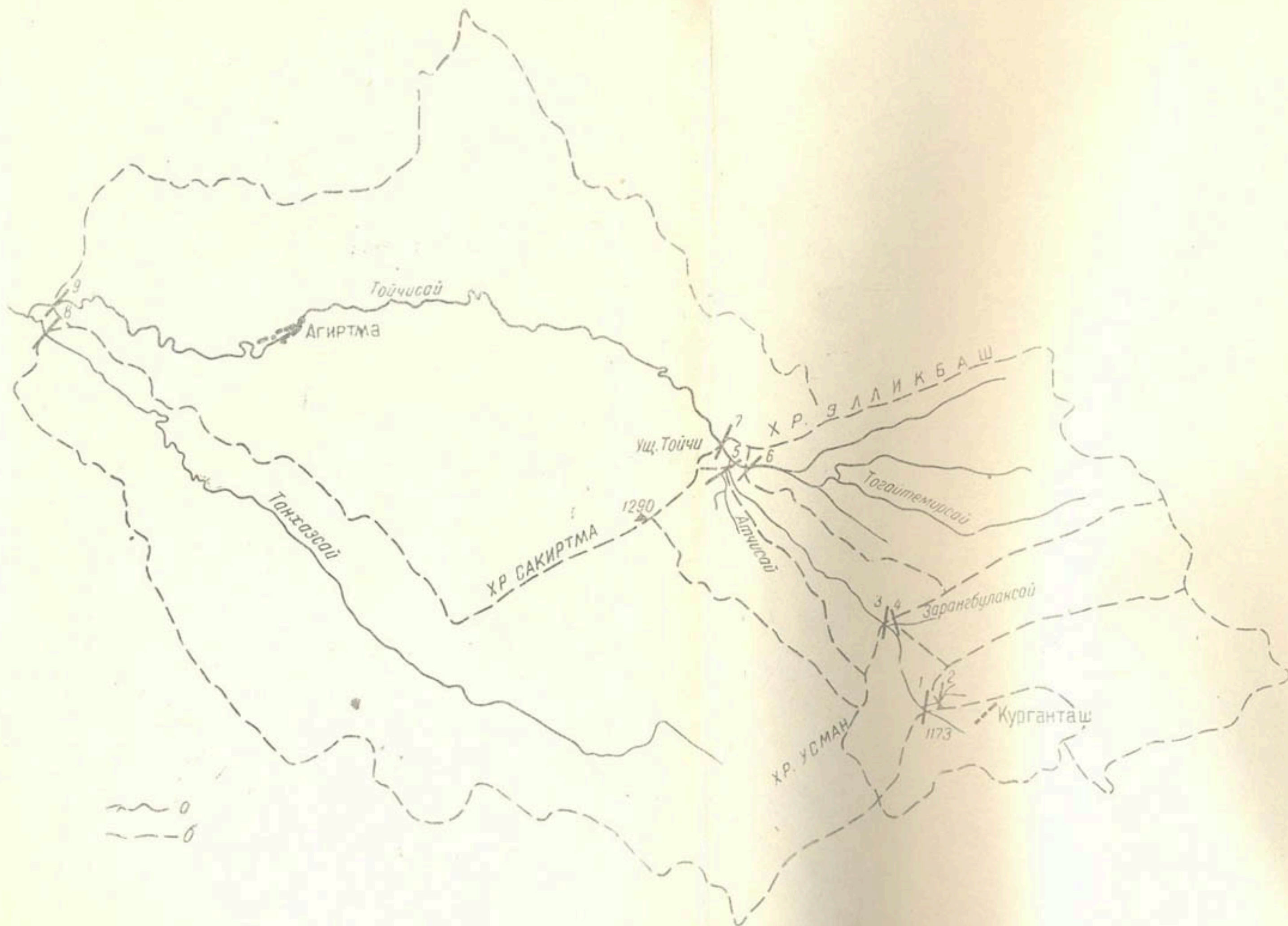


Рис. 1. Схема логов в бассейне Тойчисая:

а — тапъеги селеных логов; б — водоразделы; 1—9 — промерные створы.

формула максимального селевого паводка с вероятностью превышения $P\%$ по методике, предложенной И. И. Херхеулидзе, имеет вид

$$Q_{P\%/0} = (S\varphi r \alpha \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 + 0,001 M_0) \psi_Q F m^3 / \text{сек},$$

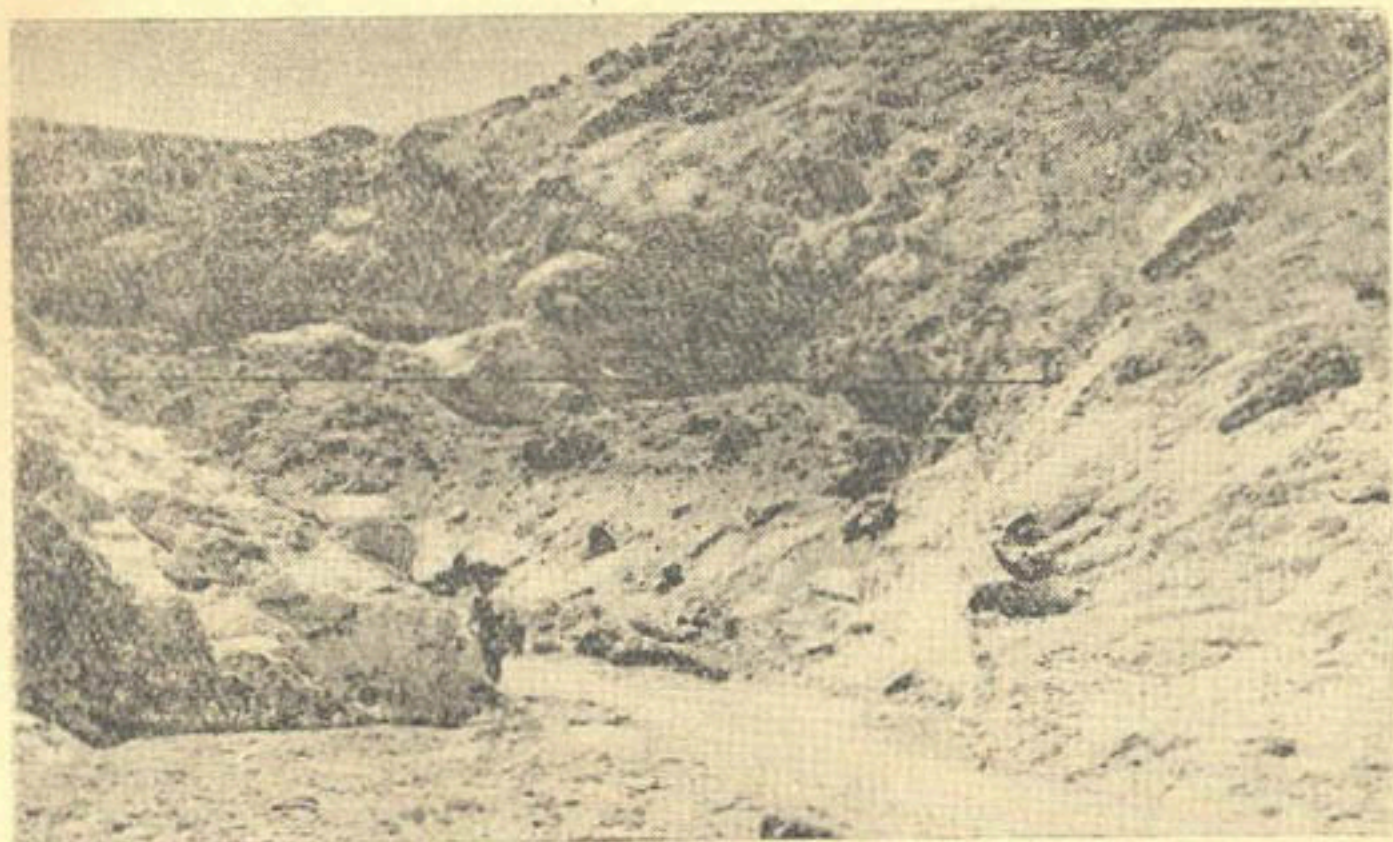


Рис. 2. Метки максимального уровня селевого паводка в ущелье Тойчи 30 апреля 1962 г.

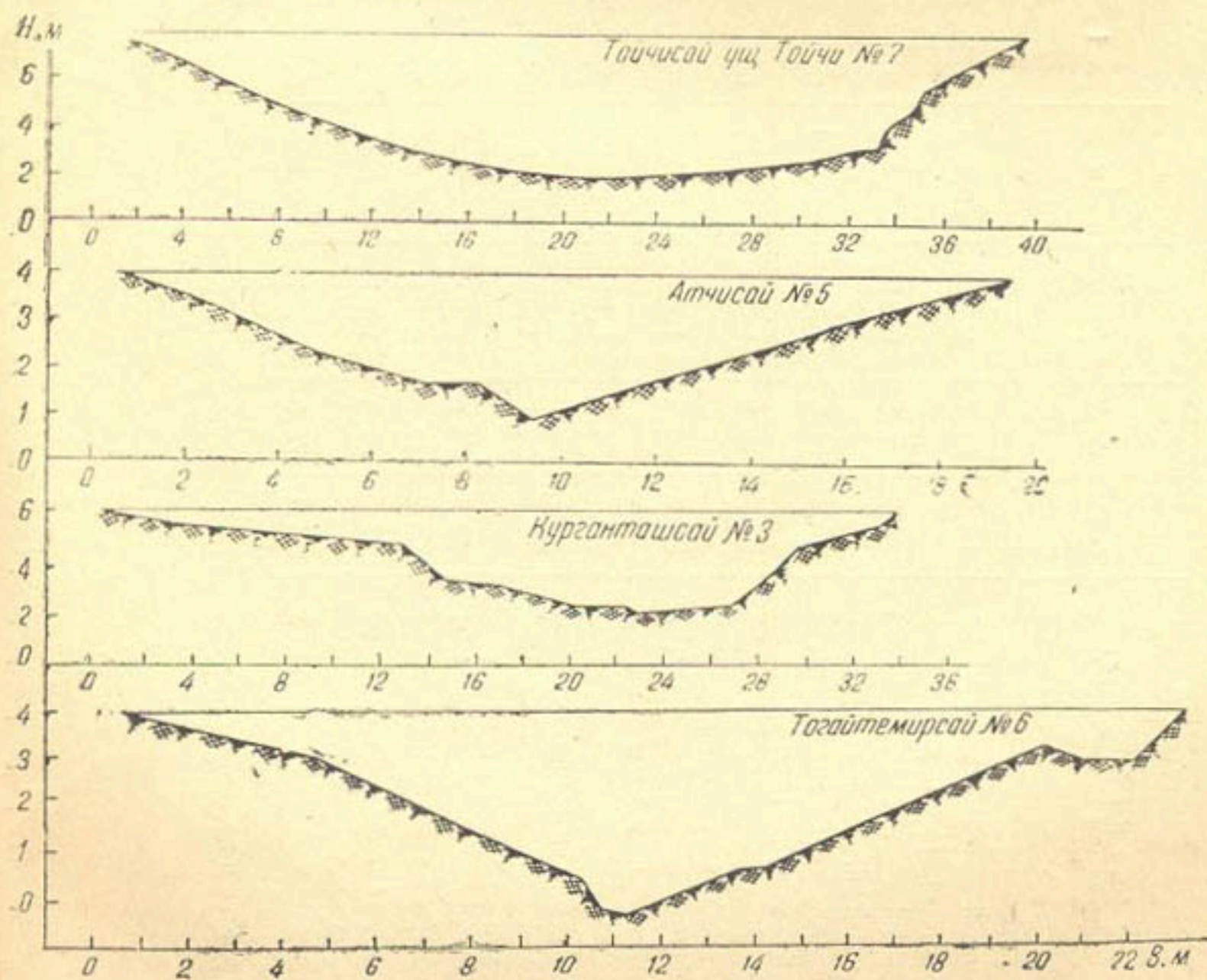


Рис. 3. Промерные створы по логам.

Таблица 1

Название лога и место промеров	$H_{\text{макс}}$	$\omega, \text{ м}^2$	$\chi, \text{ м}$	$R = \frac{\omega}{\chi}$	n	I	$C_{\text{ш}} = \frac{1}{n} R^x$	$C_{\text{ср}} = \frac{50}{ab} R \frac{\sqrt{b}}{6}$	Скорость воды $V = C\sqrt{RI}$		Расход воды, $\text{м}^3/\text{сек}$	
									$V_{\text{ш}}$	$V_{\text{ср}}$	$Q_{\text{ш}}$	$Q_{\text{ср}}$
Акрабатсай	1,84	10,25	10,4	0,99	0,050	0,0284	20	16,8	3,36	2,82	34,4	28,9
Сай Садовый, 180 м выше устья	1,08	6,95	8,55	0,81	0,040	0,0137	23,7	20,0	2,50	2,11	17,4	14,7
Ходжаисабсай, 450 м выше устья	2,70	35,16	21,5	1,63	0,050	0,0207	22,6	19,2	4,16	3,52	146,0	123,5
Заранбулаксай, 110 м выше устья	2,27	23,92	19,3	1,24	0,050	0,0102	21,0	17,8	2,36	20,1	56,5	48,0
Курганташсай. 1 км ниже истока	2,57	34,8	23,5	1,48	0,050	0,0197	22,0	18,7	3,76	3,20	131,0	111,3
Курганташсай, 2,8 км ниже истока	4,03	65,08	36,0	1,81	0,050	0,0218	23,2	19,6	4,61	3,89	300,0	253,0
Атчисай, 300 м выше устья	3,04	30,56	20,7	1,48	0,050	0,027	22,0	18,7	4,40	3,74	134,5	114,0
Тогайтемирсай, 400 м выше устья	4,21	48,1	25,0	1,92	0,050	0,014	23,5	19,9	3,86	3,26	186,0	157,0
Тойчисай, ущелье Тойчи	6,07	159,4	42,0	3,79	0,050	0,0094	27,9	23,9	5,26	4,51	839,0	720,0
Тойчисай, сел. Агитма	4,00	178,5	108,5	1,64	0,035	0,0080	33,6	26,8	3,85	3,07	688,0	549,0
Танказсай, 400—450 м выше устья	3,05	94,77	75,5	1,25	0,050	0,00109	21,1	17,8	2,46	2,08	233,0	197,0

Примечание. $V_{\text{ш}}$ определяли по формуле Шези; $V_{\text{ср}}$ — по формуле Срибного.

где S — ливневый параметр;
 φ — объемный коэффициент стока;
 ρ — коэффициент формы гидрографа;
 α — параметр, зависящий от времени подъема гидрографа;
 λ_1 — коэффициент учета залесенности бассейна;
 λ_2 — коэффициент учета естественной зарегулированности стока поймами, озерами, прудами и т. п.;
 λ_3 — коэффициент, по которому учитывается неравномерность распределения осадков по территории бассейна и некоторое уменьшение коэффициента стока с увеличением площади водосбора;
 M_0 — модуль среднегодового стока, л/сек с 1 км² площади бассейна;
 ψ_Q — коэффициент учета твердого стока;
 F — площадь водосбора, км².

Таблица 2

Название лога и место промеров	Обеспеченность P , %			
	0,3	1	2	10
Тойчисай, ущелье Тойчи	790,0	474,0	308,0	129,0
Курганташсай, 2,8 км ниже истока	332,0	193,0	121,0	52,9
Тогайтемирсай, 1500 м выше устья	298,0	183,0	111,1	51,0
Атчисай, 300 м выше устья	160,0	99,8	61,9	27,6
Тойчисай, сел. Агиртма	765,0	454,0	282,0	124,0

Примечание. Расходы (м³/сек) подсчитаны с учетом твердой фазы.

В рассматриваемом районе не проводится достоверных систематических гидрометрических наблюдений, поэтому для определения ливневого параметра мы использовали формулу Алексеева

$$S = A + B \lg \tau, \text{ мм/мин.}$$

Параметры A и B взяты для метеостанции Самарканд с введением соответствующих коррективов (табл. 2).

Как видно из табл. 2, вероятность появления селевого паводка, прошедшего 30 апреля, находится между 0,3 и 1% обеспеченности. Это также подтверждается опросными данными, свидетельствующими, что за последнее столетие подобных селевых паводков не отмечалось.

Вследствие того, что селевые потоки ежегодно причиняют огромные убытки народному хозяйству горных и предгорных районов нашей страны, изучение селей можно поставить в один ряд с другими важнейшими задачами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статковский Б. И. Проект дороги через хребет Кавказских гор между урочищами Квништи и ст. Коби, «Журнал путей сообщения», т. XXIX, кн. 2, 1859.

2. Статковский Б. И. Защита дорог от овражных выносов, облесение горных скатов и сохранение на месте в полном объеме всех дождевых вод, бесполезно уходящих ныне в море и уходя разрушающих все на пути встречаемое, Доклад 24. VIII 1895 г. Записки Кавказск. отд. Русск. технич. общ., т. XXII, вып. 5, 1895.
 3. Раунер С. Ю. Горные леса Туркестана и значение их для водного хозяйства края, Спб., 1901.
 4. Боголюбова И. В. Селевые потоки и их распространение по территории СССР, Л., Гидрометеиздат, 1957.
 5. Борьба с горной эрозией почв и селевыми потоками в СССР (Материалы Совещания, Ташкент, 29 сентября—5 октября 1960 г.), Ташкент, 1962.
 6. Лебедев В. В. Гидрология и гидравлика в мостовом и дорожном строительстве, Л., Гидрометеиздат, 1959.
 7. Соколовский Д. Л. Гидрологические и водохозяйственные расчеты при проектировании ГЭС, Л., Гидрометеиздат, 1946.
 8. Срибный М. Ф. Формула средней скорости течения рек и их гидравлическая классификация по сопротивлению движения, М., АН СССР, 1960.
 9. Соколовский Д. Л. Речной сток, Л., Гидрометеиздат, 1959.
 10. Рабкова Е. К. Исследование селевых потоков в районе предгорий Северной Ферганы, Труды Института сооружений АН УзССР, вып. 7, 1955.
 11. Херхеулидзе И. И. Вопросы гидрологии и гидравлики мостовых переходов, Тбилиси, 1958.
 12. Кашкадарьинская область, т. 1, Природа, изд. САГУ, Ташкент, 1959.
 13. Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними, Баку, 1962.
-

Б. Е. МИЛЬКИС, С. КАРИМОВ

О ТЕПЛОВОМ ПОТОКЕ В ПОЧВУ НА ХЛОПКОВОМ ПОЛЕ

Для определения суммарного испарения с сельскохозяйственных угодий и оголенных участков суши применяется четыре метода: водного баланса, почвенных испарителей, градиентных наблюдений и теплового баланса. Наиболее объективным считается последний. Формула для расчета испарения по этому методу следующая:

$$E = \frac{B - P}{1 - b \frac{\Delta t}{\Delta e}}, \quad (1)$$

где B — радиационный баланс, $\text{кал/см}^2 \cdot \text{мин}$;

P — тепловой поток в почву, $\text{кал/см}^2 \cdot \text{мин}$;

Δt — разность температур воздуха между высотами z_1 и z_2 ;

Δe — разность между значениями абсолютной влажности воздуха на тех же высотах;

b — численный коэффициент.

Практическое применение данной формулы связано с отдельным определением радиационного баланса и теплообмена между поверхностью почвы и лежащими ниже слоями.

В настоящей работе рассматриваются некоторые вопросы расчета теплового потока в почву по распределению температуры в слое 0—20 см.

В основу статьи положены результаты наблюдений на хлопковом поле летом 1962 г. Опытные участки мы выбрали на левом берегу Кайраккумского водохранилища на полях колхоза «Коммунизм», Домлаазизовского сельсовета, Ленинабадской области.

Наблюдения на участках проводили по единой программе и одинаковыми приборами. Температуру на поверхности почвы измеряли «срочными» термометрами, а на глубинах 5, 10, 15 и 20 см — коленчатыми (Савинова). Термометры на хлопковом поле устанавливали в борозде и в рядке между кустами хлопчатника. Отсчеты по термометрам проводили в начале и в конце каждой серии наблюдений.

Влажность почвы определяли весовым методом. Образцы брали на ее поверхности и на указанных выше глубинах перед поливом или спустя день после полива поля.

Одновременно вели специальные микроклиматические и актинометрические наблюдения, которыми предусматривалось изучение температуры, влажности и скорости ветра на различных высотах над испаряю-

щей поверхностью, а также радиационного режима исследуемого поля.

Тепловой поток в почву зависит от двух факторов: градиента температуры и теплопроводности почвы. Оба эти фактора определяются как количеством тепла, приходящим к поверхности почвы, так и физическими ее особенностями: ее структурой, порозностью и влажностью.

Тепловой поток в почву рассчитывали по распределению температуры в слое 0—20 см по формуле Г. Х. Цейтина [5]:

$$P = \frac{c_1 \rho_1}{\tau} \left[A(t) - \frac{K}{10} B(t) \right], \quad (2)$$

где $c_1 \rho_1$ — объемная теплоемкость почвы, $\text{кал/см}^3 \cdot \text{град}$;

τ — промежуток времени между наблюдениями, мин.;

K — коэффициент температуропроводности почвы, $\text{см}^2/\text{час}$;

$A(t)$ — величина, характеризующая распределение температуры почвы по глубине за промежуток времени между наблюдениями, $\text{град} \cdot \text{см}$;

$B(t)$ — величина, характеризующая изменение температуры по времени на глубинах 10 и 20 см, $\text{град} \cdot \text{час}$;

здесь $A(t) = 20 [0,082F(0,t) + 0,333F(5,t) + 0,175F(10,t) + 0,156F(15,t) + 0,0042F(20,t)]$,

$$B(t) = \tau \left[\frac{E(t_0) + E(t_n)}{2} + E(t_1) + \dots + E(t_{n-1}) \right],$$

причем $F(z, t) = T(z, t) - T(z, 0)$ — приращение температуры на глубине z ;

$E(t) = T(20, t_i) - T(10, t_i)$ — разность температур на глубине 20 и 10 см в момент времени t_i .

Результаты расчетов тепловых потоков за ясные дни приведены в табл. 1.

Тепловой поток в почву имеет ясно выраженный суточный ход. Наибольшая величина потока в первой и третьей фазе развития хлопчатника наблюдается между 10 и 11 час. и колеблется в пределах 0,16—0,25 $\text{кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. В отдельные дни, преимущественно после полива, максимальные величины потока могут быть и несколько больше. Минимум потока колеблется от —0,08 до —0,20 $\text{кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ и приходится, по-видимому, на 20—22 часа.

Вторая фаза развития хлопчатника (от цветения до созревания) характерна небольшим сдвигом максимума потока тепла в сторону полудня. Наибольшие величины находятся примерно в тех же пределах, что и в предыдущей фазе. Минимум потока колеблется от —0,05 до —0,12 $\text{кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. На рис. 1 приведены кривые суточного хода средних величин теплообмена в почве на хлопковом поле в зависимости от фазы развития растений. Здесь ясно виден сдвиг максимума во второй фазе. Согласно графику переход потока тепла через нуль наблюдается между 3—5 час. и 15—17 час. В течение дня отмечается слабо выраженная зависимость потока тепла в почву от радиационного баланса (рис. 2).

Характер расположения точек на рисунке находится в соответствии с суточным ходом рассматриваемых элементов. Днем и частично утром радиационный баланс и поток тепла в почву имеют положительный знак; в вечерние часы (между 15 и 17 час.) радиационный

Поток тепла в почву на хлопковом поле по фазам развития растений,
кал/см²·мин

Дата наблюдения	При времени наблюдения, час. мин.							
	0 30	6 30	8 30	10 30	12 30	14 30	16 30	18 30
От бутонизации до цветения								
13.VI	-0,09	0,10	0,20	0,24	0,21	0,09	-0,02	-0,12
15.VI	-0,08	0,12	0,19	0,24	0,22	0,07	-0,07	-0,16
16.VI	-0,20	0,02	0,17	0,25	0,20	0,08	-0,04	-0,09
17.VI	-0,12	0,08	0,16	0,24	0,24	0,13	-0,02	-0,09
18.VI	-0,07	0,11	0,18	0,20	0,16	0,07	-0,01	-0,08
20.VI	-0,07	0,07	0,14	0,22	0,19	0,08	-0,01	-0,08
23.VI	-0,07	0,07	0,13	0,18	0,12	0,04	-0,04	-0,09
24.VI	-0,09	0,09	0,16	0,20	0,17	0,06	-0,02	-0,08
26.VI	-0,07	0,09	0,16	0,21	0,16	0,06	-0,02	-0,09
28.VI	-0,06	0,06	0,15	0,19	0,12	0,04	-0,04	-0,10
Среднее	-0,09	0,08	0,16	0,22	0,18	0,07	-0,02	-0,10

От цветения до созревания

6.VII	—	—	0,13	0,21	0,18	0,05	-0,05	-0,09
9.VII	-0,06	0,02	0,10	0,24	0,26	0,20	0,01	—
12.VII	—	—	0,07	0,22	0,26	0,13	-0,05	-0,12
13.VII	-0,08	0,02	0,11	0,19	0,21	0,10	-0,01	-0,09
14.VII	-0,06	0,02	0,10	0,19	0,20	0,08	-0,02	-0,09
15.VII	-0,08	0,02	0,10	0,22	0,27	0,14	-0,05	-0,10
18.VII	-0,07	0,02	0,08	0,18	0,21	0,06	-0,06	-0,09
19.VII	-0,06	0,02	0,08	0,14	0,15	0,05	-0,03	-0,08
3.VIII	—	—	0,08	0,14	0,20	0,13	0,03	-0,05
4.VIII	-0,05	0,03	0,08	0,14	0,13	0,06	0,01	-0,03
2.IX	-0,12	0,02	0,08	0,14	0,14	0,10	0,04	-0,05
3.IX	-0,11	0,02	0,10	0,14	0,12	0,07	-0,01	-0,06
4.IX	-0,11	0,04	0,08	0,13	0,21	0,09	0,01	-0,06
Среднее	-0,08	0,02	0,09	0,18	0,20	0,10	-0,01	-0,08

После начала раскрытия коробочек и сбора хлопка-сырца

5.IX	-0,09	0,06	0,12	0,16	0,10	0,0	-0,08	-0,11
8.IX	-0,11	0,03	0,14	0,23	0,21	0,11	0,01	-0,05
13.IX	-0,08	0,06	0,12	0,17	0,14	0,06	-0,02	-0,10
14.IX	-0,08	0,10	0,17	0,24	0,20	0,09	-0,03	-0,12
15.IX	-0,08	0,03	0,11	0,18	0,16	0,01	-0,10	-0,13
16.IX	-0,09	0,05	0,14	0,23	0,20	0,06	-0,03	-0,09
17.IX	-0,10	0,02	0,10	0,18	0,16	0,05	-0,04	-0,09
18.IX	-0,08	0,05	0,13	0,21	0,15	0,04	-0,05	-0,09
23.IX	-0,09	-0,02	0,06	0,15	0,16	0,03	-0,08	—
24.IX	—	—	—	0,21	0,20	0,02	-0,07	-0,14
25.IX	-0,11	0,01	0,08	0,19	0,19	0,06	-0,08	-0,14
26.IX	—	0,02	0,12	0,20	0,20	0,07	-0,05	-0,13
28.IX	—	0,04	0,14	0,24	0,28	0,15	0,0	-0,13
Среднее	-0,09	0,04	0,12	0,20	0,18	0,06	-0,05	-0,11

баланс еще положительный, а поток тепла в почву переходит через нуль и меняет знак. Несколько позже меняет знак и радиационный баланс.

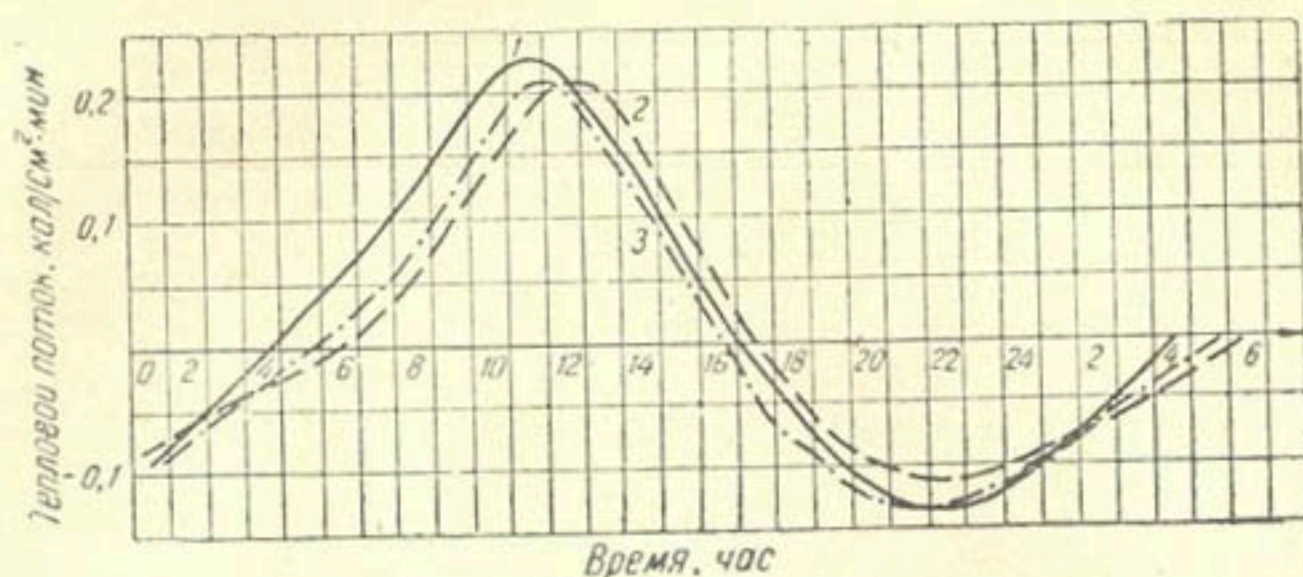


Рис. 1. Распределение потоков тепла в почве на хлопковом поле по периодам:

1—от бутонизации до цветения; 2—от цветения до созревания; 3—сбора хлопка-сырца.

Сумма тепла, затрачиваемого на нагревание почвы, например в ясный день июня, составляет 87 кал/см^2 , т. е. на 26 кал больше, отдаваемой почвой за ночь (61 кал/см^2). Суточная сумма радиационного баланса за этот же период равна 322 кал/см^2 .

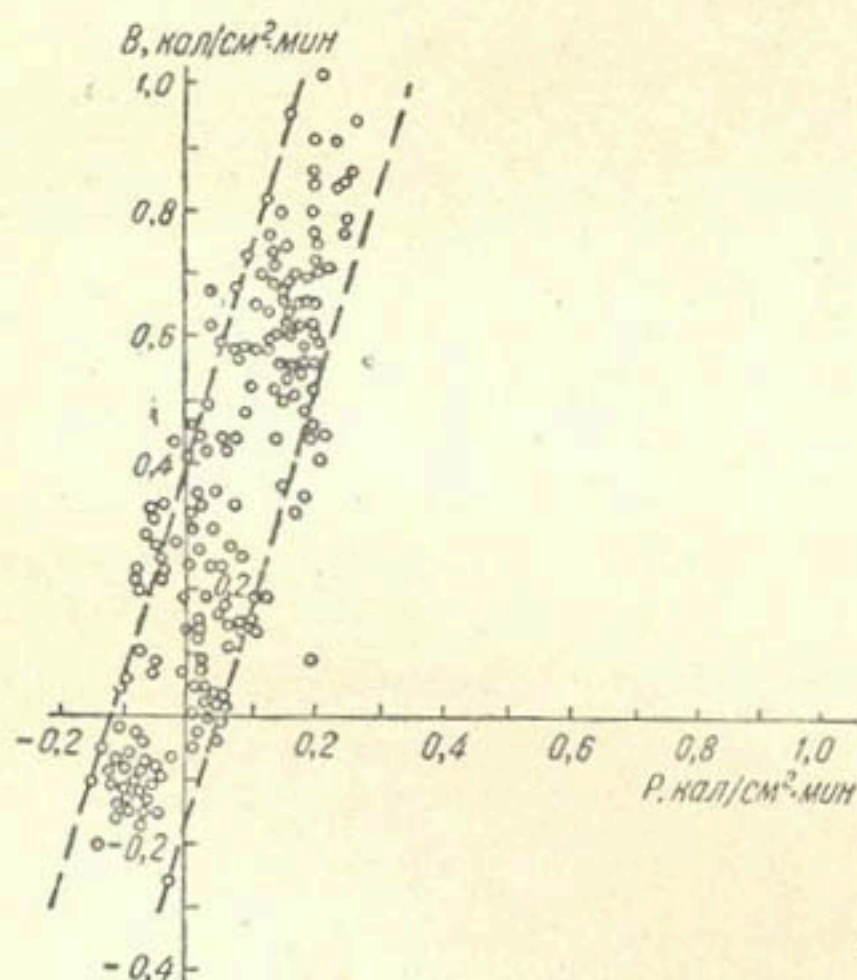


Рис. 2. Зависимость теплового потока в почве от радиационного баланса.

Следовательно, количество тепла, которое аккумулирует почва, составляет примерно 8% суточной суммы радиационного баланса.

Возвращаясь к табл. 1, отметим тенденцию к снижению теплового потока с уменьшением влажности почвы, в частности, в первый период развития хлопчатника. В самом деле, с 13 по 28 июня в соответствии с изменением влажности почвы от 16 до 6% максимальная величина потока тепла с $24\text{—}25 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ уменьшилась до $19\text{—}20 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$.

В непосредственной связи с теплообменом в почве возникает вопрос о характере распределения температуры в слое 0—20 см. В табл. 2 приведены данные распределения температуры почвы на хлопковом поле по глубине в отдельные ясные дни июня, июля и сентября. Как видно, в полуденные часы разность температур на поверхности почвы и на глубине 5 см достигает $20\text{—}25^\circ$, в то время как разность температур на глубине 5 и 10 см не превышает $4\text{—}5^\circ$.

В первые дни после полива в результате интенсивного испарения и связанных с ним затрат тепла на скрытую теплоту парообразования происходит некоторое уменьшение температуры почвы.

Таблица 2

Распределение температуры почвы по глубине на хлопковом поле, °С

Дата наблюдения	Число дней после полива	Влажность почвы, %	Глубина, см	При времени наблюдения, час. мин.										
				0 30	4 30	6 30	8 30	10 30	12 30	14 30	16 30	18 30	20 30	0 30
13.VI	3	15,8	0	13,2	14,2	16,5	24,5	34,7	39,8	40,7	32,1	23,0	18,7	14,2
			5	17,8	16,2	15,7	19,0	24,0	28,2	30,5	30,2	28,0	24,0	19,0
			10	20,0	18,0	17,2	18,1	20,8	24,0	26,0	27,4	26,5	24,0	21,0
			20	22,0	20,5	19,9	19,5	19,7	20,8	22,0	23,0	23,9	23,5	22,5
20.VI	10	11,4	0	17,7	18,0	20,8	28,0	41,8	50,5	48,0	37,0	27,7	22,5	16,3
			5	21,9	20,0	19,8	22,0	26,0	31,2	34,3	34,9	32,8	29,7	22,7
			10	23,7	21,6	21,0	21,4	23,6	27,0	30,2	31,2	31,4	29,5	25,0
			20	24,5	23,1	22,8	21,4	22,3	23,5	24,6	25,5	27,0	26,8	25,5
28.VI	18	6,3	0	21,2	21,4	22,5	33,6	50,2	56,6	50,5	40,6	29,1	23,3	15,6
			5	26,1	23,3	22,7	24,6	29,5	34,1	36,7	36,9	34,3	30,2	20,7
			10	27,5	25,4	24,4	24,8	26,8	29,8	32,6	33,9	33,2	32,0	26,8
			20	27,4	26,0	25,5	25,1	25,1	26,0	27,5	28,8	29,4	29,0	27,5
9.VII	4	16,3	0	20,0	20,3	20,4	24,8	30,7	47,3	45,2	32,6	27,5	—	—
			5	23,9	22,3	21,3	22,1	25,5	31,1	34,5	36,0	31,0	—	—
			10	25,1	23,2	22,7	22,7	24,0	26,8	30,1	31,1	30,2	—	—
			20	25,3	24,6	24,0	23,7	23,5	24,3	25,3	26,5	26,9	—	—
15.VII	10	11,4	0	19,0	20,5	22,2	27,5	38,0	51,4	51,1	41,1	32,0	27,0	21,0
			5	25,0	22,2	21,8	22,7	25,4	31,7	37,5	37,2	34,0	30,3	26,2
			10	26,5	24,0	23,5	23,6	24,5	27,8	31,7	33,5	32,5	30,8	27,5
			20	26,9	25,3	24,7	24,5	24,5	24,9	26,2	28,0	28,8	28,5	27,2
18.VII	13	8,9	0	20,0	21,0	22,4	27,0	40,0	50,5	49,0	35,5	30,4	27,0	23,4
			5	26,5	23,6	23,0	23,6	24,8	31,6	36,5	35,5	32,4	30,0	27,0
			10	27,3	24,0	23,9	24,5	25,0	28,2	31,7	32,7	31,5	29,4	27,5
			20	27,3	26,0	25,2	25,0	25,0	25,6	27,0	28,0	28,3	27,8	26,6
14.IX	3	18,7	0	14,7	14,6	14,6	20,5	31,7	36,0	34,3	27,0	21,0	17,2	13,0
			5	15,7	15,5	16,0	17,4	21,6	26,0	26,8	26,0	23,5	21,0	17,8
			10	19,1	17,4	16,8	17,3	20,5	24,4	25,7	26,0	23,5	21,5	18,5
			20	21,1	20,0	19,5	19,2	19,6	20,4	21,3	22,0	22,5	22,3	21,0
26.IX	15	11,6	0	4,5	3,5	4,7	8,5	25,3	31,2	28,6	17,0	12,0	9,3	6,7
			5	8,6	6,4	5,8	7,0	12,5	19,5	21,0	19,5	15,5	12,6	9,5
			10	9,4	7,3	7,0	7,5	10,3	16,8	19,5	20,0	16,2	13,8	10,8
			20	12,8	11,5	11,1	10,5	10,7	12,9	14,6	15,5	15,7	15,0	13,4

В последующие дни температура поверхности почвы увеличивается, оставаясь все же ниже температуры почвы неорошаемой площадки (табл. 3).

В начале сентября, в период сбора хлопка-сырца, наблюдается некоторое охлаждение почвы. Если в начале июня на поверхности

почвы температура достигает 47° , то в сентябре она снижается до 36° , и процесс испарения в дни после полива явно не сказывается на режиме температуры почвы.

Далее, на хлопковом поле на глубинах 5, 10 и 20 см максимумы температуры смещены во времени относительно максимума на поверхности на 2, 4 и 6 час. соответственно. Так, например, 15 июля на

Т а б л и ц а 3

Температура поверхности почвы на хлопковом поле (T),
метеоплощадке (T^1) и разность $\Delta T = T^1 - T$

Дата на- блюдения	Обозначе- ние	При времени наблюдения, час			
		1	7	13	19
13.VI	T^1	12,6	27,2	48,3	22,8
	T	13,0	17,8	40,8	21,5
	ΔT	-0,4	9,4	7,5	1,3
20.VI	T^1	17,1	26,1	53,1	25,4
	T	17,5	22,0	50,6	26,0
	ΔT	-0,4	4,1	2,5	-0,6
28.VI	T^1	20,8	30,3	58,4	27,4
	T	21,0	24,0	56,3	27,5
	ΔT	-0,2	6,3	2,1	-0,1
9.VII	T^1	22,2	25,4	57,8	31,4
	T	20,0	21,0	47,4	30,7
	ΔT	2,2	4,4	10,4	0,7
18.VII	T^1	18,0	34,8	59,0	29,3
	T	20,0	23,0	50,9	29,4
	ΔT	-2,0	1,8	8,1	-0,1
14.IX	T^1	13,2	17,3	56,0	20,4
	T	14,5	14,8	35,9	19,8
	ΔT	-1,3	2,5	20,1	0,6
26.IX	T^1	0,5	4,8	41,4	10,7
	T	4,3	4,0	31,2	12,3
	ΔT	-3,8	0,8	10,2	-1,6

поверхности почвы максимальная температура наблюдалась в 12 час. 30 мин., на глубине 5 см — в 14 час. 30 мин. и на глубине 20 см — в 18 час. 30 мин., что видно из рис. 3.

Н. Н. Бабушкина [2], детально изучив особенности распределения температуры почвы на хлопковом поле и на оголенном участке, пришла к следующему выводу: различия в температуре зависят от мощности хлопковых кустов, затененности почвы, ее влажности, структуры, скорости испарения, ветра, облачности и других условий. Отсюда ясно, что температура почвы может колебаться в значительных пределах в зависимости от разных факторов.

В работе [2] приведены значения температуры почвы под хлопчатником на ст. Бозсу, в ряде случаев отличающиеся от наблюдаемых нами.

Значения более низких температур получили Б. А. Айзенштат, Т. А. Огневая и И. С. Борушко [1] во время комплексной экспедиции ГГО в Пахтаарал летом 1952 г.

Повышенные значения температуры поверхностного слоя почвы на хлопковом поле в период наших наблюдений, по-видимому, можно объяснить уменьшением густоты стояния хлопчатника и характером развития кустов на опытных участках. Последнее обстоятельство обуславливает большее проникновение в почву солнечных лучей, отсюда большее нагревание поверхностного слоя почвы.

При расчете потока тепла в почву особый интерес представляет коэффициент температуропроводности, так как только он влияет на распределение температуры в почве по глубинам.

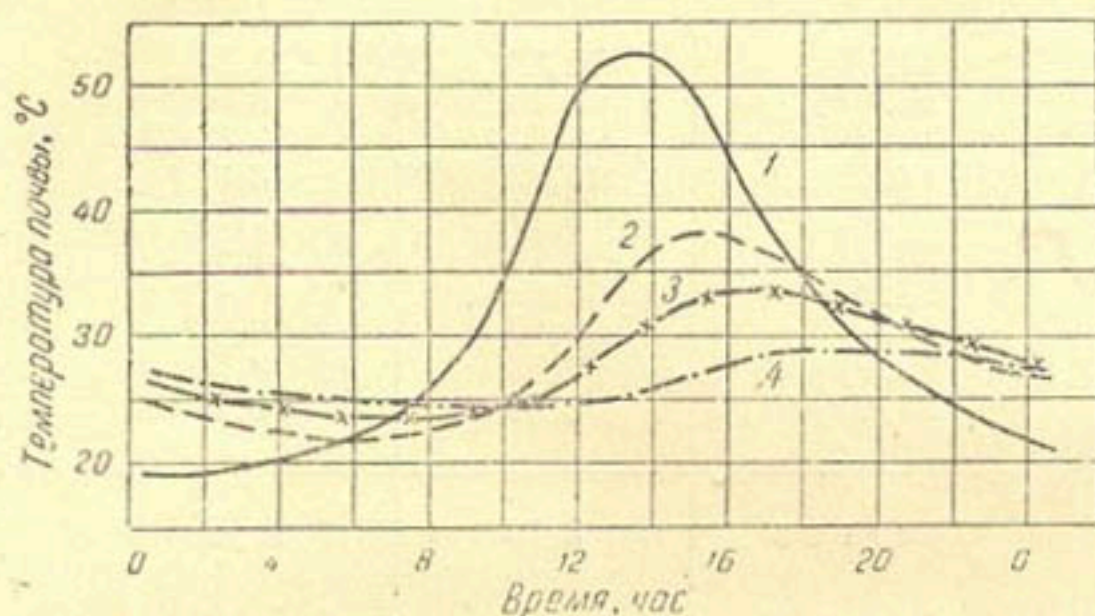


Рис. 3. Суточный ход температуры почвы на разных глубинах:

1—0 см; 2—5 см; 3—10 см, 4—20 см.

Расчет коэффициента температуропроводности производили по формуле Г. Х. Цейтина

$$K = \frac{M}{N} \text{ см}^2/\text{час}, \quad (3)$$

причем $M = 26,67 [0,0625 F(0, t) + F(5, t) + 1,625 F(10, t) + F(15, t) + 0,0625 F(20, t)] \text{ град} \cdot \text{см}^2$;

$$N = \tau \left[\frac{D(t_1) + D(t_n)}{2} + D(t_2) + \dots + D(t_{n-1}) \right] \text{ град} \cdot \text{час},$$

где $F(z, t) = T(z, t) - T(z, 0)$ — изменение температуры на уровне z за промежуток времени между наблюдениями;

$D(t_i) = T(0, t_i) + T(20, t_i) - 2T(10, t_i)$ — температура на глубине z в момент времени t_i .

τ — промежуток времени между последовательными наблюдениями.

Результаты определения коэффициента температуропроводности ($\text{см}^2/\text{час}$) приведены в табл. 4. Здесь же даны и значения влажности почвы.

Следовательно, коэффициент температуропроводности на хлопковом поле меняется в широких пределах. В первый период развития хлопчатника (от бутонизации до цветения) с уменьшением влажности почвы наблюдается тенденция к понижению коэффициента. В последующие периоды можем лишь отметить рост коэффициента в тех случаях, когда он определяется сразу же после длительного полива (например, 2 сентября). Таким образом, коэффициент температуропроводности зависит от влажности почвы. Однако эта зависимость сложная [4], так как влажность почвы увеличивает не только теплопроводность, но и теплоемкость почвы.

Таблица 4

Коэффициент температуропроводности
почвы при различной ее влажности

Дата наблюде- ния	$K, \text{см}^2/\text{час}$	Влажность поч- вы, %
От бутонизации до цветения		
13.VI	10,30	15,8
15.VI	7,13	14,5
16.VI	8,42	13,8
17.VI	10,72	13,3
18.VI	8,79	12,7
20.VI	9,10	11,4
23.VI	5,95	9,4
24.VI	6,90	8,8
26.VI	7,05	7,5
28.VI	6,60	6,3
Среднее	8,10	11,4
От цветения до созревания		
6.VII	7,68	18,9
9.VII	8,58	16,3
12.VII	8,04	13,9
13.VII	9,46	13,0
14.VII	9,85	12,2
15.VII	8,62	11,4
18.VII	7,36	8,9
19.VII	7,86	8,0
3.VIII	18,2	12,5
4.VIII	16,8	11,4
2.IX	44,7	19,0
3.IX	26,6	18,7
4.IX	29,3	18,3
Среднее	15,6	14,0
В период сбора хлопка		
5.IX	10,2	18,0
8.IX	31,6	17,0
13.IX	20,3	19,3
14.IX	16,14	18,7
15.IX	11,2	18,5
16.IX	18,1	17,5
17.IX	17,2	16,9
18.IX	13,1	16,4
23.IX	14,0	13,4
24.IX	17,7	12,8
25.IX	18,2	12,2
26.IX	20,4	11,6
28.IX	7,6	10,4
Среднее	16,6	15,6

ВЫВОДЫ

1. Тепловой поток в почву имеет ясно выраженный суточный ход. Наибольшей величины поток достигает между 10 и 11 час. и колеблется в пределах $0,16-0,25 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ От цветения до созревания максимум потока наблюдается около полудня.

2. В течение дня отмечается слабо выраженная зависимость потока тепла в почву от радиационного баланса.

3. Тепло, которое аккумулирует почва, составляет примерно 8% суточной суммы радиационного баланса.

4. На хлопковом поле на глубинах 5, 10 и 20 см максимум температуры смещен во времени относительно максимума на поверхности на 2, 4 и 6 час. соответственно.

5. Коэффициент температуропроводности на хлопковом поле меняется в широких пределах. При снижении влажности почвы наблюдается тенденция к уменьшению коэффициента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенштат Б. А., Огнева Т. А., Борушко И. С. Влияние орошения на распределение метеорологических элементов в приземном слое, Труды ГГО, вып. 39 (104), Л., 1953.
 2. Бабушкина Н. Н. Некоторые особенности режима температуры почвы на хлопковом поле, Труды ГГО, вып. 7 (8), Л., 1952.
 3. Русин Н. П. Об определении теплообмена в почве на гидрометеорологических станциях, Труды ГГО, вып. 52(114), Л., 1955.
 4. Сапожникова С. А. Микроклимат и местный климат, Л., Гидрометеиздат, 1950.
 5. Цейтин Г. Х. К вопросу об определении некоторых тепловых свойств почвы, Труды ГГО, вып. 39(101), Л., 1953.
-

Б. Е. МИЛЬКИС И М. С. СААТОВ

О РАДИАЦИОННОМ БАЛАНСЕ ХЛОПКОВОГО ПОЛЯ

Для решения некоторых водохозяйственных задач определенное значение имеет вопрос о расчете суммарного испарения с различных сельскохозяйственных угодий.

Один из наиболее объективных расчетных приемов основан на уравнении теплового баланса деятельной поверхности.

$$B = P + M + LE, \quad (1)$$

где B — радиационный баланс;

P — теплообмен в почве;

M — теплообмен подстилающей поверхности с атмосферой;

LE — тепло, затрачиваемое на испарение влаги (или выделяемое при конденсации) с подстилающей поверхности.

В настоящей работе рассматривается только первая и самая существенная часть теплового баланса — радиационный баланс; показан характер изменений радиационного баланса по фазам развития хлопчатника, суточный ход составляющих баланса, зависимость радиационного баланса от степени увлажнения почвы. В основу статьи положены результаты наблюдений на хлопковом поле летом 1962 г.

Опытные участки мы выбрали на левом берегу Кайраккумского водохранилища на полях колхоза «Коммунизм», Домлаазизовского сельсовета, Ленинабадской области.

Актинометрические наблюдения на участках производили стандартными приборами в 0 ч. 30 мин., 6 ч. 30 мин., 9 ч. 30 мин., 12 ч. 30 мин., 15 ч. 30 мин. и 18 ч. 30 мин. местного среднесолнечного времени*.

Для измерения радиационного баланса применили термоэлектрический балансомер, разработанный Б. А. Айзенштатом. Все приборы присоединяли через переключатель к одному гальванометру типа ГСА-1.

В статье частично использованы материалы актинометрических наблюдений Кайраккумской гидрометеорологической обсерватории, метеоплощадка которой находится примерно в 6 км от хлопкового поля.

Наблюдениями были охвачены три фазы развития растений: от бутонизации до цветения, от цветения до созревания и после начала раскрытия коробочек и сбора хлопка-сырца.

* Каждые 5 дней производились учащенные наблюдения через 2 часа.

Хлопковое поле орошалось самотечным поливом 4—10 июля; 1—5, 23—24 июля; 5 и 15, 19—29 августа; 10—11 и 29 сентября.

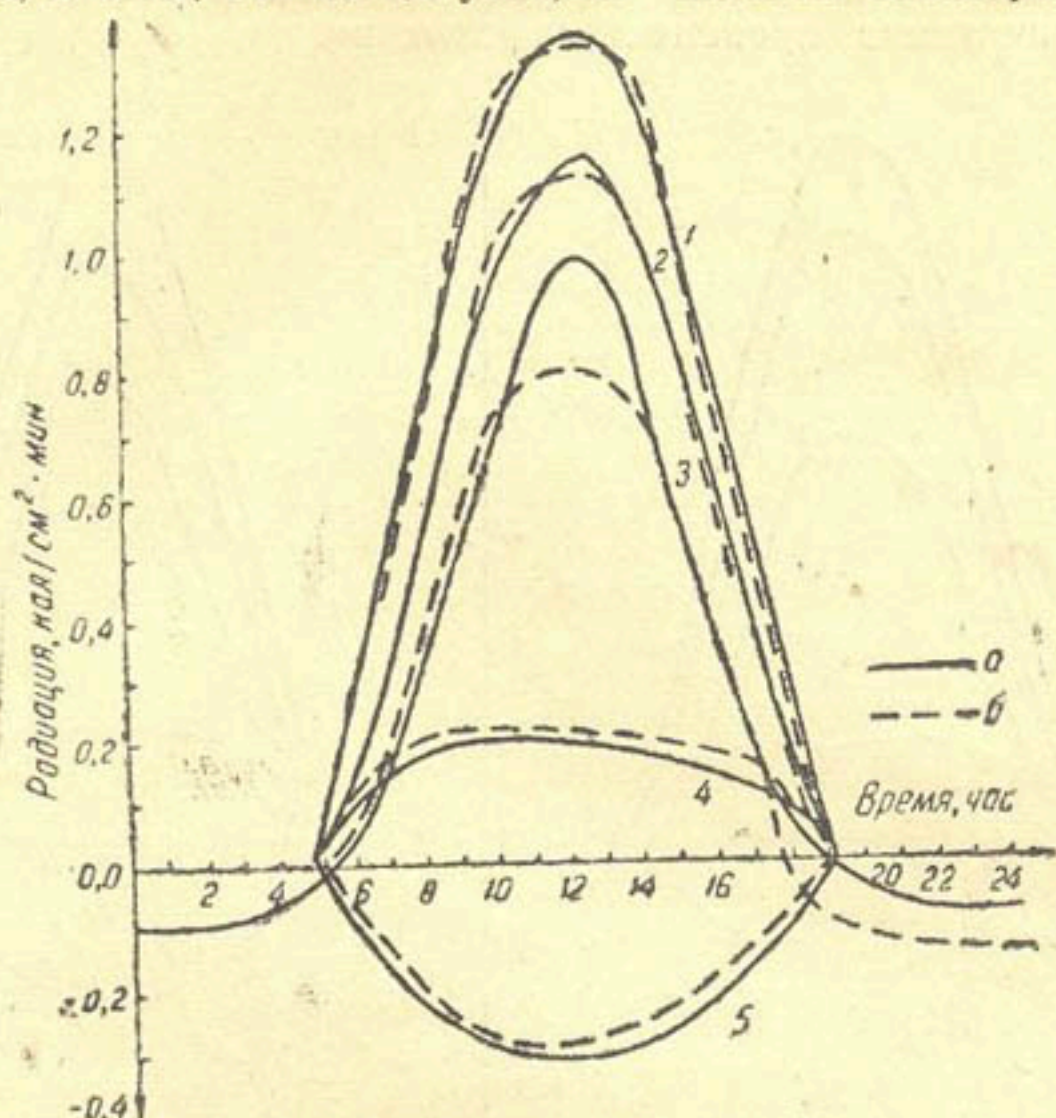


Рис. 1. Суточный ход составляющих радиационного баланса:

I—суммарная радиация; 2—прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность; 3—радиационный баланс; 4—рассеянная радиация; 5—отраженная радиация; *a*—после полива (22 июля); *б*—перед поливом (18 июля).

Как известно, уравнение радиационного баланса записывается в виде

$$B = S' + D + E_a - R_k - R_a - E_a = B_k + B_a, \quad (2)$$

где B — радиационный баланс деятельной поверхности;
 S' — прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность;
 D — рассеянная радиация;
 E_a — излучение атмосферы;
 R_k — отраженная коротковолновая радиация;
 R_d — отраженная длинноволновая радиация;
 E_s — излучение деятельной поверхности;
 B_k — баланс коротковолновой радиации;
 B_d — баланс длинноволновой радиации, причем

$$B_K = S' + D - R_K = (S' + D)(1 - A_K), \quad (3)$$

$$B_1 = E_1 - E_3 - R_1; \quad (4)$$

здесь $A_k = \frac{R_k}{S' + D}$ — альbedo деятельной поверхности для коротких волн.

Суточный ход радиационного баланса хлопкового поля за период вегетации растений в зависимости от степени увлажнения почвы дан

в табл. 1. В основном рассматриваются материалы наблюдений только за ясные дни. Как видим, эффект полива в различные периоды развития хлопчатника проявляется различно.

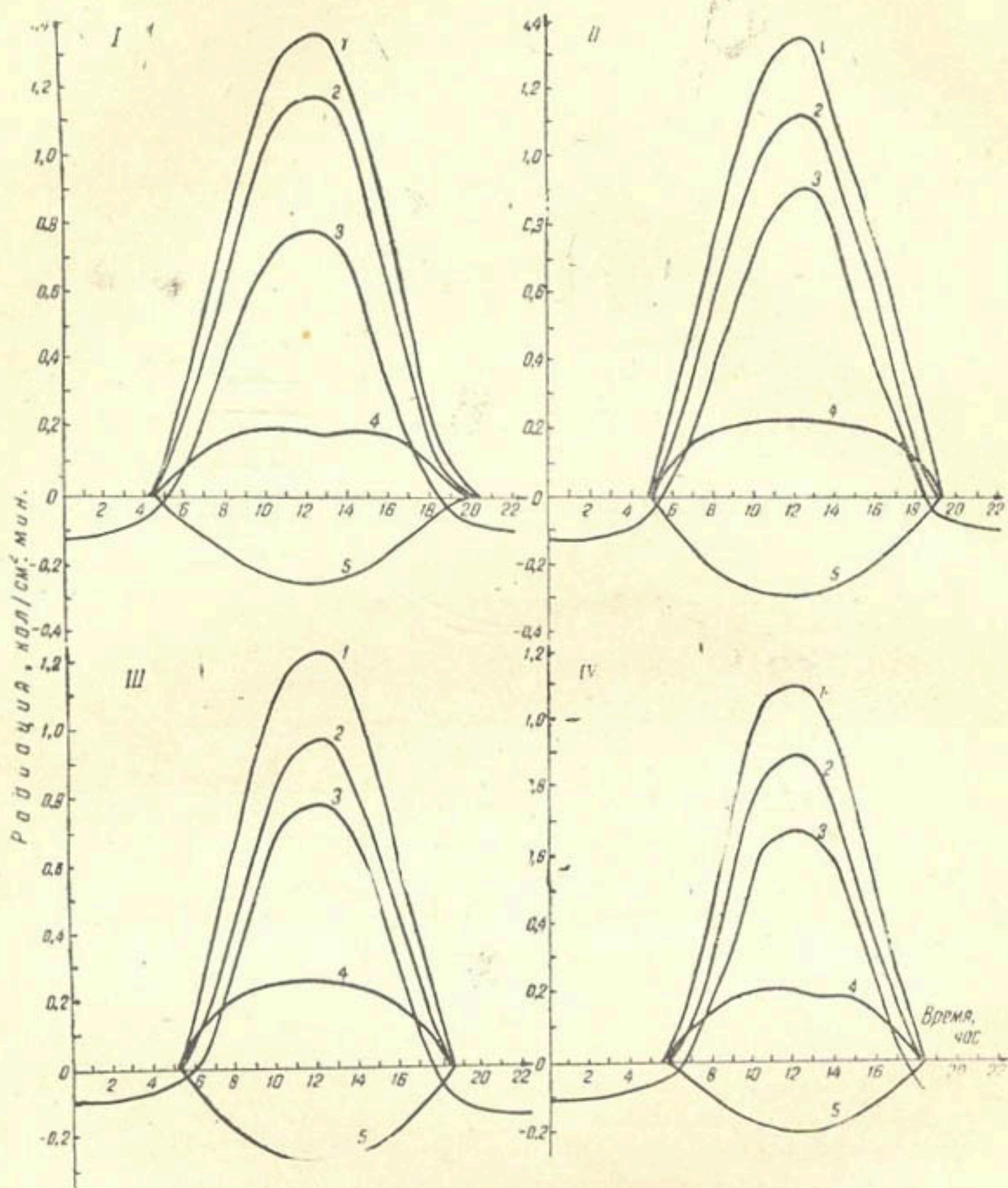


Рис. 2. Суточный ход составляющих радиационного баланса хлопкового поля по периодам:

I—13—28 июня; II—6—27 июля; III—4 августа—3 сентября; IV—5—28 сентября (условные обозначения те же, что и на рис. 1).

В первой и частично второй фазе, когда растения еще невысоки и несомкнуты, орошение поля вызывает заметные изменения радиационного баланса. Для примера характерны наблюдения 18 и 25 июля, когда радиационный баланс в полдень перед поливом и после полива показывал разницу в 18% (рис. 1). В третьей фазе развития растения более сомкнуты, сильнее затеняют почву и эффект полива почти не проявляется.

Суточный ход радиационного баланса хлопкового поля по фазам развития растений, ккал/см². мин

Дата наблюд- дения	Число дней пос- ле полива	Влаж- ность по- чвы, %	При времени наблюдения, час. мин.											
			0 30	4 30	6 30	8 30	10 30	12 30	14 30	16 30	18 30	20 30	0 30	
От бутонизации до цветения														
13. VI	3	15,8	-0,15	-0,08	0,17	0,56	0,84	0,92	0,67	0,10	-0,04	-0,10	-0,12	
16. VI	6	13,8	-0,14	-0,06	0,17	0,53	0,79	0,78	0,58	0,23	-0,03	-0,08	-0,12	
17. VI	7	13,3	-0,13	-0,05	0,14	0,50	0,79	0,84	0,65	0,28	0,06	-0,07	-0,10	
18. VI	8	12,7	-0,10	-0,04	0,14	0,44	0,69	0,75	0,60	0,29	-0,04	-0,09	-0,10	
23. VI	13	9,4	-0,07	-0,04	0,11	0,44	0,70	0,76	0,62	0,28	-0,06	-0,10	-0,12	
26. VI	16	7,5	-0,11	-0,04	0,14	0,46	0,66	0,67	0,56	0,31	0,08	-0,06	-0,12	
28. VI	18	6,3	-0,13	-0,04	0,16	0,48	0,66	0,71	0,62	0,34	-0,06	-0,10	-0,11	
Среднее	—	—	-0,12	-0,05	0,15	0,49	0,73	0,78	0,61	0,26	-0,01	-0,09	-0,11	
От цветения до созревания														
6. VII	1	18,9	—	—	0,17	0,48	0,88	0,95	0,74	0,35	-0,03	-0,09	-0,09	
9. VII	4	16,3	-0,11	-0,08	0,11	0,50	0,76	0,94	0,68	0,33	0,03	-0,09	-0,10	
18. VII	13	8,9	-0,11	-0,05	0,09	0,48	0,76	0,80	0,63	0,28	0,07	-0,12	-0,15	
25. VII	1	19,6	—	—	0,10	0,41	0,78	0,98	0,64	0,24	-0,02	-0,06	-0,08	
27. VII	3	15,2	-0,14	-0,10	0,10	0,46	0,74	0,88	0,68	0,29	-0,07	-0,11	-0,12	
Среднее	—	—	-0,12	-0,08	0,11	0,47	0,78	0,91	0,67	0,30	-0,02	-0,09	-0,10	
4. VIII	11	11,7	-0,08	-0,03	0,05	0,35	0,70	0,81	0,60	0,25	-0,06	-0,09	-0,11	
16. VIII	1	19,8	—	—	0,10	0,41	0,79	0,84	0,76	0,25	0,00	—	—	
1. IX	3	19,3	-0,10	-0,09	0,00	0,41	0,72	0,79	0,55	0,21	-0,14	-0,13	-0,10	
3. IX	5	18,7	-0,10	-0,07	0,01	0,36	0,66	0,69	0,52	0,15	-0,13	-0,16	-0,16	
Среднее	—	—	-0,09	-0,06	0,04	0,38	0,72	0,78	0,61	0,22	-0,08	-0,13	-0,12	

Продолжение табл. 1

После начала раскрытия коробочек и сбора хлопка-сырца

5.IX	7	18,0	-0,11	-0,08	0,00	0,30	0,65	0,73	0,52	0,17	-0,11	-0,13	-0,09
8.IX	10	17,0	-0,08	-0,06	0,02	0,31	0,60	0,75	0,59	0,10	-0,15	-0,15	-0,10
13.IX	2	19,3	-0,10	-0,06	-0,03	0,19	0,67	0,71	0,51	0,15	-0,03	-0,10	-0,10
15.IX	4	18,1	-0,10	-0,07	-0,01	0,25	0,60	0,67	0,48	0,13	-0,11	-0,14	-0,10
17.IX	6	16,9	-0,09	-0,08	-0,02	0,25	0,60	0,66	0,48	0,20	-0,06	-0,09	-0,04
20.IX	9	15,2	-0,13	-0,09	-0,02	0,28	0,62	0,64	0,48	0,08	-0,13	-0,14	-0,12
21.IX	10	14,6	-0,12	-0,08	0,01	0,25	0,58	0,68	0,55	0,23	-0,10	-0,14	-0,14
25.IX	14	12,2	-0,14	-0,11	-0,06	0,21	0,58	0,62	0,49	0,11	-0,12	-0,15	-0,11
28.IX	17	10,4	-0,10	-0,08	-0,05	0,18	0,51	0,57	0,38	0,09	-0,13	-0,15	-0,10
Среднее	—	—	-0,11	0,08	-0,02	0,25	0,60	0,67	0,50	0,14	-0,10	-0,13	-0,10

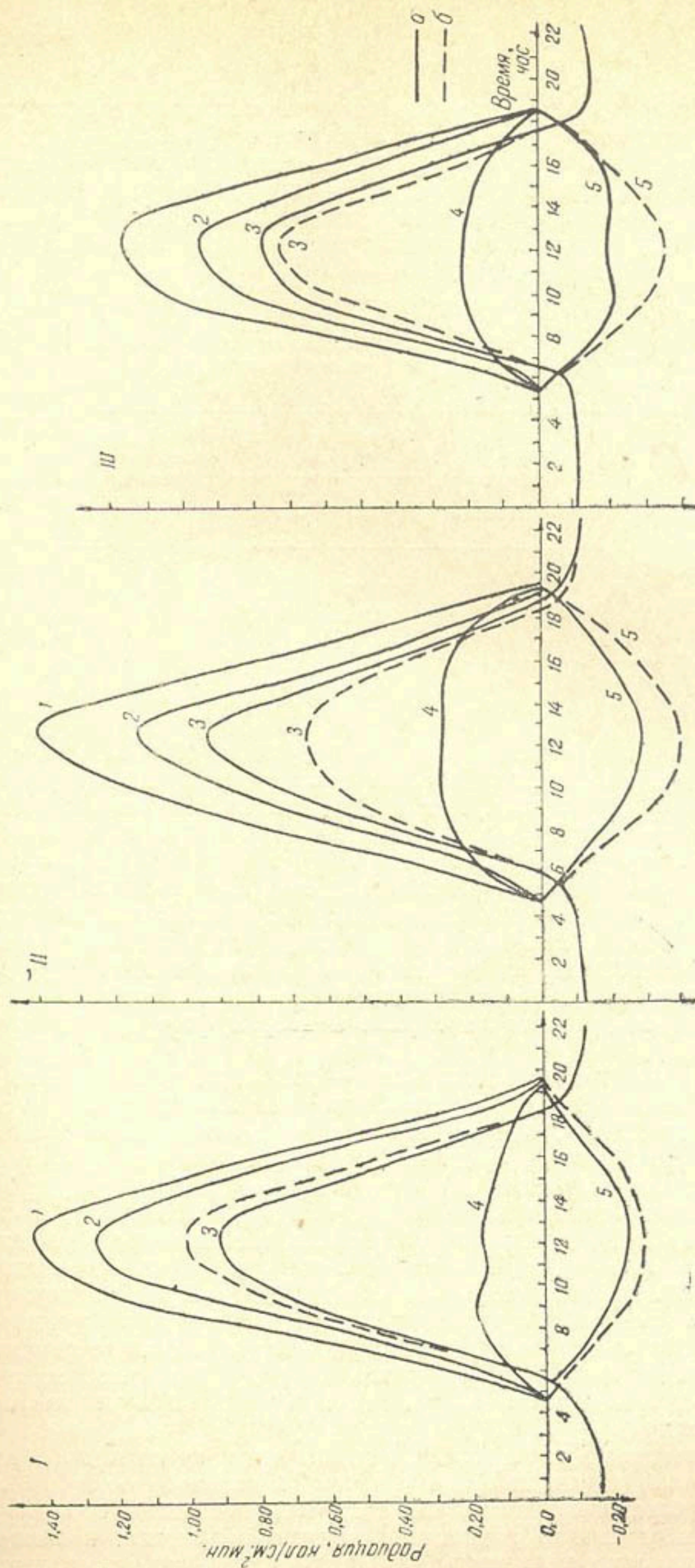


Рис. 3. Суточный ход составляющих радиационного баланса:

a—на площадке метеостанции Кайраккум; *b*—на хлопковом поле *I*—13 июня; *II*—9 июля; *III*—1 сентября (условные обозначения те же, что и на рис. 1 и 2).

Постепенное уменьшение радиационного баланса к концу периода связано с изменением суммарной радиации (рис. 2).

Если осреднить величины радиационного баланса по периодам и сопоставить полученные средние, то можно отметить некоторое увеличение радиационного баланса в начале второй фазы развития хлопчатника, в то время как суммарная радиация имеет наибольшее значение в первой фазе (табл. 2).

Таблица 2

Средние максимумы составляющих радиационного баланса по периодам, кал/см². мин

Элемент баланса	От бутонизации до цветения	От цветения до созревания		После начала раскрытия коробочек и сбора хлопка-сырца
		начало	конец	
$S' + D$	1,37	1,35	1,23	1,09
D	0,18	0,22	0,25	0,20
B	0,78	0,91	0,78	0,67
R	-0,26	-0,29	-0,27	-0,21
B_1	0,86	0,74	0,64	0,58

Для сравнения в последней строке табл. 2 приведены средние максимумы радиационного баланса оголенной поверхности (метеоплощадка ГМС «Кайраккум»). Как видно, наибольшее значение баланса наблюдается в первой фазе развития хлопчатника, т. е. здесь его ход аналогичен ходу суммарной радиации.

Характерные кривые суточных ходов составляющих радиационного баланса за 13 июня, 9 июля и 1 сентября изображены на рис. 3. Пунктирной линией нанесен суточный ход радиационного баланса и отраженной радиации на оголенной поверхности. Из рисунка ясно видно различие в ходе радиационного баланса на хлопковом поле и на оголенной поверхности в первой и второй фазе развития хлопчатника.

Одна из причин такого различия — разница в альбедо. Это хорошо заметно по дневному ходу отраженной радиации (рис. 3). В табл. 3 показаны изменения величины альбедо в течение дня на хлопковом поле по фазам развития растений. Альбедо хлопкового поля имеет явно выраженный дневной ход с минимумом около полудня. При более развитом хлопчатнике альбедо несколько выше.

Суточные суммы тепла по отдельным составляющим радиационного баланса хлопкового поля в различные периоды приведены в табл. 4. Здесь отмечается увеличение дневной суммы радиационного баланса в начале второй стадии развития растений, в то время как дневная сумма суммарной радиации имеет наибольшее значение в первой фазе. Дневные суммы отраженной радиации за рассматриваемый период изменялись в небольших пределах, за исключением последней фазы.

Остановимся на характере изменения суточного хода баланса длинноволновой радиации при орошении хлопкового поля (табл. 5).

Наблюдения показывают, что в дневные часы на политом поле баланс длинноволновой радиации (по данным дневных наблюдений) может значительно уменьшиться. Следовательно, из материалов на-

Таблица 3

Дневной ход альбедо хлопкового поля, %

Период	При времени наблюдения, час мин.						
	6 30	8 30	10 30	12 30	14 30	16 30	18 30
От бутонизации до цветения	23	21	19	19	19	20	24
От цветения до созревания (начало)	30	28	24	22	23	27	33
От цветения до созревания (конец)	33	27	24	24	23	27	34
После начала раскрытия коробочек и сбора хлопка-сырца	26	21	20	20	22	—	—

Таблица 4

Суточные суммы составляющих радиационного баланса, кал/см²

Период	S'+D	S'	D	R	B		
					день	ночь	сутки
От бутонизации до цветения	718	591	127	140	356	—58	298
От цветения до созревания (начало)	674	532	142	166	384	—58	326
От цветения до созревания (конец)	586	442	144	144	342	—66	276
После начала раскрытия коробочек и сбора хлопка-сырца	485	380	105	90	257	—71	186

Таблица 5

Суточный ход баланса длинноволновой радиации перед поливом и после полива, кал/см². мин

Дата наблюдения	Число дней после полива	При времени наблюдения, час мин.		
		6 30	12 30	18 30
28.VI	18	—0,13	—0,33	—0,19
6.VII	1	—0,13	—0,16	—0,17
Разность		0	0,17	0,2
18.VII	13	—0,16	—0,25	—0,16
25.VII	1	—0,11	—0,04	—0,12
Разность		0,05	0,21	0,04

блюдений на хлопковом поле летом 1962 г. видно, что эффект полива вызывает заметные изменения радиационного баланса (до 18%) в период от бутонизации до цветения и, частично, в начале периода от цветения до созревания. Эффект полива проявляется и в ходе баланса длинноволновой радиации. В начале второй фазы развития хлопчатника радиационный баланс увеличивается. При более развитом хлопчатнике альbedo несколько выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенштат Б. А. [и др]. Изменение теплового баланса деятельной поверхности при орошении, Труды ГГО, вып. 39 (101), Л., Гидрометеиздат, 1953.
 2. Зуев М. В. Формирование микроклимата хлопкового поля, Л., Гидрометеиздат, 1956.
-

В. П. СВЕТИЦКИЙ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Под дополнительными водами понимаются те водные ресурсы, которые формируются в речных бассейнах ниже створов, замыкающих горную часть водосборов, за счет выклинивания подземных вод в русло рек, родниковых вод, поступления дренажных вод из коллекторно-дренажной сети и сбросных вод с полей орошения. Название «дополнительные» они получили в силу того, что их количество в большинстве случаев гидрометрически не учитывается, так как основная сеть УГМС обычно размещается в вышерасположенных створах, при выходе рек из гор.

Вопрос об исследованиях дополнительных вод в бассейнах рек Средней Азии вообще и по Ферганской долине в частности ставился давно и многократно, но достаточно полного освещения не получил и до последнего времени, несмотря на очевидную его актуальность. Изучение генезиса дополнительных вод, их количественных и качественных характеристик имеет большое научное и практическое значение для наиболее рационального использования дополнительных вод как в настоящее время, так и в перспективе.

Подведем некоторые итоги изучения указанного вопроса в научно-исследовательских и проектных организациях Средней Азии в связи с рассмотрением перспективы комплексного использования водных ресурсов Ферганской долины.

Поскольку дополнительные воды являются важным элементом водных ресурсов и методически определяются водобалансовыми расчетами, здесь в краткой форме даны как изложение результатов расчетов водного баланса Ферганской долины, так и оценка собственно дополнительных вод.

ВОДНЫЙ БАЛАНС ФЕРГАНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Водный баланс речных бассейнов и вообще территорий изучался продолжительное время на основе уравнения, в которое входили три элемента: осадки, сток, испарение. Давая ответы на ряд вопросов при научных исследованиях, уравнение не получило широкого распространения при решении практических задач. Это обстоятельство послужило причиной для большего дифференцирования элементов уравнения водного баланса, а также постановки и решения задач в водохозяйственном плане.

Стремясь охватить основные элементы круговорота воды, ряд исследователей [1, 2, 3] в разное время предложили речной сток учитывать отдельно, как две составляющие — поверхностную (паводочный сток) и подземную (меженный). Такое разделение позволило оценить ресурсы почвенной влаги, подойти к общей оценке ресурсов подземных вод и установить некоторые связи между основными источниками водных ресурсов.

Уравнение водного баланса с разделением стока на две составляющие названо М. И. Львовичем [3] «дифференцированным» и использовано им для прогнозирования изменений стока под влиянием хозяйственной деятельности на водосборе.

Для перспективного планирования комплексного использования водных ресурсов разрабатываются водохозяйственные балансы, в которых основное внимание уделяется сопоставлению будущего водопотребления и водопользования с теми водными ресурсами, которые будут в наличии на расчетные уровни. Прогноз приходной части баланса основывается на прогнозе изменений, связанных с хозяйственной деятельностью на речных водосборах.

В условиях Средней Азии водный баланс составлялся для отдельных речных бассейнов или их частей. Так, например, в бассейне р. Сыр-Дарьи он разрабатывался для Ферганской котловины, начиная с 1938 г. Результаты этих расчетов излагаются ниже.

Первая попытка составления водного баланса Ферганской котловины была осуществлена В. Л. Шульцем в 1938—1939 г. отдельно для горной и равнинной частей. Для горной части котловины уравнение водного баланса было представлено в следующем виде:

$$X + Y_H = \sum Y_2 + W_2 + Z$$

или

$$X = (\sum Y_2 - Y_H) + W_2 + Z,$$

где X — осадки;

Y_H — сток р. Нарына на водораздельной границе;

$\sum Y_2$ — отток поверхностных вод;

W_2 — отток подземных вод (ввиду малости величины W_2 ею пренебрегали);

Z — испарение.

По имевшимся тогда данным (по 1936 г. включительно), $X = 434$ мм, $\sum Y_2 - Y_H = 230$ мм, откуда $Z = 204$ мм.

Для равнинной части котловины уравнение имело несколько иной вид:

$$X + \sum Y_1 = Z + \sum Y_2,$$

где осадки $X = 225$ мм; приток поверхностных вод $\sum Y_1 = 783$ м³/сек (или 1142 мм); отток поверхностных вод (ст. Запорожская) $\sum Y_2 = 551$ м³/сек (805 мм), откуда $Z = 562$ мм.

По мере накопления данных по элементам водного баланса он уточнялся.

В 1959 г. В. Л. Шульц вновь вернулся к этому вопросу [4]. При решении уравнения водного баланса был учтен в приходной части еще один элемент — приток подземных вод W_1 , и расчеты выполнены для трех периодов — 1925—1939; 1940—1955; 1925—1955 гг.

Количество осадков было определено путем построения карт изогнет для указанных расчетных периодов.

Поверхностный приток с гор по периферийным горным источникам определен в следующем размере:

	Годы	м ³ /сек
среднее за	1925—1939	367
· ·	1940—1955	408
· ·	1925—1955	387

Если же учесть приток по р. Нарыну 419 м³/сек и неизученные гидрометрически мелкие водные источники (около 24 м³/сек), то полный поверхностный приток ΣY_1 будет:

	Годы	м ³ /сек	мм
среднее за	1925—1939	771	1180
· ·	1940—1955	839	1280
· ·	1925—1955	806	1231

Приток подземных вод из горной области (W_1) определен по рекомендациям Н. М. Решеткиной в размере 15% от поверхностного стока.

Поверхностный отток Y_2 принят по данным станций Запорожской — Кызылшлакской:

	Годы	м ³ /сек	мм
среднее за	1925—1939	524	(800)
· ·	1940—1955	585	(895)
· ·	1925—1955	555	(849)

По уравнению водного баланса величина суммарного испарения составила.

	Годы	м ³ /сек	мм
среднее за	1925—1939	490	(752)
· ·	1940—1955	519	(791)
· ·	1925—1955	509	(776)

Еще раз водный баланс Ферганской долины рассматривался в 1960 г. при составлении прогноза баланса р. Сыр-Дарьи в связи со строительством энерго-ирригационных узлов [5]. В этой работе впервые в Средней Азии по рекомендации Л. В. Дунина-Барковского был апробирован метод Блейни — Криддла при определении суммарного испарения расчетным путем. Не вдаваясь в критику этого метода, отметим, что годовые величины испарения, по Блейни — Криддлу и методу водного баланса, для Ферганской долины были получены близкими, месячные же величины имели весьма значительные отклонения.

Произведенные в разное время водобалансовые расчеты позволяют проследить эволюцию в количественной оценке элементов водного баланса равнинной части Ферганской долины по мере накопления данных (табл. 1).

Итак, благодаря двадцатилетнему накоплению и уточнению данных об осадках и стоке (поверхностном), оценка величины суммарного испарения изменилась весьма существенно (от 562 до 776 мм).

На основании анализа произведенных водобалансовых расчетов по Ферганской долине их составители и мы считаем необходимым повышение качества в оценке некоторых элементов водного баланса, а именно: испарения, режима подземных вод и стока с предгорий. Это позволит с достаточной достоверностью оценить водные

ресурсы Ферганской долины в настоящее время и дать прогноз их изменчивости на перспективу, что очень важно для решения практических задач по дальнейшему освоению долины.

Отметим, что водный баланс любой территории дает лишь общее представление о водных ресурсах и не отвечает на ряд вопросов, возникающих при решении задач по их использованию. Поэтому в практике водохозяйственных организаций Средней Азии для проектирования мероприятий по комплексному использованию водных источников (гидроэнергетика, орошение, мелиорация, водоснабжение и др.) разрабатываются водохозяйственные (водоземельные) балансы.

Таблица 1

Год расчета	Осадки X , мм	Приток, мм		Отток, мм		Испарение Z , мм
		поверхностный ΣY_1	подземный W_1	поверхностный Y_2	Подземный W_2	
1939	225	1142	—	805	—	562
1950	225	1150	—	785	—	590
1959	209	1231	183	849	—	776
1960	209	1231	183	861	23	739
1960	209	1231	183	861	23	763*

* По Блейни — Кридлу.

Для бассейна Сыр-Дарьи водохозяйственные балансы составлялись проектными организациями многократно, начиная с 20-х годов до самого последнего времени. Водные ресурсы равнинной части определялись как сумма поверхностного стока, учитываемого гидрометрически на реках у выхода из гор, и дополнительных вод, поступающих в русла рек, и на территорию, орошаемую ирригационными системами. Расходная часть баланса складывалась из потребления воды сельскохозяйственными культурами с учетом потерь в ирригационной сети и заборов другими потребителями. Для перспективы прогноз изменений режима стока устанавливался путем учета отборов и сбросов при развитии орошения в горной части или осуществлении других водохозяйственных мероприятий, а также посредством учета изменений в режиме дополнительных вод. В расходной части прогнозируемого баланса производились расчеты водопотребления на заданные расчетные уровни.

При разработке водохозяйственных балансов главное затруднение заключается в оценке ресурсов дополнительных вод и особенно прогноза их изменчивости в перспективе.

Исследования дополнительных вод весьма трудоемки и, кроме того, до настоящего времени еще не разработана отвечающая современным требованиям методика определения их ресурсов. Применяемый на практике способ руслового баланса позволяет учитывать их только на участках рек и не охватывает внутрисистемные дополнительные воды, нередко используемые многократно. Кроме того, этот способ в том виде, в каком он сейчас применяется, не позволяет осветить генезис дополнительных вод и прогнозировать изменение их режима на перспективу. Более точно рассматриваемый вопрос может быть решен методом водного баланса отдельных частей бассейна, который, однако, не везде и не во всех случаях применим из-за трудности оценки подземного стока и суммарного испарения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОДЫ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Генетически дополнительные воды Ферганской долины складываются из собственно дополнительных, образуемых за счет притока подземных вод, и так называемых «возвратных», которые были ранее учтены при водозаборе из водных источников. Разделить их на эти две составляющие нередко весьма трудно.

Подземные воды в Ферганской котловине сконцентрированы в зоне четвертичных рыхлообломочных отложений в равнинной части и в опоясывающей предгорной полосе в межадырных и заадырных впадинах. Грунтовые воды, подпертые грядой адыров, приближаются к дневной поверхности и выклиниваются на периферии конусов выноса в виде родников, в руслах рек, каналов, коллекторов.

Широко распространены также грунтовые воды аллювиальных террас рр. Сыр-Дарья, Нарына и Карадарьи, питающиеся фильтрационными водами из речной и ирригационной сетей. В период межени они дренируются указанными реками, а в период паводков пополняются из них.

В пределах Ферганской долины Сыр-Дарья проходит по наиболее пониженным отметкам и служит мощной естественной дренажной грунтовых вод и транзитным трактом всех сбросных поверхностных вод.

В связи с широким развитием дренажно-коллекторной сети в последние годы заметно увеличился приток грунтовых вод в русло Сыр-Дарьи.

Дополнительные воды Ферганской долины в зависимости от распределения их по территории разделяются на русловые, поступающие непосредственно в Нарын, Карадарью и Сыр-Дарью, и внутрисистемные, формирующиеся в бассейнах притоков, расположенных на периферии, которые поверхностным путем не достигают основной реки.

Количественная оценка дополнительных вод произведена методом руслового баланса на основе стоковых данных станций УГМС, расположенных на водных источниках, постов эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства на водозаборах, сбросах и коллекторах, а также материалов наблюдений и обследований проектных организаций.

Отметим, что имеющихся данных как в количественном, так и в качественном отношении недостаточно для получения точных характеристик дополнительных вод. Особенно это относится к учету стока на мелких источниках, родниках, сбросах и коллекторах. Поэтому приведенные ниже результаты исследований следует рассматривать как приближенные.

РУСЛОВЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОДЫ РР. НАРЫНА, КАРАДАРЬИ И СЫР-ДАРЬИ

По исследованиям САНИИВПиГ, Саогидропроекта, Средазгипроводхлопка (1952—1963 гг.), дополнительные воды Сыр-Дарьи и ее составляющих в пределах Ферганской долины определены методом руслового баланса.

Русловые дополнительные воды Нарына в соответствии с расположением и периодами работы гидрометрических станций определялись на участке от ст. Учкурганской до Сарайской на Сыр-Дарье с учетом стока в устье Карадарьи на ст. Балыкчинской. Ресурсы дополнительных вод на этом участке Нарына приведены в табл. 2.

Рассматриваемый участок Нарына по гидрогеологическим характеристикам можно разделить на две части. Верхняя, от ст. Учкурганской

до створа с. Уйчи, проходит в сильно водопроницаемых галечниках с глубоким залеганием грунтовых вод. Отличительной чертой этой части являются русловые потери. На нижней части участка русло реки проходит по району с неглубоким залеганием грунтовых вод с выклиниваниями в дренажно-коллекторную сеть и русло реки. В целом же на всем участке имеет место приточность, которая большую часть года превалирует над потерями. Характерной чертой рассматриваемого участка Нарына является уменьшение величины русловой приточности с возрастанием водности лет.

Таблица 2

Средние расходы русловых дополнительных вод Нарына за период 1933—1942 гг., $\text{м}^3/\text{сек}$

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
24	36	32	22	-30	10	2	25	25	23	22	20	17

На Карадарье рассматривается участок от выхода реки из гор между гидрометрическими станциями Кампырраватской и Балыкчинской. На большей части участка русло реки проходит в легкопроницаемых отложениях с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод. Благодаря природным условиям, здесь имеется обильный приток грунтовых вод в русло Карадарьи, которое выполняет роль большой естественной дрены. В результате расчетов руслового баланса установлена значительная и устойчивая приточность, характеризующаяся данными табл. 3.

Таблица 3

Средние расходы русловых дополнительных вод Карадарьи за период 1932—1942 гг., $\text{м}^3/\text{сек}$

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
94	104	111	128	129	96	86	86	97	142	124	99	108

Для контроля расчетов по определению русловых дополнительных вод Нарына и Карадарьи был составлен общий баланс этих рек от ст. Учкурганской до ст. Сарайской на Сыр-Дарье с охватом более длительного периода — с 1932 по 1948 г. (табл. 4).

Раздельное и суммарное определение дополнительных вод Нарына и Карадарьи по коротким и удлиненным рядам увязывается удовлетворительно, что позволяет их количественную оценку признать достаточно достоверной.

Дополнительные воды самой Сыр-Дарьи были определены на участке в пределах Ферганской долины, между станциями Сарайской и Запорожской. Расчеты произвели для двух периодов — с 1931 по 1940 г. и с 1941 по 1948 г. Последний характерен интенсивным строительством дренажно-коллекторной сети, значительно облегчившей поступление грунтовых и сбросных вод в главную дрену долины — реку Сыр-Дарью. Результаты расчетов приводятся в табл. 5.

Для проверки определения приточности русловых дополнительных вод Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи был составлен общий русловой баланс этих рек в пределах Ферганской долины между станциями Учкурганской, Кампырраватской и Запорожской.

Таблица 4

Средние расходы общих русловых дополнительных вод Нарына и Карадарьи за период 1932—1942 гг., $\text{м}^3/\text{сек}$

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
120	138	139	151	97	61	55	116	117	116	146	128	115,5

Таблица 5

Средние расходы русловых дополнительных вод Сыр-Дарьи на участке Сарайская—Запорожская, $\text{м}^3/\text{сек}$

Период, годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1931—1940	40	45	34	33	60	31	22	—6	17	14	35	42	31
1941—1948	112	106	104	120	167	168	133	69	75	85	109	112	114

Таблица 6

Общие водные ресурсы русловых дополнительных вод Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи, $\text{м}^3/\text{сек}$

Метод расчета	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Раздельный	230	246	247	270	266	274	221	180	197	250	255	231	239
Обобщенный	234	241	245	258	264	236	219	199	189	202	250	235	231

Таблица 7

Средние за пятилетия расходы русловых дополнительных вод Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи в пределах Ферганской долины, $\text{м}^3/\text{сек}$

Период, годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1931—1934	(160)	(203)	(175)	186	154	125	72	77	125	(199)	(202)	(209)	(157)
1935—1939	(156)	(189)	(187)	189	175	115	105	120	151	(174)	(192)	(187)	(162)
1940—1944	225	227	234	216	216	177	192	168	190	210	245	183	207
1945—1949	234	269	251	288	320	300	253	231	195	197	251	246	252
1950—1954	279	270	308	311	253	296	287	249	212	248	310	318	278
1955—1959	321	332	363	336	267	302	223	204	232	294	367	361	300
1960	349	348	344	328	524	196	209	186	310	350	389	408	328

Результаты раздельного учета русловых дополнительных вод Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи и обобщенного для всего балансового участка приводятся в табл. 6. Из нее видно, что результаты расчетов разными методами оказались близкими. Это подтверждает их достовер-

ность. Они могут быть использованы в дальнейшем без особых погрешностей. В связи с широким освоением земель в Ферганской долине, значительным ростом орошаемых земель, улучшением их мелиоративного состояния и резким сокращением заболоченных пространств отмечается увеличение общего количества русловых дополнительных вод. По расчетам Средазгипроводхlopка, сток русловых дополнительных вод Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи за последние 30 лет увеличился вдвое (табл. 7).

Как видно из табл. 7, результаты определения русловых дополнительных вод Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи, выполненного по данным до 1948 г., не полностью отражают существующее положение, так как приуменьшен ориентировочно на 20—25%. Поэтому при оценке этой части дополнительных водных ресурсов долины в настоящих условиях следует принимать данные за последнее пятилетие (1955—1959 гг.).

Внутрисистемные дополнительные воды

Внутрисистемные дополнительные воды Ферганской долины формируются в бассейнах притоков Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи главным образом за счет фильтрационных вод поверхностного стока горной области.

Несмотря на большую хозяйственную значимость и немалые запасы этих вод, учет их ведется недостаточно четко, что в известной мере объясняется многочисленностью и распыленностью их источников, а также технической трудностью из-за смешивания речных и выклинивающихся грунтовых вод.

Непродолжительность, одновременность и невысокая точность произведенных исследований позволяют получить лишь приближенные количественные характеристики внутрисистемных дополнительных вод. Большая работа в исследовании внутрисистемных вод, выполненная гидрологами Средазгипроводхlopка в 1952 г., по своей полноте и объему, пожалуй, является единственной. В ней характеристика внутрисистемных дополнительных вод дается на основании результатов исследований для групп рек, расположенных на склонах горных хребтов, окаймляющих Ферганскую котловину.

На правобережье Сыр-Дарьи источниками дополнительных вод являются реки, берущие начало на южных склонах Чаткальского и Кураминского хребтов. Небольшие размеры поверхностного стока этих рек обусловлены неблагоприятной ориентацией их водосборов по отношению к несущим влагу ветрам и малой их высотой, что, в свою очередь, предопределило и сравнительно небольшие запасы подземных вод.

В гидрогеологическом отношении этот район характеризуется дренированностью и свободным оттоком подземных вод в Сыр-Дарью. Основные очаги выклинивания подземных вод сосредоточены в заадырных депрессиях (Заркентской, Касанской, Чустской и др.) в виде многочисленных родников и выходов в реки и каналы. Ниже дается краткая характеристика основных источников внутрисистемных дополнительных вод.

Река Рынжит имеет истоки у г. Бозбутау, в питании ее большое место занимают грунтовые воды. Режим реки изучен слабо, на основании кратковременных наблюдений Киргводхоза (1935 г.) известно, что он изменяется от 0,19 до 0,50 м³/сек при среднегодовом расходе 0,30 м³/сек.

Река Чартак образуется слиянием большого числа родников конуса выноса р. Падшаата. По эпизодическим наблюдениям Сазводпроиза (1940—1941 гг.) и данным эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства, дополнительные воды здесь оцениваются в $2,50 \text{ м}^3/\text{сек.}$

В бассейне р. Падшаата дополнительные воды складываются из выклинивающихся в русло реки и родниковых.

При прежних предварительных исследованиях¹ река по ее длине разбита на следующие четыре участка с русловой приточностью и потерями: 1) между Падшаатинским и контрольным постами (17 км) — потери; 2) от контрольного поста до с. Заркент (4 км) — русловое выклинивание; 3) между с. Заркент и сбросом Хадыкент (18 км) — потери и 4) от Хадыкента до СФК (30 км) — выклинивание. Общее количество дополнительных вод в бассейне р. Падшаата с учетом родников оценивается среднегодовым расходом, порядка $2,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Чанач является правым притоком р. Падшаата, дополнительные воды ее сосредоточены в восьми родниках с общим дебитом около $0,6 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Касансай. Дополнительные воды в ее бассейне состоят из выклинивающихся в русло реки и родниковых вод. Русловое выклинивание установлено на участке между постами Уртатакойским и Карамазарским в размере около $0,6 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Суммарный дебит зафиксированных восьми родников оценивается в $0,70 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Алабука — левобережный приток Касансая, дополнительные воды ее представлены русловым выклиниванием подземных вод величиной $0,2—0,3 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Сумсарсай имеет дополнительные воды на двух участках, ограниченных постами Верхним, Коикмек-Курганским и водозабором в сел. Ширазор. Кроме этого, в бассейне имеется семь родников. Общее количество дополнительных вод оценивается величиной порядка $0,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Коксарексай также имеет русловое выклинивание на двух участках — между постами Верхним и Каракурганским и между последним и водозабором в канал Турк. Помимо этого, в бассейне реки имеется девять родников с суммарным дебитом $0,14 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Общая величина выклинивания и родниковых вод составляет $0,33 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Гавасай. Основным источником дополнительных вод в бассейне реки является 21 родник с суммарным дебитом $0,75 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Русловое выклинивание весьма невелико.

Алмассай берет начало в адырах севернее с. Алмас. Она является типичным представителем рек грунтового питания с незначительным участием талых и дождевых вод. Дополнительные воды здесь представлены водами, выклинивающимися в русло реки и каналы, а также родниками с общим средним расходом около $1,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Реки междуречья, берущие начало на склонах Ферганского хребта, — наиболее водоносные в долине, что создает благоприятные условия для питания грунтовых вод.

Кугарт и Ченгет. Дополнительные воды в бассейнах этих рек выявлены в виде выклиниваний в русло рек, зональных и площадных выходов и родников. Все они имеют довольно ровный режим с суммарным расходом $2,3 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Караунгур и Майлису. Основным очагом выклинивания грунтовых вод являются низовья Караунгура, известные под названием Тентякская (или Ташпшенская). Его русло вместе с родниками расположено на стыке конусов выноса Караунгура и Майлису в весьма благо-

¹ Сазводпроиза 1940—1941 гг.

приятных условиях для улавливания выклинивающихся грунтовых вод. Режим дополнительных вод имеет амплитуду от 11,0 до 22,9 м³/сек при среднегодовом расходе 17,8 м³/сек.

Реки левобережья Сыр-Дарьи берут начало на северных склонах Туркестанского и Алайского хребтов. Этот район обладает сравнительно большими запасами дополнительных вод, приуроченных к конусам выноса рек, чему способствует как немалый поверхностный сток, так и сильно развитая ирригационная сеть, являющаяся мощным источником питания грунтовых вод.

Сох — одна из крупных рек левобережья Сыр-Дарьи, имеет развитый конус выноса, в периферийной части которого сосредоточены выходы грунтовых вод. Выклинивание носит зональный характер и представлено многочисленными родниками, выклиниванием в коллекторах, дренирующих ирригационные каналы, и выходами грунтовых вод площадного типа. При гидрогеологических исследованиях Сазгипровода в 1935 г. установлены две зоны выклинивания:

а) зона интенсивного выклинивания, шириной в 1,5—3 км, окаймляющая конус выноса до русла БФК;

б) зона слабого выклинивания ниже БФК полосой 4—5 км. Суммарный среднегодовой расход выклинивания вод в обеих зонах равен 22,3 м³/сек.

Исфара. Дополнительные воды в бассейне Исфары состоят из притока грунтовых вод в русло реки между селениями Тангиварух и Рават и выклиниванием по периферии конуса выноса. Количественная оценка дополнительных вод получена по данным исследований (в основном эпизодических) различных организаций. Суммарный среднегодовой расход составляет 4—5 м³/сек.

Ходжабакирган, Аксу и Исфанасай. Ресурсы дополнительных вод этих рек формируются грунтовыми водами, выклинивающимися на дневную поверхность в виде родников. По возможностям использования наибольший интерес представляют три группы родников: Дигмайская, Наусская и Кизили. Данные наблюдений Сазводпроиза (1931—1935 гг.) и Ходжабакирганского системного управления (1937—1950 гг.) позволили оценить дополнительные воды указанных рек среднегодовым расходом 1,8 м³/сек.

Карагунон занимает особое место среди рек Ферганской долины. Бассейн ее расположен на стыке конусов выноса Карадарьи и Акбуры, имеет развитую гидрографическую сеть, в которую обильно выклиниваются грунтовые воды, а сама р. Карагунон является естественной дренажной. Режим реки довольно устойчив как внутри года, так и в многолетнем разрезе; среднегодовой расход составляет 18,5 м³/сек. Поскольку сток Карагунона генетически является дренажным, он весь относится к дополнительным водам.

Акбура. Дополнительными водами в бассейне реки являются грунтовые, выклинивающиеся в дренажно-коллекторную сеть, и родниковые, с суммарным среднегодовым расходом 3,6 м³/сек.

Арвансай. Подобно бассейну р. Акбуры, дополнительные воды здесь также состоят из выходов грунтовых вод в дренах, коллекторах и Тепекурганских родниках. Общий среднегодовой расход их составляет около 4 м³/сек.

Абширсай. В бассейне этой реки сведения о дополнительных водах имеются лишь по Абширским родникам со среднегодовым расходом порядка 0,1 м³/сек.

Исфайрамсай. На основании визуальных данных и материалов эксплуатации ирригационных систем дополнительные воды пред-

ставлены здесь 13 родниками с общим среднегодовым расходом 5,2 м³/сек; выклинивающиеся воды в русле реки и по каналам не отмечены.

Шахмардансай. Аналогично Исфайрамсаю, дополнительные воды выявлены в виде 12 родников со среднегодовым расходом 2,4 м³/сек; русловое выклинивание незначительное и неустойчивое в течение года.

Ресурсы внутрисистемных дополнительных вод в бассейнах притоков Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи дают представление об их количестве и размещении в пределах Ферганской котловины. Отметим, что почти каждый источник дополнительных вод на отдельных участках в силу ряда причин имеет как приточность, так и потери. Поэтому при решении вопросов использования этих вод указанные обстоятельства необходимо учитывать и предусматривать осуществление соответствующих технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное и эффективное их использование. Имеющиеся материалы по внутрисистемным дополнительным водам весьма разнородны по продолжительности наблюдений, полноте и качеству, поэтому количественная оценка их является приближенной. Однако нельзя забывать и того, что источники дополнительных вод обследованы не по всей территории котловины, а лишь в наиболее изученной ее части. Отсюда следует, что количественные оценки ресурсов этих вод, по-видимому, несколько занижены.

Общие ресурсы дополнительных вод Ферганской долины

Как говорилось выше, общие ресурсы дополнительных вод Ферганской долины складываются из русловых дополнительных вод Нарына, Карадарьи и Сыр-Дарьи, а также и внутрисистемных дополнительных вод в водосборах притоков указанных рек по периферии котловины. Поскольку величина первых существенно повысилась за последние 25—30 лет и, кроме того, были проведены мероприятия по улучшению мелиоративного состояния земель Центральной Ферганы, количество

Т а б л и ц а 8

Дополнительные воды	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Русловые	321	332	363	336	267	302	223	204	232	294	367	361	300
Внутрисистемные	61	62	63	58	48	44	40	41	45	53	59	63	53
Всего	382	394	426	494	315	346	263	245	277	347	426	424	353

их на ближайшее время может быть принято близким к среднему за пятилетие 1955—1959 гг. (см. табл. 7). В действительности величина их, по-видимому, будет даже несколько большей. Что касается внутрисистемных дополнительных вод, то имеющиеся о них данные весьма приближены. Других же более точных характеристик не имеется. Таким образом, на уровне 1960 г. общее количество дополнительных вод Ферганской котловины приближенно характеризуется средними расходами воды, приведенными в табл. 8.

Средняя величина поверхностного притока в Ферганскую котловину (1937—1938—1959—1960 гг.), которую можно принять за норму,

составляет $25,8 \text{ км}^3$, или $820 \text{ м}^3/\text{сек}$. Это основные водные ресурсы, учитываемые при разработке мероприятий по комплексному использованию водных ресурсов Ферганской долины.

Дополнительные же водные ресурсы долины оцениваются в $11,1 \text{ км}^3$, или средним расходом воды $353 \text{ м}^3/\text{сек}$ и составляют 43% от стока довершинных вод, поступающих в ее пределы.

Несмотря на ряд принятых допущений и приближенность выполненных расчетов, общую количественную характеристику дополнительных вод следует считать достоверной и пригодной для использования в схематических проектных проработках. Проводимые в 1963 г. обширные гидрологические исследования в бассейне Сыр-Дарьи по программе «Гидрологического года» позволят к моменту их завершения внести коррективы в стоковые характеристики дополнительных вод и повысить их точность.

При оценке дополнительных водных ресурсов также крайне необходимы и качественные характеристики, освещающие их изменчивость и генезис, которые почти не изучены. Можно полагать, что генетически внутрисистемные дополнительные воды почти полностью являются продуктами выклинивания подземных вод. Русловые же дополнительные воды формируются подземными и так называемыми «возвратными» и сбросными водами. Количественно разделить их на составляющие пока не представляется возможным, и ориентировочно полагают, что около 50% из них приходится на подземные воды, в остальные на повторно используемые (возвратные и сбросные), которые уже ранее были учтены в поверхностном притоке в котловину. Таким образом, неучтенную часть дополнительных вод составляют внутрисистемные (полностью) и русловые (около половины), т. е. всего $6,3 \text{ км}^3$ (около $200 \text{ м}^3/\text{сек}$) или же $1/4$ всего поверхностного притока в котловину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кенне В. Учение о грунтовых водах, М.—Л., Госстройиздат, 1932.
2. Шульц В. Л. Опыт составления водного баланса левого берега Бухарского оазиса, «Социалистическая наука и техника», 1935, № 11.
3. Львович М. И., Грин А. М., Дреер Н. Н. Основы метода изучения водного баланса и его преобразований, М., АН СССР, 1963.
4. Шульц В. Л., Ахмедов Г. А., Орешина Л. М., Рубинова Ф. Э. «К вопросу изменения стока р. Сыр-Дарьи в районе Чардаринского водохранилища в связи с развитием орошения», «Изв. АН УзССР», серия техн. наук, 1961, № 2.
5. Шульц В. Л., Орешина Л. М. Водный баланс Ферганской долины, «Изв. АН УзССР», 1959, № 4.

В. П. СВЕТИЦКИЙ

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК СРЕДНЕЙ АЗИИ

В гидрологических и водохозяйственных расчетах при решении различных задач по использованию водных источников большое значение имеет достоверность данных о максимальных расходах воды.

Стоковые характеристики рек Средней Азии в большинстве случаев составлены на основании продолжительных наблюдений, выполненных с достаточно высокой точностью. Однако некоторые данные о стоке и особенно о максимальных расходах вызывают сомнение и требуют серьезного анализа, а также проверки с привлечением первичных материалов.

Практика гидрометрических наблюдений на опорных станциях УГМС (Управление гидрометеорологической службы) и ведомственной сети показала, что наиболее выдающиеся максимальные расходы воды невозможно измерить и поэтому они оцениваются различными приемами и методами, часто с завышением против действительно прошедших максимумов.

Быстрое нарастание пиков паводков, большое количество плывущей корчи и топляков, а также внезапные разрушения створных устройств гидрометрических станций создают, большие трудности, а очень часто и невозможные условия для замеров расходов воды на пике паводков.

В связи с этим особенно необходимы глубокий анализ гидрометрических материалов и надежность методов определения выдающихся максимальных расходов воды.

В виде первого опыта при разработке вопросов комплексного использования водных источников Средней Азии мы провели анализ выдающихся максимумов рек Чирчика, Вахша, Ангrena и др. Полагаем, что результаты этих исследований представляют известный интерес и будут отражены в материалах по режиму рек (гидрологических ежегодниках) для дальнейшего использования в гидрологических и водохозяйственных расчетах.

У большинства рек Средней Азии выдающиеся максимальные расходы воды отмечены в 1914, 1953 и 1959 гг. Достоверность данных УГМС об этих максимумах вызвала сомнение, а следовательно, и необходимость анализа исходных первичных материалов.

Река Чирчик. Наблюдения за уровнями на р. Чирчик были начаты в 1900 г., а измерения расходов воды на ст. Чимбайлыкской — в 1910 г. В 1930 г. эта станция прекратила работу и взамен ее начала функцио-

нировать ст. Ходжикентская, расположенная в 12 км вверх по течению реки.

Паводочный сток р. Чирчик формируется главным образом талыми водами в горной части водосборного бассейна. Однако при прохождении пиков паводков нередко отмечается наложение дождевых максимумов на паводочные. Так, в образовании максимальных расходов 1914 и 1959 гг. большое значение имела дождевая составляющая.

Максимальные расходы воды определялись по кривым $Q = f(H)$, соответственно наблюдаемым срочным максимальным уровням воды каждого года.

В 1925 г. Л. К. Коревицкий построил одну многолетнюю кривую расходов воды по 216 измеренным расходам воды с 1910 по 1921 г. [1]. Эта многолетняя кривая была использована и для предыдущих лет (1900—1910 гг.).

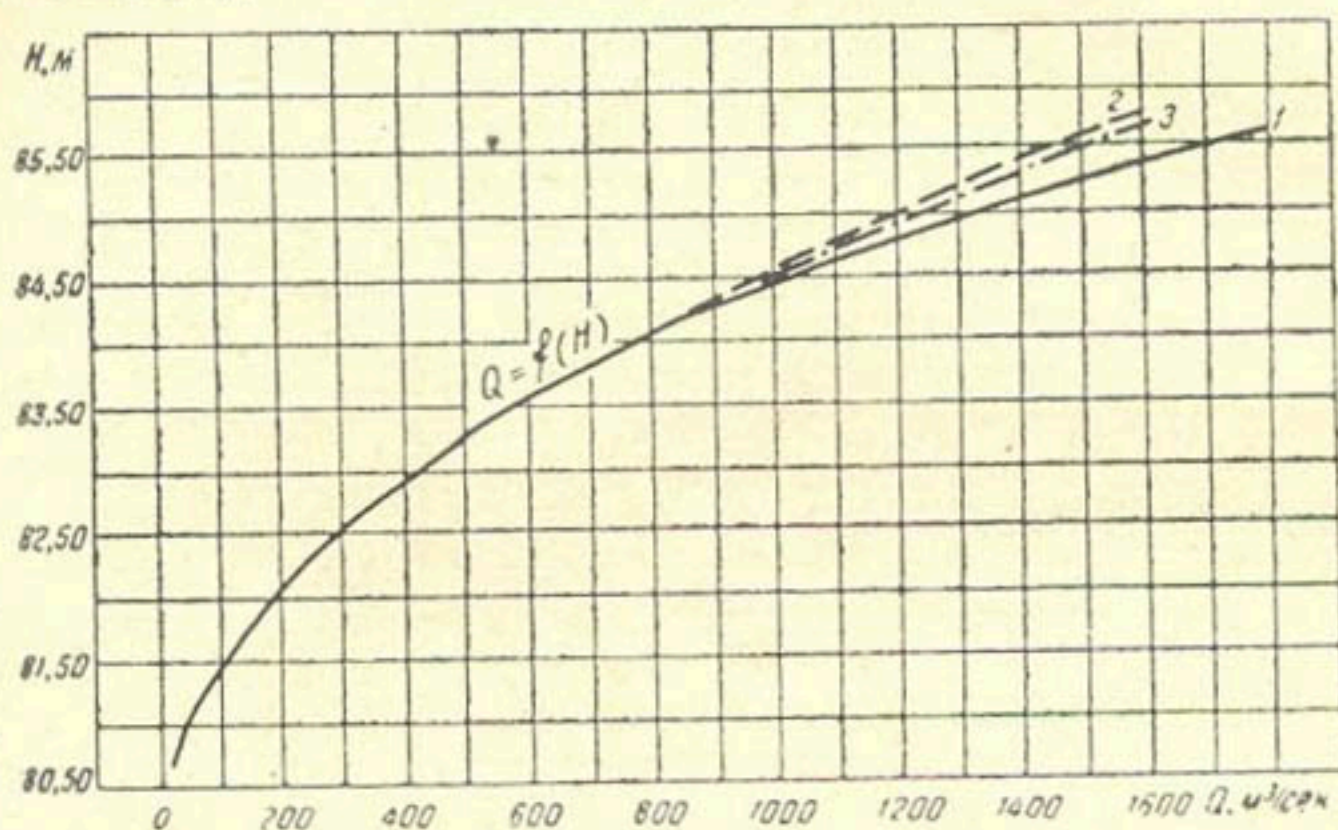


Рис. 1. Многолетняя кривая расходов воды р. Чирчик (ст. Чимбайлыкская) за период 1900—1923 гг.:

1—кривая $Q = f(H)$, принятая в ГГИ; 2—кривая $Q = f(H)$ по обработке Л. К. Коревицкого; 3—кривая с учетом подпора, вызываемого мостом (период 1909—1921 гг.).

В 1948 г. в ГГИ (Государственный гидрологический институт) была изменена верхняя часть многолетней кривой Коревицкого с использованием измеренных расходов воды последующих лет [2]. Однако не было учтено то обстоятельство, что с 1909 по 1921 г. в 130 м ниже створа Чимбайлыкской станции существовал деревянный ряжевый мост, который создавал подпор уровней при прохождении больших расходов воды (мост в 1921 г. разрушен).

На основании материалов гидрометрической части (1910 г.), съемок САОГИДЭПа и Углиазота (1929 г. и последующих) в 1957 г. сотрудники САОГИДЭПа построили новую многолетнюю кривую (1910—1921 гг.), с учетом подпора от существовавшего тогда ряжевого моста. На рис. 1 представлены три кривые расходов воды р. Чирчик по ст. Чимбайлыкской.

Максимальный расход р. Чирчик 31 мая 1914 г. при уровне 85,63, определенный по кривой ГГИ, равен $1800 \text{ м}^3/\text{сек}$ [2]. Причины, изложенные выше, показывают, что величины максимального уровня воды и максимального расхода завышены.

По нашим подсчетам, максимальный уровень воды 31 мая 1914 г. завышен на 0,25 м за счет подпора, от расположенного ниже ряжевого моста.

Таким образом, при использовании кривой расходов ГГИ (см. рис. 1, кривая 1) необходимо максимальный уровень 85,63 снизить на величину подпора (0,25 м), или же, не изменяя наблюдаемого уровня, пользоваться кривой 3, построенной с учетом подпора. В обоих случаях максимальный расход воды составляет 1600 м³/сек. Эту величину максимума 1914 г. и следует внести в официальные материалы УГМС вместо завышенной (1800 м³/сек).

Второй выдающийся максимальный расход воды р. Чирчик отмечен 8 апреля 1959 г. Этот расход превосходит все наблюдаемые максимумы с 1900 по 1961 г. Условия его формирования не обычны для рек Чирчик-Ангренского бассейна, а именно: раннее наступление периода теплых температур и выпадение значительного количества осадков в виде ливневых дождей, вызвавших наложение паводка дождевых на паводок талых вод. Паводком рек Чирчик-Ангренского бассейна 1959 г. сильно разрушены мосты, гидротехнические сооружения, дороги, каналы, строения; народному хозяйству нанесен большой ущерб.

Ни на одной из рек указанного бассейна максимальный расход 1959 г. не был замерен. Поэтому величина выдающегося максимума р. Чирчик может быть установлена только расчетом. В САОГИДЭПе максимумы паводков определялись гидравлическим методом по двум створам на ст. САОГИДЭПа Разломной и на ст. УГМС Ходжикентской.

По ст. Разломной 8 апреля 1959 г. отметка максимального уровня воды 45,68 и уклон водной поверхности $I = 0,0036$ были установлены нивелировкой по замочкам. Русло реки на участке станции оказалось достаточно устойчивым, что позволило остальные гидравлические элементы определить по данным предшествовавших исследований:

Отметка горизонта воды	ω	χ	R	n	x	C	I	V	Q
45,68	522	130	4,01	0,055	0,25	25,5	0,0036	3,06	1600

По ст. УГМС Ходжикентской 8 апреля 1959 г. отметка максимального уровня воды 36,94 и $I = 0,004$ установлены нивелировкой в день прохождения максимума.

Площадь живого сечения и коэффициент шероховатости определены по натурным данным 5 и 6 апреля 1959 г.:

Отметка горизонта воды	ω	χ	R	n	x	C	I	V	Q
36,94	467	77	6,06	0,058	0,25	26,9	0,004	4,16	1940

Максимальный расход 1959 г., равный 1940 м³/сек, хорошо согласуется с измеренными расходами на совмещенной кривой многоводных 1934, 1942 и 1959 г. и максимумом 1914 г. по проработкам САОГИДЭПа (1600 м³/сек) (рис. 2).

Между станциями Разломной и Ходжикентской в р. Чирчик впадает ее правый приток р. Угам. В ночь с 7 на 8 апреля 1959 г. паводком в устье этой реки разрушена гидрометрическая станция УГМС. Максимальный расход р. Угам 8 апреля 1959 г. определен в

САОГИДЭПе гидравлическим методом по замочкам уровня и уклону водной поверхности в районе сел. Хумсан (в 11 км от устья):

Отметка горизонта воды	ω	χ	R	n	x	C	I	V	Q
98,02	120,8	54,9	2,20	0,067	0,25	18,15	0,0124	2,99	361

На одиннадцатикилометровом участке (от сел. Хумсан до устья р. Угам) имеются небольшие притоки в виде периодически действующих логов (саев). Общий максимальный расход воды этих саев 8 апреля 1959 г. визуально оценивался в 20—25 $\text{м}^3/\text{сек}$, отсюда максимальный расход в устье р. Угам — в 360—380 $\text{м}^3/\text{сек}$.

Суммарный максимальный расход рек Чирчика и Угама 8 апреля 1959 г. составил $1600 + 380 = 1980 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Максимальный расход воды р. Чирчик (Газалкентская плотина) в 18 км вниз по течению от ст. Ходжикентская 8 апреля 1959 г. составил 1965 $\text{м}^3/\text{сек}$.

Боковую приточность р. Чирчик в это же время на участке Ходжикент — Газалкент гидрологи определили равной 50 $\text{м}^3/\text{сек}$. Наибольший расход, отмеченный на Газалкентской плотине (1965 $\text{м}^3/\text{сек}$), подтверждается расходом воды ст. Ходжикентской и боковой приточностью на участке ($1940 + 50 = 1990 \text{ м}^3/\text{сек}$).

Таким образом, максимальные расходы воды р. Чирчик на ст. Разломной (1600 $\text{м}^3/\text{сек}$) и на Ходжикентской (1940 $\text{м}^3/\text{сек}$) по расчетам САОГИДЭПа и зафиксированный максимум на Газалкентской плотине хорошо согласуются.

По материалам УзУГМС максимальный расход р. Чирчик по ст. Ходжикентской 8 апреля 1959 г. равен 2160 $\text{м}^3/\text{сек}$. На основании изложенного выше полагаем, что величина эта завышена.

Река Ангрен. Максимальный расход воды 8 апреля 1959 г. здесь также не был замерен, величина его 450—500 $\text{м}^3/\text{сек}$ установлена косвенными методами. По УзУГМС максимальный расход воды принят 460 $\text{м}^3/\text{сек}$.

Река Вахш. Максимальный расход воды р. Вахш 10 июля 1953 г. не был замерен ни на одной гидрометрической станции. Величина его 3730 $\text{м}^3/\text{сек}$ для ст. Туткаульской установлена в САОГИДЭПе. Уровень и уклон водной поверхности найдены нивелировкой в день прохождения пика паводка, остальные гидравлические элементы приняты по промерам 13 июля 1953 г. и по данным о паводке 1954 г.:

Отметка горизонта воды	ω	χ	R	n	x	C	I	V	Q
76	846	118,7	7,15	0,027	0,25	58,3	0,000762	4,40	3730

Максимальный расход р. Вахш 1953 г. (3730 $\text{м}^3/\text{сек}$) хорошо согласуется с измеренными расходами 1953 г. и максимальным расходом 13 июля 1958 г. (2840 $\text{м}^3/\text{сек}$) (рис. 3).

В обработке ТаджУГМС максимальный расход р. Вахш 1953 г. определен следующим образом.

1. По ст. Туткаульской построены две кривые расходов воды: первая по 11 измеренным расходам, проэкстраполированная вверх на 45% по методу Кравченко; вторая по 16 расходам 1953 г. и 4 расходам 1954 г. (см. рис. 3). Максимальный расход 10 июля 1953 г. принят равным 4290 $\text{м}^3/\text{сек}$.

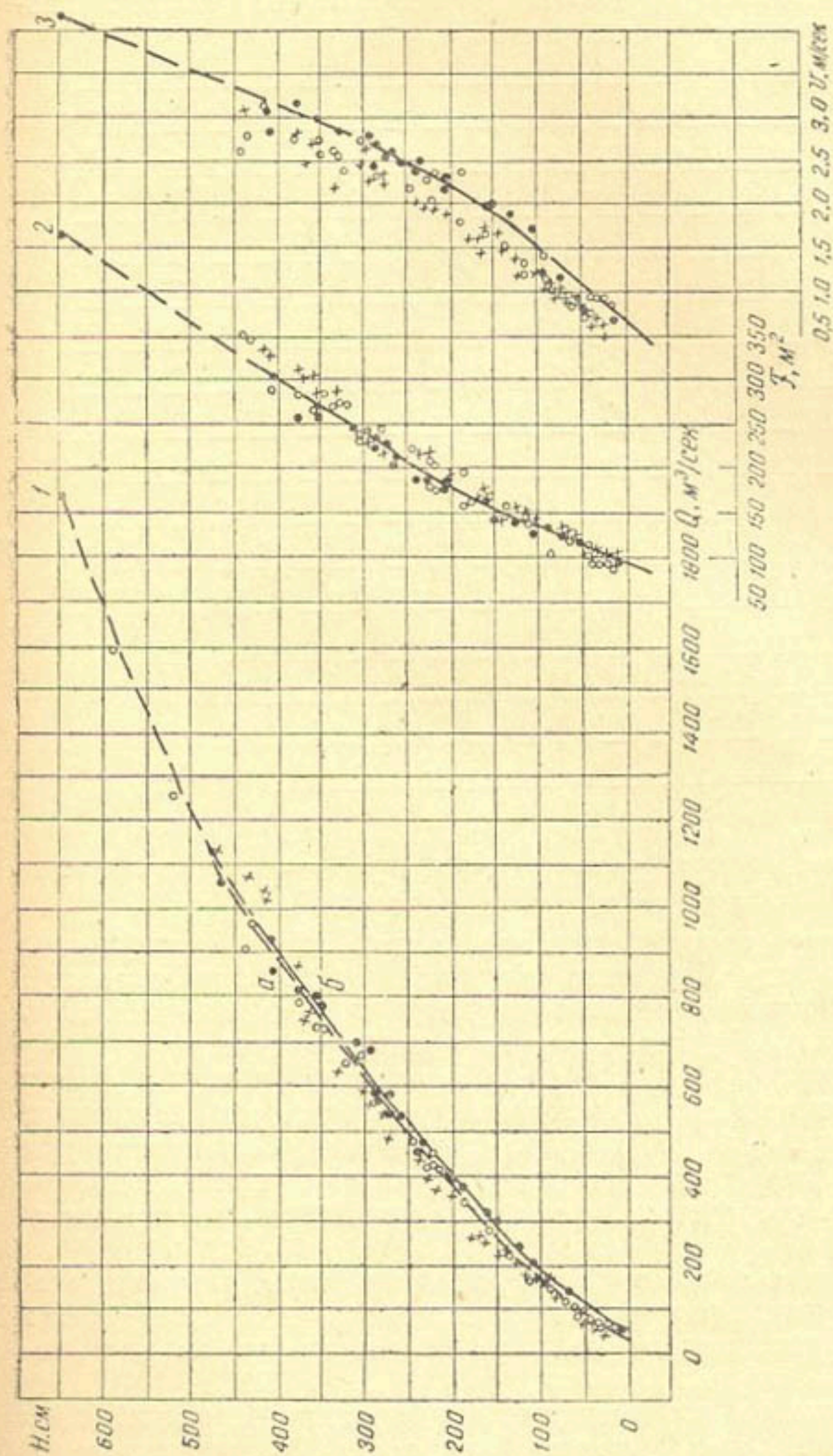


Рис. 2. Кривые расходов воды, площадей живых сечений и средних скоростей р. Чирчик (ст. Ходжикентская) в 1959 г. и совмещенная кривая многоводных 1934 и 1942 гг.

1—кривая расходов воды (а—совмещенная за 1934, 1942, 1959 гг.; б—за 1959 г.); 2—площади живого сечения реки; 3—средней скорос-
ти воды. ●—1959 г.; ○—1934г.; ×—1942 г.

2. Максимальный расход воды для створа ст. Сарбантской (Даштыкола), расположенной в 90 км вниз по течению, установлен пересчетом от ст. Туткаульской по максимальному модулю стока 1953 г.:

$$\frac{4290 \cdot 32200}{31200} = 4440 \text{ м}^3/\text{сек};$$

С подобной методикой определения максимальных расходов, по-видимому, нельзя согласиться ввиду того, что

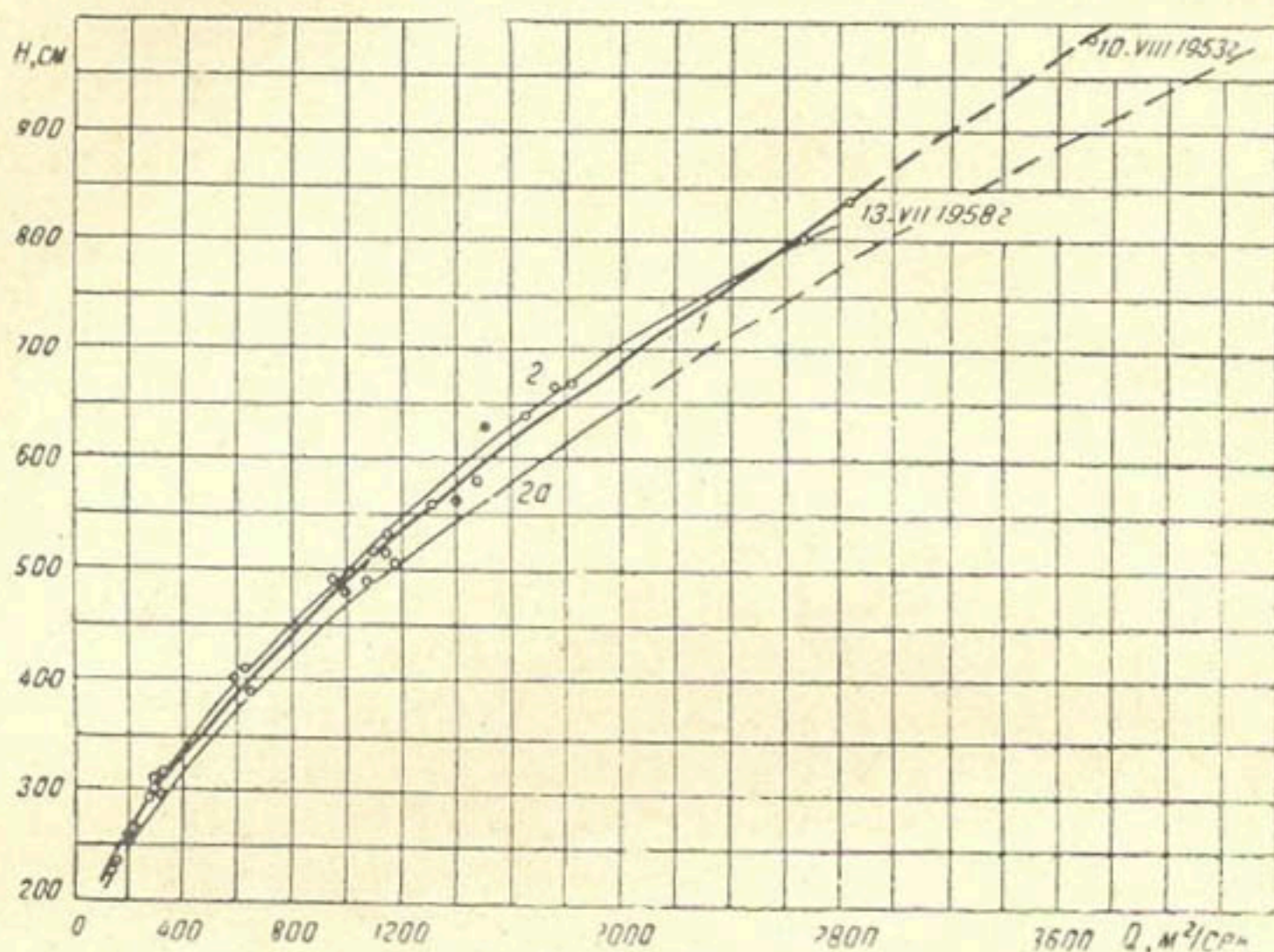


Рис. 3. Кривые расходов воды р. Вахш (ст. Туткаульская) 1953 г. по САОГИДЭПу (1) и по УГМС (2 и 2а).

а) экстраполяция кривой расходов воды по ст. Туткаульской вверх на 45% по методу Кравченко является грубо приближенной: экстраполяция скоростей течения по вертикалям на значительную высоту (45% амплитуды уровня) весьма ориентировочна;

б) положение кривой 2 а (см. рис. 3) в средней и верхней части не согласуется с измеренными расходами и является малонадежным;

в) пересчет максимума от ст. Туткаульской к ст. Сарбантской при помощи модуля максимального стока методически неверен. Подобные пересчеты делаются посредством частных модулей стока между соседними станциями.

Можно привести еще много примеров, когда максимальные расходы рек не измеряли, а определяли косвенными методами, однако вряд ли это необходимо, так как из сказанного видна крайняя необходимость разработки затронутой темы.

Поэтому в некоторых производственных проектно-изыскательских организациях Средней Азии (Средазгидропроект, Средазгипроводхлок, Узгипроводхоз, Таджикгипроводхоз и др.) вынуждены глубоко анализировать генезис выдающихся максимальных расходов рек и определять их количественные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы по расходам рек Средней Азии, т. II Ташкент, ОИВХ Средаз, 1925.
2. Материалы по режиму рек СССР. Замкнутые бассейны Казахстана и Средней Азии, т. VII, Л., Гидрометеониздат, 1948.

В. П. СВЕТИЦКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЯ РУСЛОВОЙ ПРИТОЧНОСТИ Р. НАРЫНА

Планирование комплексного использования водных ресурсов рек Средней Азии в большинстве случаев связано с учетом сезонного и многолетнего регулирования их стока. При этом возникают повышенные требования к полноте и достоверности гидрологических данных, необходимых для гидрологических, водохозяйственных и других инженерных расчетов.

Значительный интерес представляют исследования русловой приточности р. Нарына в период 1956—1959 гг. для обоснования «Схемы энергоиспользования р. Нарына»¹. Исследования проводились последовательно в три этапа. На первом были рассмотрены и изучены опубликованные стоковые данные по станциям УГМС и составлен предварительный русловой баланс Нарына, на втором произведен критический анализ первичных материалов гидрометрической сети УГМС в бассейне Нарына, на третьем выполнен значительный объем натурных исследований, в результате которых определена русловая приточность реки, осуществлена увязка стока по ее длине и составлен уточненный русловой баланс.

Изучение русловой приточности Нарына имеет научное и практическое значение. Оно позволяет достаточно обоснованно подойти к решению целого ряда вопросов по использованию водных и гидроэнергетических ресурсов этой реки. Результаты указанных исследований уже были использованы при обосновании строящегося сейчас Токтогульского гидроузла и других объектов. Однако названные исследования не известны широкому кругу ученых и специалистов, которые нередко продолжают пользоваться старыми стоковыми данными или вновь выполняют подобные исследования.

Бассейн р. Нарына расположен среди высоких горных хребтов Тяньшанской горной системы, северная часть которых относится к горной цепи Терскей-Алатау, а южная — к Кок-Шаалтау. Горные складки на востоке образуют поднятие Ак-Шийряк, а на западе, веерообразно расходясь, — ряд долин, замыкаемых Ферганским хребтом. Площадь водосборного бассейна составляет 59 110 км², а средняя взвешенная высота — 3770 м.

Нарын — правая составляющая Сыр-Дарьи — образуется слиянием Большого и Малого Нарына в 44 км к востоку от г. Нарын и имеет длину 578 км. Среди многочисленных притоков Нарына по водонос-

¹ Исследования выполнены под руководством автора.

ности и размерам выделяются три реки: левобережные — Атабаши и Алабуга и правобережная — Кокомерен, площадь водосбора которых превышает 1/3 всего водосборного бассейна основной реки.

В верховьях Нарын имеет ледниково-снеговой тип питания, по мере продвижения вниз по течению условия питания изменяются, уменьшается роль ледников и высокогорных снежников, а в своем устье Нарын является типичной рекой снегово-ледникового питания.

Водный режим Нарына и ее притоков изучается на гидрометрических станциях УГМС, из которых наиболее длительно работает ст. Учкурганская, открытая еще в 1896 г. (перерыв с 1918 по 1925 г.).

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РУСЛОВОЙ БАЛАНС НАРЫНА ПО МАТЕРИАЛАМ 1933—1954 гг.

В процессе изучения стоковых данных за указанный период представилось целесообразным русловой баланс Нарына рассматривать по участкам между опорными гидрометрическими станциями УГМС. С этой целью на всем протяжении Нарына наметили 6 балансовых участков (рис. 1). В русловом балансе участков рассматривались сле-

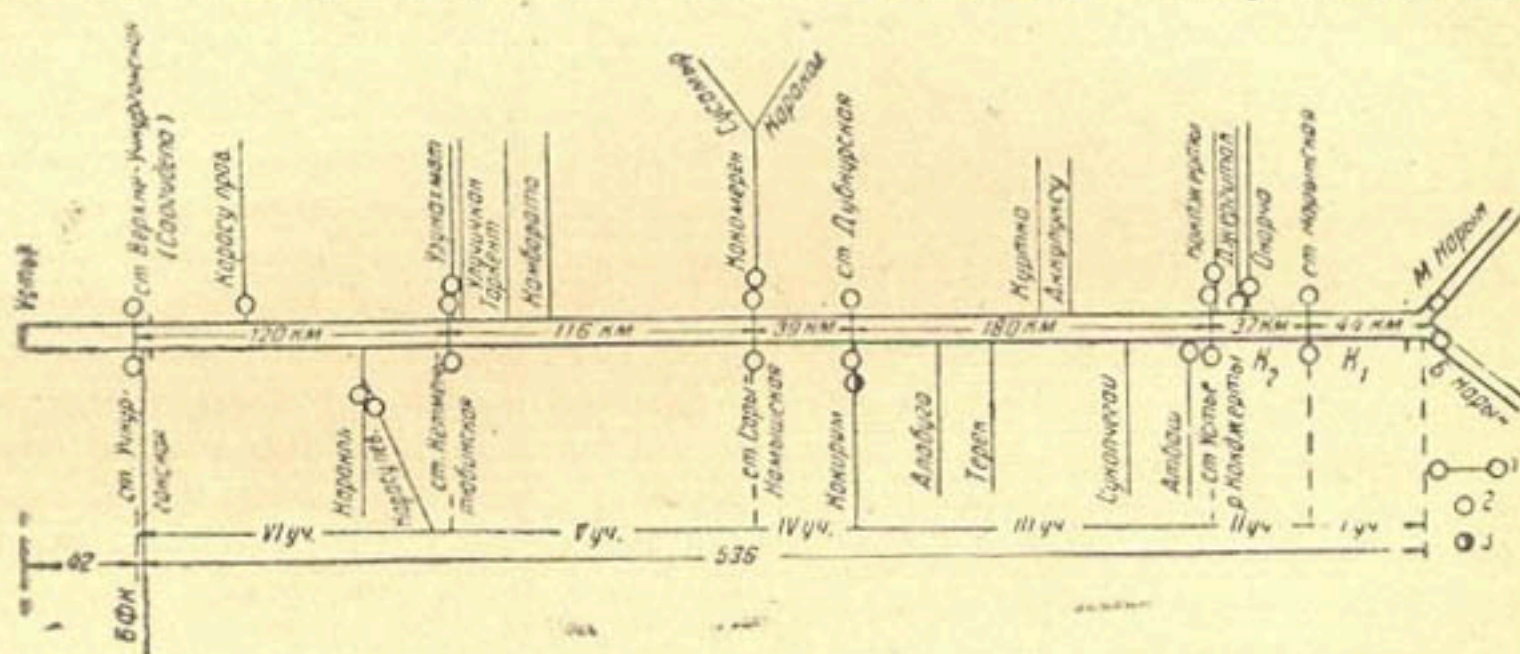


Рис. 1. Линейная схема р. Нарына:

1—гидрометрическая станция на Нарыне; 2—гидрометрическая станция на притоках; 3—станция не принята к подсчету баланса, так как действует только с 1951 г.; K_1 , K_2 —контрольные станции САОГИДЭПа.

дующие элементы: приток воды по входному створу в виде среднемесячных расходов воды, то же по устьевым створам притоков, отток воды по выходному створу и, наконец, приточность на участке в процентах от расходов воды низового створа.

На первом участке — от слияния Большого и Малого Нарына до ст. Нарынской — поверхностный приток представлен несколькими мелкими ручьями, сток которых не учитывается. Расчеты руслового баланса показали, что приточность на участке неустойчива как по величине, так и по знаку, с амплитудой $+47\%$ (II—1953 г.), -37% (II—1952 г.). За период с 1939 по 1954 г. приточность с положительным знаком отмечалась в 47 месяцах, а с отрицательным — в 108, т. е. почти в 70% случаев фиксировались русловые потери. Пределы изменения приточности и потерь на участке иллюстрирует рис. 2 а.

Второй участок — от ст. Нарынской до ст. Учкурганской на р. Кокджерты — имеет три притока: рр. Онарча, Джергитал и Кокджерты. Здесь приточность также неустойчива: ее амплитуда $+39\%$ (II—1948 г.); —

32% (IV—1947 г.) (рис. 2б). За период с 1942 по 1954 г. приточности имела место в 89 месяцах, а потери — в 65, т. е. в 42% случаев.

Третий участок — от устья р. Кокджерты до ст. Дубкурской, самый большой по протяженности, имеет семь достаточно крупных притоков и большое количество мелких. Следует отметить, что сток учи-

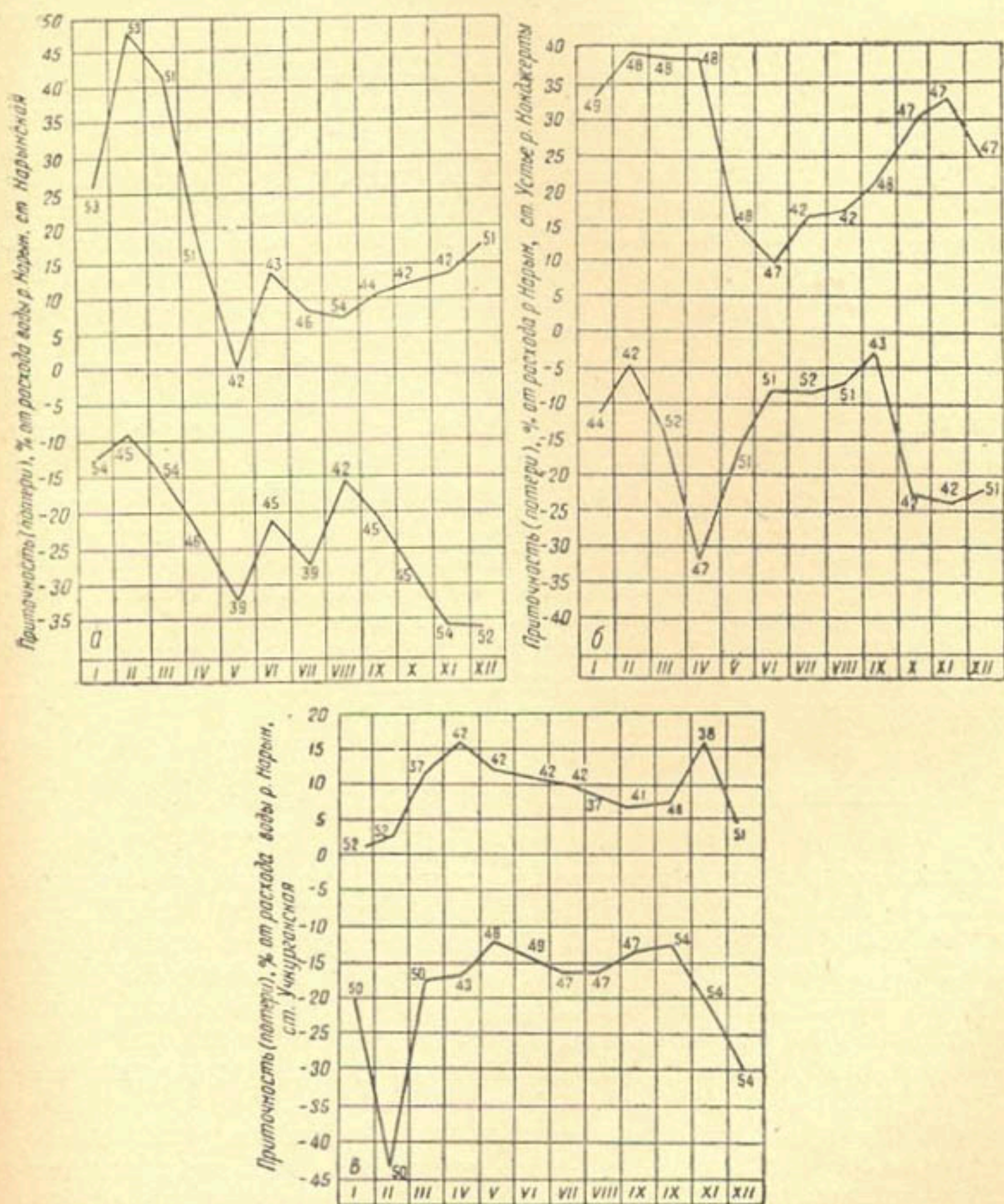


Рис. 2. Пределы изменения приточности и потерь р. Нарына:

а — на I участке (от слияния Большого и Малого Нарына до ст. Нарынской) за период 1933—1954 гг.; б — на II участке (от ст. Нарынской до ст. Устье на р. Кокджерты) за период 1942—1954 гг.; в — на VI участке (от ст. Кетменьтюбинской до ст. Учкурганской) за период 1937—1954 гг.

тывался только на двух притоках — рр. Атбаши и Кокирим. В результате балансовых расчетов установлено, что на данном участке имеется приточность положительного знака с амплитудой от +2% до +56%.

На четвертом участке — от ст. Дубкурской до ст. Сарыкамышской — впадает крупный приток р. Кокомерен. Период наблюдений на

низовой станции небольшой и с перерывами. На этом участке отмечена приточность до 10% и в отдельные месяцы — потери до 23%.

Пятый участок ограничивается станциями Сарыкамышской и Кетменьтюбинской. Здесь Нарын имеет четыре крупных притока: рр. Камбарата, Торкент, Улучичкан и Узунахмат; из них сток в устьях учитывался только на Узунахмате. Приточность на участке положительная до 30% и так же, как на предыдущем, в отдельные месяцы отмечаются потери до 20%.

Особого внимания заслуживает последний, шестой, участок между станциями Кетменьтюбинской и Учкурганской, на котором имеется два крупных притока: рр. Правобережное и Левобережное Карасу, причем сток последнего не учитывался. В результате балансовых расчетов было отмечено за период с 1937 по 1954 гг. 49 месяцев с положительной приточностью и 88 месяцев с отрицательной. Приточность имела амплитуду +16% (III—1937 г., IV—1942 г.) и —44% (II—1950 г.). Пределы колебания приточности показаны на рис. 2в.

Предварительный анализ имеющихся материалов по 1954 г. включительно и проработка руслового баланса Нарына позволили сделать следующие выводы.

1. Неустойчивая приточность и значительные потери на первом, втором и шестом участках вызывают сомнение в точности и достоверности стоковых данных по гидрометрическим станциям как на Нарыне, так и особенно на ее притоках.

2. Для выяснения вопроса о русловой приточности и составления уточненного руслового баланса Нарына необходимо произвести критический анализ первичных материалов по станциям УГМС и организовать достаточно надежные и продолжительные контрольные наблюдения за стоком на первом, втором и шестом участках Нарына и на устьевых участках крупных притоков.

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРВИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Критический анализ и проверку стоковых данных по станциям УГМС в бассейне Нарына производили следующим образом. Первоначально были рассмотрены кривые расходов воды и сопоставлены среднемесячные расходы по длине Нарына. Результаты этих проработок использовали в предварительном русловом балансе. Затем произвели детальный анализ исходных полевых данных по 33 пунктам за весь период наблюдений (с 1934—1935 г. по 1955 г.) на месте хранения указанных материалов (УГМС КиргССР).

Были изучены и проверены технические списки, паспорта гидрометрических станций и водомерных постов, книжки водомерных наблюдений и осуществлена выборочная проверка измеренных расходов воды. В инспекторских отчетах, технических списках и паспортах особое внимание уделялось высотной и плановой привязке, изменению нулей графиков в течение периода наблюдений, методам производства работ и перемещению пунктов наблюдений. При проверке книжек водомерных наблюдений обращалось внимание на правильную привязку к нулю графиков и сличение данных этих книжек с уровнями, опубликованными в ежегодниках. При этом анализировали ежедневные уровни по длине реки и притокам путем построения совмещенных графиков по всем водопостам за период наблюдений. В ходе анализа осуществлялось корректирование ежедневных уровней, опубликованных в еже-

годниках. Следует отметить, что случаев со значительными исправлениями уровней было очень мало.

Проверка измеренных расходов воды производилась выборочно по **каждой кривой**, а именно: для минимальных, средних и максимальных уровней, а также всех измеренных расходов воды, имеющих большое отклонение от кривой и забракованных при их построении. Количество проверяемых расходов воды зависело от продолжительности наблюдений, достигая 100 и более на отдельных станциях. Всего по 31 станции было проверено 1872 измеренных расхода воды. Грубых ошибок в вычислении почти не обнаружено. Выявлен большой недостаток при измерениях в период паводков, когда скорости фиксировались только в одной точке вертикали у поверхности воды, а переходные коэффициенты к средним скоростям на вертикалях определялись недостаточно точно (станции Нарынская, Дубкурская, Сарыкамышская и др.).

После проведения анализа и проверки измеренных расходов были заново построены все кривые расходов воды, однако они в большинстве случаев подтвердили кривые, ранее построенные УГМС, и не внесли существенных изменений в стоковые данные.

При изучении инспекторских отчетов обращалось внимание на состояние водомерных постов, створных устройств (особенно в весенний период), а также на подготовку технического состава и водомерных наблюдателей. В этой части не все было благополучно на ряде станций, особенно в труднодоступных пунктах, например на станциях Большой и Малый Нарын, Дубкурская, Кетменьтюбинская и др.

Проверка и критический анализ первичных полевых материалов позволили внести отдельные исправления в опубликованных в ежегодниках сведения об уровнях и расходах воды по станциям УГМС. Однако это существенно не изменило стоковых данных и не дало возможности выявить причины невязки стока по длине Нарына. Еще раз подтвердилась необходимость проведения натурных исследований русловой приточности Нарына.

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РУСЛОВОЙ ПРИТОЧНОСТИ НАРЫНА

В течение длительного времени существовало мнение о том, что часть поверхностного стока Нарына и его основных притоков в виде подрусловых потоков безвозвратно теряется. Были выделены особые «провальные зоны», в пределах которых якобы и происходят потери воды или идущей в глубокие горизонты земли, или уходящей подземным путем в другие бассейны.

Коренное ложе реки образовано третичными песчано-глинистыми, практически водоупорными отложениями и палеозойскими, в значительной степени метаморфизованными осадочными и изверженными породами. В пределах Нарынской и Тогузтарауской впадин, а также на участке между устьем р. Кокомерен и Кетменьтюбинской впадиной они образуют крупные синклинальные структуры, к мульдам которых в большинстве случаев приурочено русло Нарына. Следует отметить, что участки, в пределах которых якобы происходят потери поверхностного стока, расположены в мульдах синклинальных структур, образованных третичными отложениями, что по существу исключает возможность потерь воды на фильтрацию в заметных величинах. Таким образом, строение коренного ложа и характер слагающих его пород не могут обусловить потерь стока на фильтрацию в значительных размерах.

На большом протяжении долины Нарына мощность подруслового аллювия не превосходит 10—20 м и основная часть стока вод Нарына осуществляется поверхностным путем. Расчеты показывают, что величина подруслового потока не превышает 2—5 м³/сек. Во многих местах долины, например в районе г. Нарын, река протекает непосредственно по коренным образованиям, где русловой аллювий отсутствует. В этих случаях сток всех вод Нарына происходит только в виде поверхностного потока.

Однако в ряде мест наблюдается погружение коренных пород (с. с. Актала, Угут), а мощность рыхлых четвертичных образований существенно возрастает, достигая ~100—150 м. В этих условиях роль подруслового потока в общем балансе стока Нарына становится ощутимой. По приближенным расчетам на таких участках в виде подруслового потока может протекать до 20—30 м³/сек, а в отдельных случаях — до 50 м³/сек и более.

Вместе с тем следует указать, что никаких безвозвратных потерь поверхностного стока в долине Нарына не происходит. Подрусловой поток на отдельных участках долины, так же как и в долинах притоков Атбаши, Алабуга, Кокомерен и других, неизбежно возвращается в русло Нарына в тех местах, где коренные породы приближаются к поверхности, а мощность руслового аллювия уменьшается.

В долине Нарына можно выделить три участка местных тектонических погружений, где мощность рыхлых аллювиальных отложений достигает 100 м и более и подрусловой поток, по-видимому, может достигать заметных величин: а) от с. Актала до с. Угут, б) в районе Тогузтарауской впадины, в) в районе Кетменьтюбинской котловины. Как вверх, так и вниз по течению от указанных участков с уменьшением мощности подруслового аллювия происходит выклинивание грунтовых вод в русло реки и роль подземного потока резко уменьшается.

Изучение геологического строения долины Нарына позволило наметить участки натурных исследований сообразно реальным возможностям их осуществления.

Натурные исследования русловой приточности Нарына проводились в виде контрольного учета стока на станциях УГМС и на специально организованных контрольных станциях САОГИДЭПа. Известно, что на водотоках с достаточно устойчивым руслом точность учета стока зависит от точности изучения режима уровней и точности измерения расходов воды. Поэтому в натурных исследованиях этим двум вопросам уделялось особое внимание.

Для кардинального решения вопроса о русловой приточности Нарына желательно провести исследования на всех шести участках по длине реки. Однако из-за ряда причин они были осуществлены только на трех участках (I, II, и VI), на которых русловая приточность по величине и знаку вызывала большие сомнения. Было проведено изучение уровня режима, плана течения, русловых деформаций, ледовых образований, контрольные измерения расходов воды, первичная обработка и анализ полевых материалов.

Режим уровней исследовали с помощью обычных наблюдений за ходом уровней на водомерных постах УГМС в установленные сроки и эпизодических учащенных (ежечасных) наблюдений.

Контрольные измерения расходов воды проводили по участкам на р. Нарыне и на притоках с учетом волны пробега в следующих створах: 1) Большой Нарын — в устье, 2) Малый Нарын — в устье, 3) Нарын, ст. Контрольная № 1, 4) Нарын, ст. Нарынская, 5) р. Онар-

ча — в устье, 6) Нарын, ст. Контрольная № 2, 7) р. Джергитал — в устье, 8) р. Кокджерты — в устье, 9) Нарын, ст. Устье, р. Кокджерты, 10) Нарын, ст. Дубкурская, 11) Нарын, ст. Кетменьтюбинская, 12) Карасу (левобережная) — близ устья р. Караколь, 13) Караколь — в устье, 14) Карасу (правобережная) — в устье, 15) Нарын, ст. Верхне-Учкурганская, 16) Нарын, ст. Учкурганская, 17) Канал БФК — на головном участке.

За период натурных исследований (1956—1959 гг.) был измерен 1631 контрольный расход воды. Эти контрольные измерения производились с особой тщательностью, а при обработке материалов подвергались детальному анализу все точки измерения скоростей на вертикалях и результаты промеров глубин при определении живого сечения потока.

Планы течения изучали с целью выяснения гидравлических условий русловых участков станций и их влияние на точность учета стока. Проводили съемку струйности течения при помощи поплавков в паводковый период и в межень.

Исследование русловых процессов было направлено на изучение устойчивости русловых участков гидрометрических станций и выполнялось посредством эпизодических съемок русла по промерным поперечникам в гидростворах и на участках.

Кроме того, изучали роль ледовых образований в искажениях уровня режима в зимний период.

Ниже изложены результаты натурных исследований.

Уровеньный режим. Наблюдения за уровнями на водомерных постах гидрометрических станций проводили два раза в сутки (в 8 и 20 час. местного солнечного времени). Данные обрабатывали и анализировали на месте. В результате инспекторских проверок и контрольных нивелировок установлено, что положение постовых устройств всех водомерных постов за период наблюдений сохранялось устойчивым, а наблюдения проводились своевременно и качественно.

Для проверки репрезентативности двухсрочных наблюдений была проведена серия ежечасных круглосуточных наблюдений на семи станциях в паводок и в межень общей продолжительностью 110 суток. Они показали, что среднесуточные уровни двухсрочных наблюдений близки к таковым по 24 срочным с отклонением в 1—3 см и лишь в отдельных случаях они достигали 11 см (устье Малого Нарына), что влекло за собой ошибки в определении ежедневных расходов воды до 10—12%. Надежность наблюдений за уровнями проверялась также по совмещенным хронологическим графикам хода уровней по длине реки с учетом добега. Эти исследования показали, что уровеньный режим Нарына в период открытого русла можно считать достоверным.

В зимний период (ноябрь — март) на многих станциях наблюдались интенсивные ледовые образования: шуга, забереги, заторы, зажоры и др. Особенно резко они проявлялись в устьях Большого и Малого Нарына, где зимние подъемы уровней нередко превышают самые высокие паводковые. Вниз по течению интенсивность ледовых образований уменьшается и искажения, вносимые ими в уровеньный режим, также постепенно затухают.

Русло рек на участках станций достаточно устойчивое, боковые деформации, как правило, отсутствуют, а глубинные не превышают 0,5 м, имеют обратимый характер и не оказывают существенного влияния на режим уровней.

Контрольные измерения расходов воды проводились независимо от текущей работы станций УГМС в их створах и на контрольных станциях САОГИДЭПа № 1 и № 2. Количество измерений и распределение их по времени показано в табл. 1. Необходимо отметить, что при контрольных измерениях периодически выполнялись учащенные измерения скоростей многоточным методом и детальные промеры глубин по живому сечению реки. Они показали, что в отдельных случаях обычные измерения расходов воды отличаются от учащенных на 10—13% (устье Большого и Малого Нарына), в основном же они не выходят за пределы 3—5%. Эти измерения оказались очень полезными в анализе всех измеренных расходов воды как контрольных, так и выполненных штатом УГМС по их планам.

Т а б л и ц а 1

Годы	Станции							
	Малый Нарын, устье	Большой Нарын, устье	Конт-рольная № 1	Нарын-ская	Онарча, устье	Конт-рольная № 2	Джержи-тал, устье	Кокд-жеры устье
1956—1957	24	26	—	88	25	—	22	46
1958	17	18	24	46	7	22	7	12
1959	48	48	54	66	25	37	24	33
В с е г о	89	92	78	200	57	59	53	91

Годы	Станции						
	Нарын, устье р. Кок-джерты	Дубкур-ская	Кет-мень-ю-бинская	Карасу-лево-бережная	р. Кара-коль	Карасу-право-бережная	Верхне-Учкурганская
1956—1957	98	80	89	5	5	17	130
1958	23	48	65	13	13	16	58
1959	60	38	56	12	13	13	60
В с е г о	181	166	210	30	31	46	248

Время контрольных измерений планировалось таким образом, чтобы с учетом пробега волны можно было сопоставлять измеренные расходы воды по изучаемым участкам. Кроме того, контрольные измерения расходов воды явились надежной основой для апробации ежегодных кривых расходов, по которым производился подсчет стока. При построении кривых расходов воды было также использовано 1055 измерений расходов УГМС (табл. 2).

Таким образом, с 1956 по 1959 г., за период исследований русловой приточности Нарына, в гидрологических расчетах и анализе было использовано 2686 измеренных расходов воды.

Планы течения. При подсчете стока кроме качественных данных о режиме уровней и кривых расходов воды, должны быть также использованы сведения о стабильности динамической оси потока на гидрометрических створах. Для этого строились планы течения на осно-

вании изучения струйности потока при помощи поплавков. С этой целью было выполнено 18 серий съемок струйности потока на гидрометрических станциях Нарына в паводочный период и в межень. В результате этих исследований были получены количественные характеристики косоструйности потока в виде отклонения динамической оси потока от нормали относительно положения гидрометрического створа (табл. 3).

Т а б л и ц а 2

Годы	Станции									
	Малый Нарын, устье	Большой Нарын, устье	Нарынская	Онарча, устье	Джергитал	Кокджерты, устье	Нарын, устье р. Кокджерты	Дубкурская	Кетменьтюбинская	Карасу-правобережная
1956—1957	46	58	54	19	27	32	69	63	57	24
1958	36	40	51	19	25	32	41	45	31	14
1959	26	19	38	18	26	27	36	40	30	24
Всего	108	117	143	56	78	91	146	148	118	50

Т а б л и ц а 3

Река, станция	Косоструйность	
	паводок	межень
Большой Нарын, ст. Устье	8°40'	9°30' — 14°10'
Малый Нарын, ст. Устье	1°00'	2°30' — 5°30'
Нарын, ст. Контрольная № 1	4°35'	1°00'
Нарынская	1°00'	1°45' — 3°00'
Контрольная № 2	3°00'	—
Устье р. Кокджерты	1°00'	3°30' — 9°00'
Кетменьтюбинская	1°00' — 2°00'	1°00' — 2°00'
Верхне-Учкурганская	0° — 1°00'	0° — 10°0'

Из табл. 3 видно, что косоструйность по большинству станций не выходит за пределы от 0° до 5° и только в единичном случае достигла 14°10'. При определении площади живого сечения потока она может внести ошибку до 0,5% и в отдельных случаях — до 3%. Это обстоятельство было учтено при подсчете стока по станциям на Нарыне.

Определение стока. Ежедневные расходы воды в период открытого русла определяли обычным путем по ежедневным уровням и кривым расходов воды. В зимний период, когда уровеньный режим искажался ледовыми образованиями и перемерзали русла, расходы воды устанавливали: а) по интерполяции между измеренными расходами; б) по кривым расходов свободного русла с помощью хронологического графика зимних переходных коэффициентов $K_{зим} = \frac{Q_{зим}}{Q_{св}}$; в) по интерполяции расходов воды в начале и конце зимы, определенных по кривым расходов воды для открытого русла. При этом использовались хронологические графики колебания уровней по длине реки, которые в этот период по мере продвижения вниз по течению приобретали устойчивый характер.

По первому способу были получены приуменьшенные расходы воды, по второму не удалось получить устойчивой связи между расходами и уровнями воды и результаты подсчетов были забракованы. Наиболее приемлемыми оказались результаты третьего способа, которые и рекомендуются для дальнейшего использования.

ОЦЕНКА РУСЛОВОЙ ПРИТОЧНОСТИ НАРЫНА

Установление величины и знака русловой приточности Нарына на исследуемых участках производилось двумя методами: 1) по измеренным расходам воды и 2) по стоковым данным.

Первый метод оценки русловой приточности. В процессе натурных исследований измеряли расходы воды сериями по участкам — на первом, втором и шестом и по особой программе на ст. Дубкурской.

Отметим, что при проведении полевых работ не всегда представлялось возможным обеспечить одновременное измерение расходов воды по станциям на Нарыне и притоках. Поэтому на последних иногда принимались не измеренные расходы воды, а среднесуточные, что не вносило большой погрешности, так как их удельный вес был невелик.

Для удобства исследований первый участок был разделен на две части — от слияния составляющих до ст. Контрольной № 1 и от нее до ст. Нарынской.

При сравнении суммы измеренных расходов Большого и Малого Нарына и по ст. Контрольной № 1 на Нарыне из 43 серий измерений 33 дали положительный баланс и 10 отрицательный. Преобладающее число случаев с отрицательным знаком падало на зимние месяцы, когда учет стока сильно затруднялся ледовыми образованиями и был невысокой точности. В среднем на этой части первого участка отмечена приточность 3,5%¹. От ст. Контрольной № 1 до ст. Нарынской из 46 серий одновременных измерений расходов воды 41 показала приточность, в среднем 8,7%.

В целом на первом участке — от слияния Большого и Малого Нарына до ст. Нарынской — протяженностью 44 км выявлена устойчивая положительная приточность порядка 10—15%. Связь расходов воды по конечным створам участка получена достаточно отчетливая и тесная (рис. 3а). Таким образом, общее и раздельное (по частям) рассмотрение первого участка дало одинаковые результаты.

Второй участок также был разделен на две части — от ст. Нарынской до Контрольной № 2 и от последней до ст. Устье р. Кокджерты. На первой из них с учетом притока Онарча было выполнено 37 измерений расходов воды, из которых 30 подтвердили наличие русловых потерь порядка 10—11%. От ст. Контрольной № 2 до ст. Устье р. Кокджерты с учетом притоков Джергитал и Кокджерты было выполнено 50 серий измерений, из которых в 26 отмечена приточность в среднем 8,1%, а в 24 — потери порядка 4—5%.

Если второй участок рассматривать без деления на части, т. е. от ст. Нарынской до ст. Устье р. Кокджерты общей протяженностью 37 км и учесть указанные выше три притока, то будет получена компенсация потерь приточностью его обеих частей. Это хорошо иллюстрирует рис. 3б.

¹ Здесь и далее приточность определена в процентах от низового створа.

Таким образом, второй участок можно считать имеющим русловую приточность, близкую к нулю.

На последнем (VI) участке протяженностью 120 км — от ст. Кетменьтюбинской до ст. Верхне-Учкурганской с учетом притоков Караколь, Карасу левобережное и правобережное — было сделано 123 серии измерений расходов воды, и все они показали наличие приточности в среднем в пределах 7—8% (рис. 4).

Поскольку ниже по течению Нарына от ст. Верхне-Учкурганской в 10,4 км расположена опорная станция УГМС Учкурганская, имеющая продолжительный период работы, возникла необходимость в увязке стока по обеим станциям. Между ними имеется водозабор в БФК с расходом более 100 м³/сек. С этой целью в 1955 г. было проведено 151 измерение расходов воды в трех створах — на ст. Верхне-Учкурганской — 59, в голове БФК — 44 и на ст. Учкурганской — 48, в том числе серия из 10 одновременно измеренных по всем трем станциям. Эти измерения показали, что участок Нарына между станциями Верхне-Учкурганской и Учкурганской не имеет приточности. Баланс измеренных расходов дал отклонения в пределах точности измерений. Таким образом, для дальнейших исследований можно пользоваться створом ст. Верхне-Учкурганской, учитывающей весь сток Нарына на низовом участке, или створом ст. Учкурганской с учетом вышерасположенного водозабора в БФК.

Натурные гидрологические исследования на Нарыне позволили разрешить два важных вопроса: а) выявить с достаточной точностью величину русловой приточности на изучаемых участках и б) установить связи расходов воды между створами на границах рассматриваемых участков.

Второй метод оценки русловой приточности. Результаты определения русловой приточности по измеренным расходам воды были также проверены другим методом — по стокowym данным, выраженным в виде среднемесячных расходов воды. Так, для первого участка за 1956—

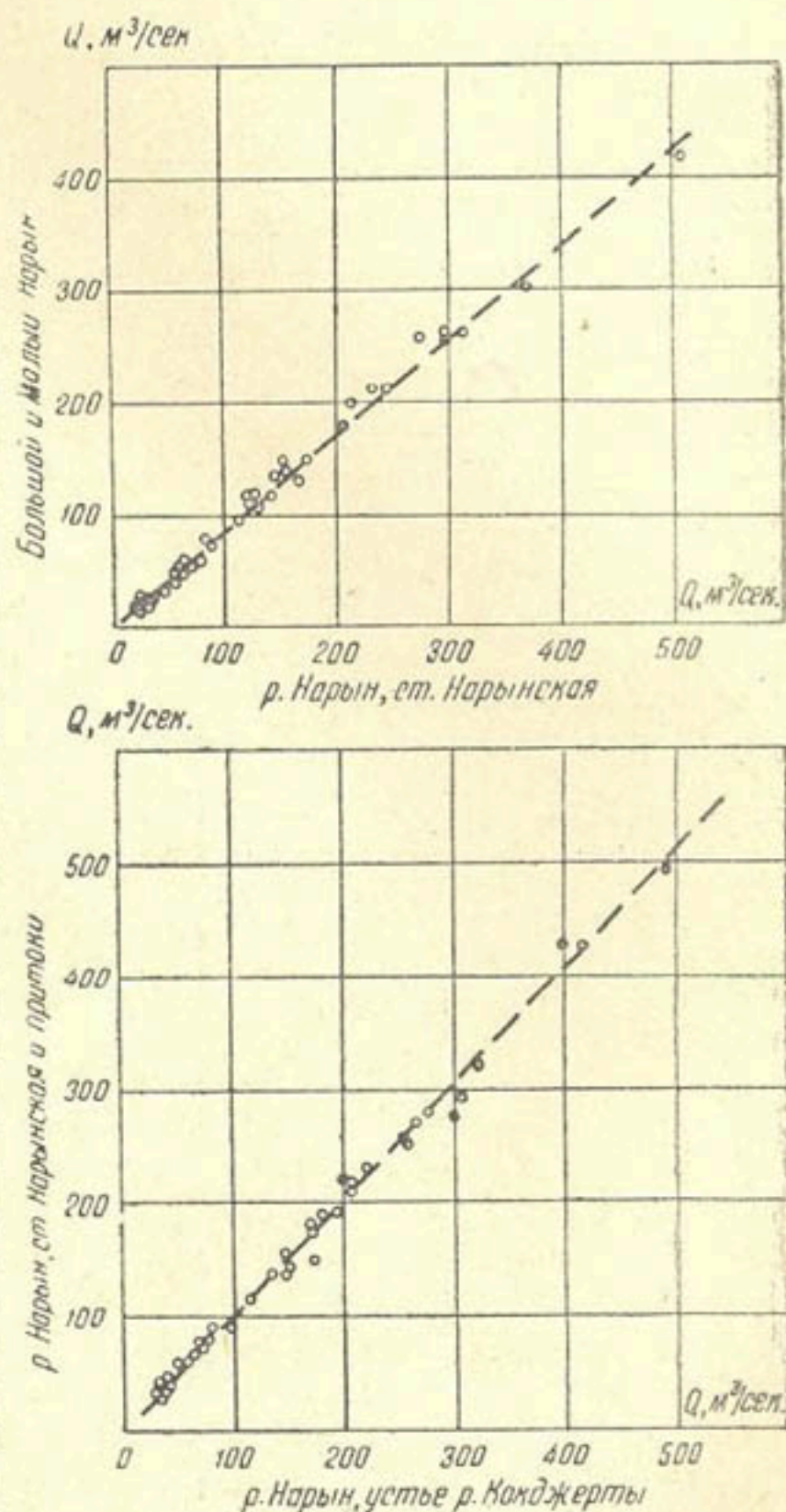


Рис. 3. График связи измеренных расходов воды за период 1958—1959 гг.: а — в устьях Большого и Малого Нарына и на р. Нарыне, ст. Нарынская; б — р. Нарын по ст. Нарынской и ст. Устье на р. Кокджерты с учетом притоков (Онарча, Джергитал, Кокджерты).

1957 гг. получена средняя приточность 9%, а за 1958—1959 гг. — 10. Для второго участка за 1956—1957 гг. установлены потери в 5,9%, а в 1958—1959 гг. — порядка 3—4%. На шестом участке за 1956—1957 гг. получена приточность 15% (без учета притоков), за 1958—1959 гг. — 6—10% (с учетом притоков).

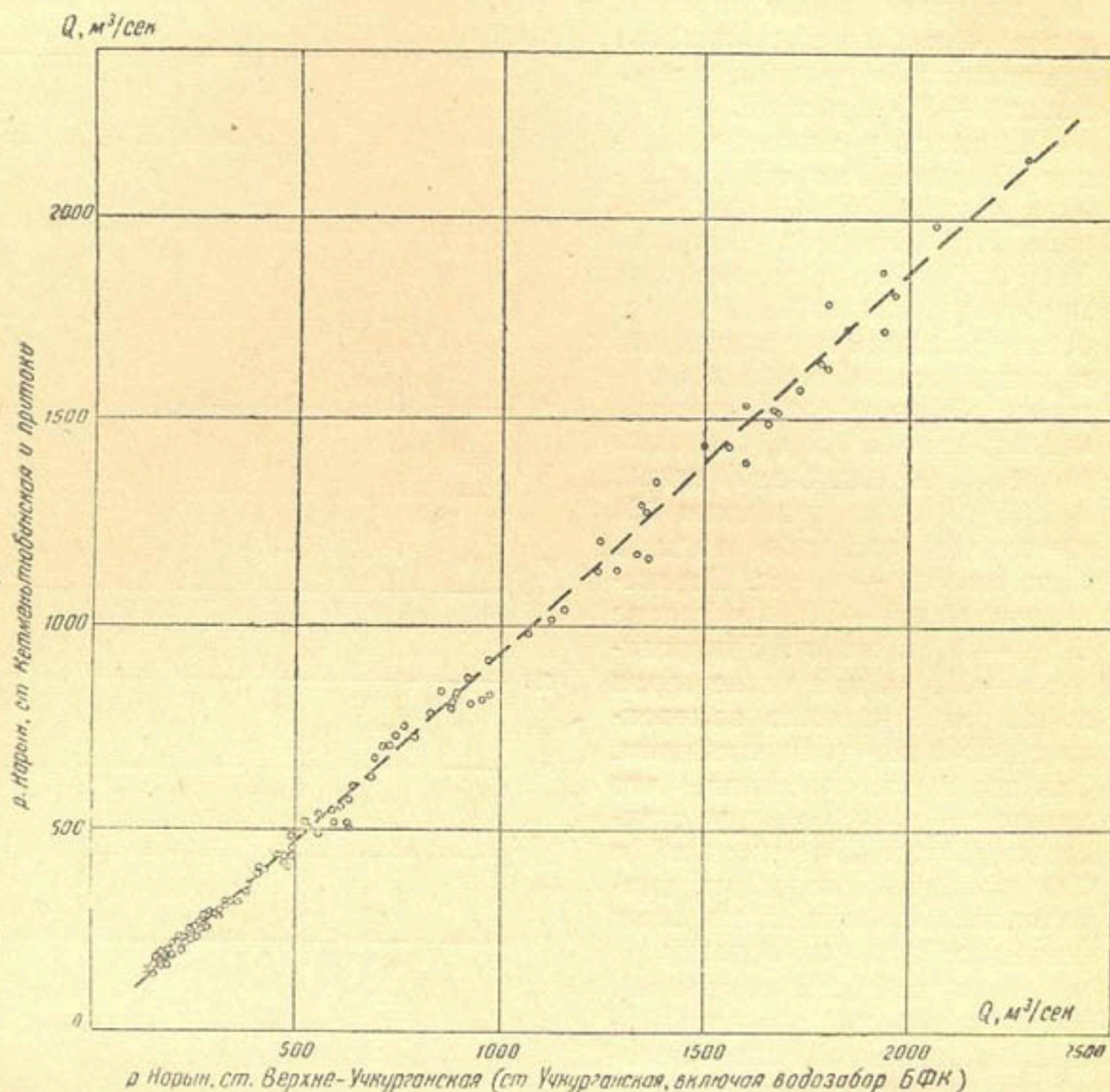


Рис. 4. График связи измеренных расходов воды р. Нарына по станциям Кетменьтюбинской и Верхне-Учкурганской с учетом притоков (Левобережное Карасу, Караколь, Правобережное Карасу) за период 1958—1959 гг.

ВЫВОДЫ

Гидрологические исследования, проведенные САОГИДЭПом на Нарыне в период с 1956 по 1959 г., показали, что мнение о наличии значительных русловых потерь (в том числе и безвозвратных) является ошибочным. Они дали возможность разобраться в вопросе о русловой приточности Нарына, что имеет большое значение для решения ряда инженерно-гидрологических задач и конкретных вопросов по комплексному использованию водных ресурсов этой реки.

Теперь можно считать доказанным, что на первом участке Нарына имеется устойчивая приточность порядка 10—12%; на втором участке в верхней части — потери, в нижней — приточность, которые компен-

сируют друг друга и в целом участок можно считать бесприточным. На шестом участке отмечается устойчивая приточность порядка 8—10%.

Неточность характеристик русловой приточности Нарына, полученных по материалам гидрометрических станций УГМС за период наблюдений с 1933 по 1954 г., по нашему мнению, можно объяснить следующими причинами:

1) недостаточной точностью гидрометрических наблюдений на участках с бурным течением. Русло Нарына в верхнем и среднем течении загромождено обломками скал, валунами и крупным галечником. Резкие изменения рельефа русла реки и большие уклоны дна обусловили его повышенную шероховатость, а отсюда и появления сбойного течения, косоструйности и повышенной пульсации скоростей. В этих условиях весьма затруднительно проведение гидрометрических работ (промеры русла, измерение скоростей, наблюдения за уровнями и др.);

2) гидравлическими особенностями русловых участков гидрометрических станций. Одна часть станций расположена на перекатных участках (Малый Нарын — Устье, Большой Нарын — Устье, р. Нарын, ст. Устье р. Кокджерты), другая находится на плесовых участках реки. На плесах и перекатах отмечается различное распределение скоростей в потоке по глубине вертикалей, в том числе и положение средних скоростей. Недоучет этих обстоятельств может привести к заметным ошибкам, особенно при малом числе точек измерения скоростей на вертикалях;

3) нерепрезентативностью среднесуточных уровней из двухсрочных наблюдений на некоторых станциях. Так, например, на станции в устье Малого Нарына среднесуточные уровни, определенные по двухсрочным наблюдениям, отличаются от установленных по часовым наблюдениям (24 срока) до 11 см. Это несоответствие в среднесуточных уровнях может привести к ошибкам в подсчете стока на 10% и более;

4) неточным учетом стока в зимний период при интенсивных ледовых образованиях, особенно по станциям в устьях Большого и Малого Нарына;

5) недостаточной качеством проведения гидрометрических работ (станции Дубкурская, Кетменьтюбинская и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шульц В. Л. Реки Средней Азии, М., 1949.
2. Шульц В. Л. Гидрография Средней Азии, Ташкент, САГУ, 1954.
3. Щеглова О. П. Питание рек Средней Азии, Ташкент, СамГУ, 1960.
4. Ильясов А. Т. Грунтовое регулирование стока реки Нарын, журн. «Метеорология и гидрология», 1959, № 11.

В. П. СВЕТИЦКИЙ, Н. Б. МАВЛЯНБЕРДЫЕВА

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГИДРОМЕТРИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРАХ, СБРОСАХ И КОЛЛЕКТОРАХ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

В современной научной дисциплине «гидрология суши» рассматриваются закономерности формирования стока, его режим и характеристики применительно к естественным (бытовым) условиям. Теоретические положения этой науки и практическое приложение ее в виде так называемой «инженерной гидрологии» широко применяются в различных отраслях народного хозяйства страны и в инженерной практике проектирования различных объектов комплексного использования водных источников.

В 30-х годах текущего века из гидрологии суши выделилась новая научная дисциплина «Водохозяйственные расчеты», которая изучает вопросы наиболее целесообразного использования водных ресурсов в прогностическом плане. Несмотря на сравнительно небольшой возраст (немногим более 30 лет) этой отрасли науки, она дала решение важных научно-технических задач, в большинстве случаев вполне приемлемых для практических целей.

Что же касается гидрологических условий водных источников при изменении их режима человеком, то в этом направлении имеется очень много важных неразрешенных вопросов.

Огромные территории бассейнов рек, на которых происходит рассеяние стока в гидрологическом отношении почти не исследованы; закономерности трансформации стока не изучены, еще не установлены четкие характеристики этих изменений и не выявлены их параметры. Дело усложняется еще и тем, что в измененном режиме стока, особенно при регулировании, обычные гидрометрические методы неприменимы, а новой гидрометрии зарегулированного стока еще не создано. Однако жизненные запросы настоятельно требуют создания этого важного научного направления в современной гидрологии.

Поскольку в дальнейшем предстоит исследовать закономерности изменения стока на значительных территориях, на которых размещаются различные водопотребители и водопользователи, количественное выражение этих изменений, по-видимому, удобнее всего будет представить в виде водного баланса для заданного отрезка времени (месяцы, сезоны, годы, многолетний ряд). При наличии водохранилищ необходимо учитывать их регулирующее влияние на сток и изучать элементы водного баланса.

В настоящее время при эксплуатации ирригационных систем учитываются лишь некоторые элементы водного баланса, а именно: при-

ток поверхностных вод, подача воды в ирригационные системы (сеть), сбросные воды (частично) и весьма приближенно возвратные. Наибольшее число пунктов наблюдений эксплуатационной гидрометрии министерств водных хозяйств республик Средней Азии расположено на ирригационных каналах и очень немного на сбросах и дренажных коллекторах.

При планировании водохозяйственных мероприятий требуется правильный учет изменений, происходящих в водном балансе территории. Учет этих изменений имеет большое научное и практическое значение.

От правильного расчета составляющих водного баланса зависит прогноз изменений стока рек и их режима после осуществления водохозяйственных мероприятий. Необходимость такого рода прогноза особенно возросла в последние годы, когда водные ресурсы многих бассейнов или полностью использованы, или близки к исчерпанию.

При такой постановке вопроса особое значение приобретают данные эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства и их качество — полнота и достоверность.

В 1963 г. в бассейне р. Сыр-Дарьи проводился так называемый Гидрологический год, представлявший комплекс обширных гидрологических исследований, в которых принимали участие институт «Гидропроект», ИВПиГ АН УзССР, управления гидрометслужбы и министерства водного хозяйства КиргССР, ТаджССР, КазахССР и другие организации.

В этих исследованиях большое место уделено Ферганской долине, где широко развито орошаемое земледелие. Однако вопросы учета водных ресурсов на ирригационных системах долины решены недостаточно. Приведем некоторые сведения о современном состоянии сети эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства Ферганской долины.

Долина расположена частично в Ошской области КиргССР, в Ферганской и Андижанской областях УзССР, Ленинабадской области ТаджССР. Площадь, занимаемая долиной, 78 тыс. км², из которых на долю КиргССР приходится 68%, УзССР — 22 и ТаджССР — 10%.

В настоящее время Ферганская долина является одним из самых крупных ирригационных районов в бассейне р. Сыр-Дарьи. Площадь орошения здесь превышает 1 млн. га (УзССР 66%, КиргССР 25 и ТаджССР 9%). Это один из наиболее экономически развитых хлопководческих районов Средней Азии.

В речную сеть Ферганской долины входят Нарын, Карадарья, Сыр-Дарья и многочисленные реки, стекающие со склонов Ферганского (междуречье), Чаткальского и Кураминского (правобережье Сыр-Дарьи), Алайского и Туркестанского хребтов (левобережье Сыр-Дарьи). Естественный сток этих рек учитывается сетью гидрометрических станций УГМС, число которых достигает 42.

На некоторых мелких реках и периодически действующих водотоках правобережья, левобережья и междуречья учет стока не производится. Величина неучтенного стока не превышает 3—5% от суммарной его величины.

В Ферганской долине имеется большое число ирригационных систем; наиболее крупные из них — БФК, ЮФК, СФК, Шаарихансай, Савай, Андижансай, им. Ахунбабаева, каналы машинного орошения Самгарский, Ходжабакирганский и др. Здесь развита сеть сбросов, коллекторов и дрен. Из крупных коллекторов и сбросов можно назвать Сарысу, Каракалпак, Северобагдадский, Сохисфаринский, Аштский и др.

Водозабор в ирригационные системы и каналы из разных рек Ферганской долины осуществляется в 631 пункте, а сброс дренажных и неиспользованных вод в речную сеть производится по 105 коллекторам и сбросам. Общее представление о водозаборах, сбросах и коллекторах, имеющих в долине, дает линейная схема (рисунок).

По данным натурных обследований Гидропроекта и материалов ИВПиГ АН УзССР на 1 января 1963 г. имелось следующее количество водозаборов в ирригационные системы и каналы: по Узбекской ССР — 258, по Киргизской ССР — 296 и по Таджикской ССР — 77.

У основной массы водозаборов (более 85%) пропускная способность не превышает 5 м³/сек и только около 15% приходится на крупные каналы и магистрали. Из общего числа 631 водозабора учет стока надежно производится лишь на 435 (69%); на остальных же он малонадежен или совершенно отсутствует (табл. 1).

Таблица 1

Общие сведения о сети эксплуатационной гидрометрии на водозаборах в каналы Ферганской долины

ССР	Количество водозаборов в каналы с расходами воды						Процент от общего количества
	<1	1—3	3—5	5—10	>10	итого	
	м ³ /сек					общее число	
Узбекская	$\frac{117}{42}$	$\frac{27}{12}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{30}{2}$	$\frac{191}{67}$	258 41
Киргизская	$\frac{123}{94}$	$\frac{32}{10}$	$\frac{13}{3}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{182}{114}$	296 47
Таджикская	$\frac{35}{12}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{17}{0}$	$\frac{62}{15}$	77 12
Итого	$\frac{275}{148}$	$\frac{65}{23}$	$\frac{22}{12}$	$\frac{21}{7}$	$\frac{52}{6}$	$\frac{435}{196}$	631 100
Всего	423	88	34	28	58	631	— —
%	68	14	5	4	9	100	— —

Примечание. В числителе указаны пункты, где сток учитывается надежно; в знаменателе, — где он учитывается ненадежно или же учет совершенно отсутствует (такой порядок сохранен и в последующих таблицах).

Значительно хуже обстоит дело с учетом стока на коллекторах и сбросах. Из общего их количества (105) в Узбекской части долины находится 46, в Киргизской — 8 и Таджикской 51. Сток определяется (приблизительно) только на 19 пунктах (18%); на остальных 86 он совершенно не учитывается (табл. 2).

Для освещения поставленного вопроса, по-видимому, следует рассмотреть более подробно части долины, так как структура управления ирригационными системами и учет стока воды в источниках

орошения и в каналах связаны с административными границами республик.

Узбекская ССР. В этой части долины источниками орошения являются Нарын, Карадарья, Сыр-Дарья и большое количество рек правобережья, левобережья и междуречья Ферганской котловины. Забор воды в ирригационные системы и отдельные каналы осуществляется в 258 пунктах. Из этого числа 48 водозаборов имеют пропускную способность от 5 до 100 м³/сек, а основная их масса (82%) — мелкие системы и каналы — до 5 м³/сек.

Таблица 2

Данные о сети эксплуатационной гидрометрии
на коллекторах в Ферганской долине

ССР	Количество коллекторов и сбросов с расходами воды					итого	общее число	Процент от обще- го коли- чества
	<1	1—3	3—5	>5				
	м ³ /сек							
Узбекская	$\frac{11}{13}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{18}{28}$	46	44	
Киргизская	$\frac{1}{5}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{7}$	8	8	
Таджикская	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{31}$	$\frac{0}{9}$	$\frac{0}{11}$	$\frac{0}{51}$	51	48	
И т о г о	$\frac{12}{18}$	$\frac{4}{40}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{19}{86}$	105	100	
В с е г о	40	44	11	20	105	—	—	
%	38	42	11	19	100	—	—	

Регулярные наблюдения за стоком воды на водозаборах, как правило, проводятся лишь в вегетационный период, причем точность и достоверность данных не везде и не всегда бывает достаточной. В табл. 3 приведены сведения о сети эксплуатационной гидрометрии Минводхоза УзССР в Ферганской долине.

Предварительное ознакомление с материалами по этой сети показало, что на 191 водозаборе сток учитывается удовлетворительно и стоковые данные сомнений не вызывают. На остальных 67 водотоках учет организован или неудовлетворительно вследствие некачественности наблюдений, или же совершенно отсутствует.

На коллекторах и сбросах учет стока ведется значительно хуже. Из общего количества 46 коллекторов только на 18 осуществляются наблюдения за стоком, на остальных же сток совсем не учитывается.

Здесь и в последующем речь идет не о всей сети эксплуатационной гидрометрии органов водного хозяйства, а лишь о той ее части, которая расположена на водозаборах и в устьях сбросов и коллекторов. Так, например, в Узбекской части Ферганской долины имеется около 3,5 тыс. пунктов наблюдений, а на водозаборах и сбросах только 276, что составляет около 8% от общего их числа.

Киргизская ССР. На этой части территории Ферганской долины расположено 296 водозаборов в ирригационные системы и каналы. Подавляющая часть водозаборов (93%) представляет собой мелкие каналы с пропускной способностью до 5 м³/сек. Регулярные наблюдения в вегетационный период проводятся на 182 водозаборах. Учет стока здесь можно считать надежным. На остальных 114 водозаборах наблюдения ведутся нерегулярно или же совершенно отсутствуют (табл. 4).

Таблица 3

Сведения о сети эксплуатационной гидрометрии Минводхоза УзССР в Ферганской долине

Источник питания	Количество водозаборов в каналы с расходами					итого	общее число
	<1	1—3	3—5	5—10	>10		
	м ³ /сек						
Карадарья с притоками	$\frac{4}{1}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{8}{0}$	$\frac{20}{1}$	21
Реки междуречья	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{5}{0}$	5
Нарын с прито- ками	$\frac{27}{0}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{40}{0}$	40
Сыр-Дарья	$\frac{5}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{9}{0}$	9
Реки правобе- режья	$\frac{71}{28}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{88}{34}$	122
Реки левобережья	$\frac{8}{13}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{9}{1}$	$\frac{29}{32}$	61
Итого	$\frac{117}{42}$	$\frac{27}{12}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{30}{2}$	$\frac{191}{67}$	258
Всего	159	39	13	15	32	258	—
%	62	15	5	6	12	100	—

Коллекторов и сбросов очень мало, всего 8; сток по ним не учитывается; осуществляются нерегулярные наблюдения только по одному коллектору.

Таджикская ССР. Здесь находится 77 водозаборов в ирригационные самотечные системы и в каналы машинного орошения. Большая часть их (77%) имеет пропускную способность до 5 м³/сек. Регулярные наблюдения за стоком в вегетационный период производятся на 62 водозаборах. Материалы этих наблюдений можно считать надежными. На остальных 15 водозаборах наблюдения нерегулярны и данные о стоке ненадежны (табл. 5).

Из имеющихся 51 коллектора ни на одном регулярных наблюдений за стоком не производится.

Таблица 4

Сведения о сети эксплуатационной гидрометрии Минводхоза КиргССР
на водозаборах в каналы

Источник питания	Количество водозаборов в каналы с расходами воды					итого	общее число
	<1	1—3	3—5	5—10	>10		
	м³/сек						
Карадарья с притоками	$\frac{49}{27}$	$\frac{20}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{80}{29}$	109
Реки междуречья	$\frac{30}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{39}{0}$	39
Реки правобе- режья	$\frac{26}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{33}{0}$	33
Реки левобережья	$\frac{18}{67}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{30}{85}$	115
Итого	$\frac{123}{94}$	$\frac{32}{10}$	$\frac{13}{3}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{182}{114}$	296
Всего	217	42	16	12	9	296	—
%	73	14	6	4	3	100	—

Таблица 5

Общие сведения о сети эксплуатационной гидрометрии
Минводхоза ТаджССР

Источник питания	Количество водозаборов в каналы с расходами воды					итого	общее число
	<1	1—3	3—5	5—10	>10		
	м³/сек						
Сыр-Дарья	$\frac{0}{5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{8}{0}$	$\frac{8}{6}$	14
Реки правобе- режья	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{5}{2}$	7
Реки левобе- режья	$\frac{33}{6}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{9}{0}$	$\frac{49}{7}$	56
Итого	$\frac{35}{12}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{17}{0}$	$\frac{62}{15}$	77
Всего	47	7	5	1	17	77	—
%	61	9	7	1	22	100	—

Из изложенного выше видно, что данные эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства в Ферганской долине (начало 1963 г.) по своей полноте и качеству недостаточны и не могут служить надежной основой для гидрологического анализа и расчетов водного баланса орошаемых территорий. Элементы водного баланса должны быть достаточными, а по точности иметь довольно высокий уровень. Так, например, точность характеристик рассеяния стока должна быть не меньше, чем стоковых характеристик по источникам питания и т. д. С этой целью выдвигаются следующие первоочередные мероприятия:

1. Развитие сети гидрометрических станций и постов УГМС на мелких и временных водотоках, стекающих со склонов Чаткальского, Кураминского, Ферганского, Алайского и Туркестанского хребтов, в 20—25 створах. Это позволит учесть приток поверхностных вод, поступающих в долину, практически на 100%.

2. Дооборудование, ремонт и организация вновь гидрометрических створов и водомерных постов эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства на водозаборах в ирригационные системы и каналы в количестве 196, в том числе по Узбекской части долины 67, Киргизской 114 и Таджикской 15.

3. Организация вновь 86 гидростворов и водомерных постов водного хозяйства на коллекторах и сбросах, в том числе в Узбекской части долины — 28, Киргизской — 7 и Таджикской — 51.

4. Проведение круглогодичных систематических качественных наблюдений на крупных водозаборах в ирригационные системы и каналы, а также на коллекторах и сбросах. Повышение качества камеральной обработки полевых материалов и критический анализ стоковых данных как по источникам питания, так и на сети каналов орошаемой территории.

Часть из указанных мероприятий уже осуществляется в связи с проведением Гидрологического года в бассейне р. Сыр-Дарьи. В результате этого можно надеяться, что данные эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства Ферганской долины за 1963 г. и последующие годы будут более полными и качественными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин И. А. Водные ресурсы Ферганской долины, Л., Гидрометеониздат, 1959.
2. Шульц В. Л. Реки Средней Азии, М., Географиз, 1949.

В. П. СВЕТИЦКИЙ, Н. Б. МАВЛЯНБЕРДЫЕВА

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧАРВАКСКОГО ГИДРОУЗЛА НА Р. ЧИРЧИКЕ

Строящееся Чарвакское водохранилище для сезонного регулирования стока в известной мере изменит естественный режим р. Чирчика на всем ее протяжении. Приводимые ниже характеристики освещают гидрологические элементы этого района в бытовых условиях, не измененных регулированием.

Чирчик — правый приток Сыр-Дарьи — образуется слиянием рр. Пскема и Чаткала. На всем протяжении он принимает только два крупных притока: р. Угам (правый) и р. Аксаката (левый); остальные имеют характер периодически действующих саев (рис. 1). Более половины (53%) стока Чирчика при выходе из гор приходится на Чаткал; остальную часть составляют Пскем — 37%, Угам — 9% и 1% мелкие притоки. Ниже с. Газалкент сток реки разбирается на орошение, а гидроэнергетические ресурсы используются на каскаде ГЭС.

В климатическом отношении район строительства водохранилища характеризуется зимними инверсиями, вследствие чего суточные и годовые амплитуды сглажены. Среднегодовая температура воздуха здесь равна 11,5°, абсолютный минимум — минус 30°, максимум плюс 37°. Зимний режим относительно устойчив. Снежный покров сохраняется более 70 дней. Лето умеренно жаркое. Хорошо выражена горнодолинная циркуляция. Среднегодовая сумма осадков — около 900 мм, большая часть которых выпадает в марте. Довольно часто отмечаются туманы и грозы.

Чарвакская котловина является частью обширной Чирчикской депрессии, отделившейся в среднечетвертичное время. Северная часть котловины нарушена Коржантау-Угамским надвигом, восточная — Бричмуллинским и южная — Чимганским. Пскем и Чаткал протекают в узких каньонах, прорезая в основном четвертичные конгломераты. После слияния Пскема и Чаткала Чирчик рассекает всю толщу конгломератов и врезается в глинисто-песчанистые отложения красноцветной свиты нижнего неогена и верхнего палеогена. Зеркало грунтовых вод имеет уклон в сторону Чирчика, являющегося естественной дренажной для Чарвакской котловины.

Режим Чирчика и его притоков изучался гидрометслужбой в разное время на 27 створах. В текущий период в бассейне действуют 22 станции и поста УГМС. Впервые наблюдения за режимом Чирчика начались в 1900 г., когда была открыта станция Чимбайлыкская близ сел. Чимбайлык. Расходы воды измеряли на этой станции с 1910 г. до

апреля 1936 г., а уровень воды — вплоть до ее закрытия 31.II—1938 г. Вместо станции Чимбайлыкской в 1930 г. была открыта станция Ходжикентская, которая действует и в настоящее время. Кроме того, были открыты станции УГМС в следующих створах: р. Пскем — ст. Устье в 1931 г., р. Чаткал — ст. Устье (Чарвакская) с перерывами с 1914 по 1922 гг. и вновь с марта 1936 гг. р. Угам — ст. Ходжикентская с марта 1931 г., р. Чирчик — ст. Чарвак с 14.III—1918 г. по 31.III—1922 г. Помимо УГМС, наблюдения за режимом Чирчика производились и другими организациями. Зимой 1935—1939 гг. ЛенГИДЭПом велись специальные исследования зимних явлений на Чирчике от верховий Чаткала до сел. Искандер.

Для обоснования проектов Чарвакского водохранилища, Ходжикентской и Газалкентской ГЭС САОГИДЭПом были проведены исследования на станции Чарвакской с 1941 по 1947 гг. и с 1952 по 1958 гг. Кроме того, проводились наблюдения за уровнями воды в Чарвакском каньоне и других створах на ряде водомерных постов. С 1955 по 1957 гг. Средазгипроводхлопком выполнялись балансовые работы на р. Чирчике на участке от ст. Ходжикентской до сел. Куйлюк.

При анализе имеющихся данных УГМС по расходам воды Чирчика и его притоков оказалось, что на участке Чарвакского водохранилища они не увязываются между собой. Расходы воды Чирчика в створе ст. Ходжикентской отличаются от суммарных расходов Чаткала, Пскема и Угама до $\pm 26\%$. Отклонения суммарных среднемесячных расходов воды Чаткала, Пскема и Угама в процентах от расходов Чирчика в замыкающем створе (ст. Ходжикентская) за период с 1932 по 1952 гг. приведены в табл. 1, из которой видно, что в 1932, 1933 и первой половине 1934 гг. невязка стока отрицательная, в последующие годы знак ее меняется на положительный, но с 1944 по 1952 г. она вновь приобретает отрицательный знак. Такая невязка стока по величине (с изменением знака по периодам лет) на сравнительно коротком участке реки (до 10 км) вызвала сомнение в достоверности исходных данных по опорным гидрометрическим станциям и даже толкования о «провальной» зоне в русловом карсте и другие гипотезы, объясняющие это явление.

Для разрешения вопроса о невязке стока САОГИДЭПом были организованы полевые гидрологические исследования по изучению руслового баланса Чирчика на участке от слияния Чаткала и Пскема до ст. Ходжикентской, проводившиеся под руководством и при участии автора.

На рассматриваемом участке Чирчика имеются притоки — справа Угам, слева Чимганка и сай Ишаккупрюк. Заборов воды в ирригационные каналы или других отъемов ее не имеется. Сток реки учитывается на гидрометрических станциях УГМС в устьях Чаткала, Пскема и Угама и суммарно на ст. Ходжикентской. Кроме того, в 2,5 км ниже слияния составляющих имелась станция САОГИДЭПа Чарвакская (рис. 2).

Исследования проводились в два этапа: 1953—1954 гг. и 1955—1956 гг. На первом этапе изучаемый участок был разделен на две части — от слияния Чаткала и Пскема до ст. Чарвакской и последней до ст. Ходжикентской. На первом из них были следующие балансовые створы: устье Чаткала, устье Пскема, ст. Чарвакская; на втором — ст. Чарвакская, устье Угама, ст. Ходжикентская и Ходжикентская контрольная.

Отклонения суммарных среднемесячных расходов воды Чаткала, Пскема и Угама от расходов Чирчика в замыкающем створе
(ст. Ходжикентская) с 1932 по 1952 гг., %

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1932	-25,6	-23,9	-12,0	5,2	-4,1	4,1	7,3	8,0	-11,6	-11,5	-22,4	7,5
1933	-4,9	-10,7	-10,4	3,0	-11,4	1,7	1,0	3,8	-2,7	-3,9	-5,2	-12,4
1934	-1,0	-10,8	-13,2	1,3	-3,0	-0,95	1,2	1,5	+3,5	+1,5	0	-2,5
1935	-3,8	0	4,5	2,4	4,4	4,9	3,0	1,6	0	4,7	-5,5	-4,2
1936	-7,2	1,0	2,3	5,7	4,7	4,0	6,1	10,9	+12,8	+6,2	-1,9	+6,6
1937	+8,3	+3,0	-7,4	0,8	+5,8	+2,0	22,4	19,7	+8,9	+11,0	+17,4	+20,6
1938	+10,5	+4,9	+10,7	0,9	+5,7	+5,2	5,8	6,2	+11,4	+4,5	+9,4	+16,7
1939	+11,2	+7,1	+10,6	0	+1,1	+5,3	2,0	5,8	+5,3	+5,4	+4,9	+11,8
1940	+13,6	+10,7	+10,8	1,6	+3,5	+6,2	6,0	3,1	+5,1	+6,8	+8,8	+12,3
1941	+12,5	+7,8	+6,2	1,6	+3,9	+3,6	10,0	11,5	+6,3	0	-8,8	-6,8
1942	-1,4	+6,7	0	2,7	+17,0	+11,3	3,3	2,4	+4,8	+6,6	+15,9	+20,0
1943	-12,1	-	-	9,9	+10,0	+1,3	2,1	-	-	-	-	-
1944	-23,8	-23,2	-	3,3	-1,0	-	0	10,0	-10,0	-12,1	-	-
1945	-21,4	-14,9	-	9,1	-1,2	4,0	5,7	4,8	-6,0	-13,3	-10,0	-8,4
1946	-9,5	-5,9	1,0	15,4	-9,4	8,8	-	6,5	-8,8	-10,0	-8,8	-7,9
1947	-12,4	-11,0	7,0	10,8	-16,0	-15,0	-9,3	7,4	-3,7	+1,8	+2,6	0
1948	-0,25	-3,9	1,4	2,9	-10,7	-13,1	-14,2	12,9	-10,0	-7,6	-6,2	-3,5
1949	-3,0	-2,1	2,5	8,1	-10,2	-13,1	9,3	5,0	-6,1	-10,0	-11,0	-7,2
1950	-10,3	-12,0	7,8	7,4	-10,2	-8,0	6,1	7,0	-10,5	-7,4	-7,0	-1,9
1951	0	-3,7	6,4	9,8	-7,8	-7,5	8,7	5,9	-5,0	-6,5	-5,8	-5,8
1952	-4,4	-5,5	5,0	7,6	-4,6	-0,5	0,6	8,2	-7,0	-5,0	-0,6	+2,9
Наибольшее	+13,6	+10,7	+10,8	+9,9	+17,0	+20,0	+22,4	+19,7	+12,8	+11,0	+17,4	+20,6
Наименьшее	-25,6	-23,9	-13,2	-15,4	-16,0	-15,0	-9,3	-10,0	-11,6	-13,3	+22,4	-12,4

В результате серии одновременно измеренных расходов воды (с учетом добега) в 1953 г. по указанным створам обнаружилось наличие невязки стока на исследуемом участке со знаком минус до 9%. Это вызвало сомнения в достоверности стоковых данных по перечисленным гидрометрическим станциям и, в первую очередь по ст. Ходжикентской. Для разрешения возникшего вопроса на Чирчике была открыта контрольная ст. Ходжикентская несколько ниже по течению.

В итоге совместной работы ст. Ходжикентской и Контрольной в 1954 г. подтвердилась достоверность стоковых данных по опорной станции Ходжикентской. Расхождения в одновременно измеренных расходах воды в обоих створах не выходили за пределы точности гидрометрических измерений (1—3%) с наибольшим отклонением 4,5%.

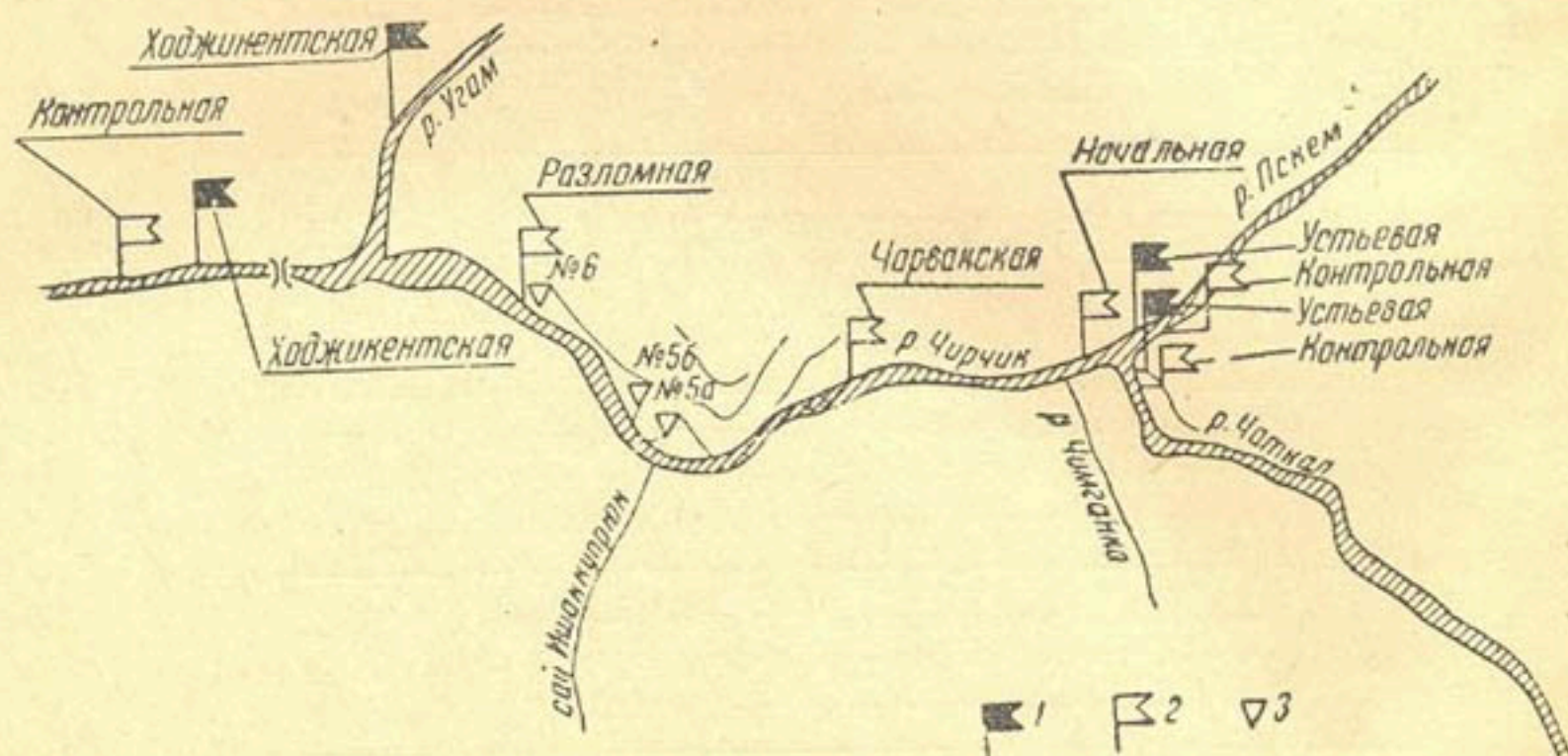


Рис. 2. Гидрографическая схема верховьев Чирчика:

1—гидрометрические станции УГМС; 2—гидрометрические станции САОГИДЕПа; 3—водопост.

Однако русловый баланс исследуемого участка Чирчика в 1953—1954 гг. не позволил вскрыть причины невязки стока, особенно с отрицательным знаком. Как и прежде, было получено большое число случаев с отрицательными невязками до 9%. Поэтому на следующем этапе были проведены более углубленные исследования руслового баланса Чирчика.

На втором этапе исследований были организованы дополнительные гидрометрические станции в нижеперечисленных створах:

а) на Чирчике ст. Начальная — непосредственно после слияния Чаткала и Пскема; ст. Разломная — выше устья Угама (между геологическими разломами);

б) на Чаткале ст. Контрольная — выше устьевой станции;

в) на Пскеме ст. Контрольная, также выше устьевой станции;

г) на Чимганке — в устье;

д) на Ишаккупрюксае — в устье (рис. 2).

О масштабе балансовых работ можно судить по количеству измеренных расходов воды на первом и втором этапах (табл. 2).

Кроме этого, было уделено большое внимание компарированию приборов (вертушки, секундомеры, счетчики оборотов лебедок и др.). Была организована очень тщательная камеральная обработка и анализ первичных полевых материалов.

Следует отметить, что все исследования руслового баланса выполнялись специализированной гидрологической партией САОГИДЭПа независимо от работ, проводимых на станциях УГМС.

Ценные натурные данные, полученные в результате выполнения второго этапа исследований позволили по-новому подойти к решению поставленной задачи и сделать объективные выводы.

Таблица 2

Количество измеренных расходов воды

Река, станция	1-й этап		2-й этап	
	1953 г.	1954 г.	1955 г.	1956 г.
Чирчик, Начальная	—	—	53	94
Чарвакская	60	62	78	99
Разломная	—	—	25	64
Ходжикентская УГМС	10	28	37	91
Контрольная Ходжикентская	—	37	—	—
Чаткал, Устьевая УГМС	10	42	50	94
Контрольная	—	—	25	89
Пскем, Устьевая УГМС	10	41	48	94
Контрольная	—	—	21	93
Угам, Ходжикентская УГМС	10	44	38	92
Чимганка, Устьевая	—	—	—	27
Ишаккупрюксай, Устьевая	—	—	—	20
Всего	100	254	375	857

Примечание. В это число не входят расходы воды, измеренные на станциях УГМС их штатом.

Прежде всего нужно было выяснить вопрос о достоверности стоковых данных станций УГМС в устьях Чаткала, Пскема и Угама. Анализ материалов более 100 одновременных измерений расходов воды на вышеуказанных станциях показал следующее.

1. Стоковые данные устьевой станции УГМС на Чаткале завышены, по сравнению с данными контрольной станции, до 10%, причем в межень величина завышения устойчиво удерживается в пределах 9—10%, в паводок же снижается до 4—5%.

2. Величины стока устьевой станции УГМС на Пскеме и ст. Контрольной весьма близки, что подтверждается 142 одновременно измеренными расходами воды.

3. Оценку стока Угама по ст. Ходжикентской, как по данным УГМС, так и по контрольным измерениям, следует считать приближенной, ввиду неблагоприятных гидравлических условий на участках станции.

Отметим, что принятые для исследований руслового баланса гидрометрические станции находятся не в одинаковых гидравлических условиях: одни из них расположены на плесовых участках, другие — на перекатах.

Первый тип станций — Устьевая и Контрольная на Пскеме, Контрольная на Чаткале, Начальная и Ходжикентская на Чирчике — характеризуется относительно небольшими уклонами водной поверхности, большими глубинами и сравнительно спокойным течением. Для второго типа станций — Устьевая на р. Чаткал, Разломная и отчасти Чар-

вакская на Чирчике, Ходжикентская на Угаме — характерны большие уклоны водной поверхности, небольшие глубины и бурное течение. Наиболее отчетливо эти черты выражены на Устьевой станции на Чаткале.

При проведении исследований было обращено внимание на причины, вызывавшие ошибки при измерении расходов воды, т. е. при измерении скорости течения и площади живого сечения. Поскольку те и другие измеряются не по всему сечению, а только в некоторых точках они могут отображать лишь приближенные величины. Из-за неравномерного течения на большинстве горных рек распределение скорости в поперечных сечениях потока, на плесах и перекатах различное.

Для Чирчика годографам в створах, находящихся на плесах, свойственно довольно плавное изменение скоростей от наибольших поверхностных к наименьшим придонным и расположение средней скорости на 0,60 глубины потока. Для створов на перекатных участках типично наличие повышенных скоростей в придонных слоях и смещение средней скорости на 0,65—0,70 глубины потока.

В процессе исследований большое внимание уделялось точному измерению площади живого сечения русла рек. Ошибки в измерениях устранялись путем проведения более подробных промеров (с большим числом вертикалей), а также детальной проверки всех отклонившихся точек с выяснением причин и внесением соответствующих коррективов.

Русловой баланс исследуемого участка составляли двумя способами: а) по одновременно измеренным расходам воды с учетом добегания и б) по стоковым характеристикам (среднедекадным и среднемесячным расходам воды). При этом были учтены гидравлические особенности русловых участков станций путем отдельного составления руслового баланса I и II группы станций.

Результаты расчетов руслового баланса первым способом следующие. По станции I типа балансирование суммарных расходов воды на участке от станций Контрольных на Чаткале и Пскеме до ст. Начальной на Чирчике из 66 одновременных измерений показало отклонения с положительным знаком в 48 случаях (73%) и с отрицательным — в 18 случаях (27%).

На участке от ст. Начальной до Ходжикентской получено соответственно 37 случаев с положительными отклонениями и 29 с отрицательными. По величине основная масса отклонений не превышает точности измерений расходов воды (2—5%).

Для станций II типа представилось возможным произвести балансовые расчеты только на участке от ст. Чарвакской до ст. Разломной. Из 66 одновременных замеров расходов воды получены в 2/3 случаях отклонения с положительным знаком и в 1/3 с отрицательным.

Расчеты руслового баланса по стоковым характеристикам осуществлены по наиболее точным данным за 1956 г. также отдельно для двух типов станций (табл. 3, 4).

Эти расчеты показывают, что на участке от Контрольных станций Чаткала и Пскема до ст. Начальной на Чирчике сток их балансируется с невязкой в пределах точности учета (2—3%). На участке от ст. Чарвакской до Разломной отмечается некоторая приточность, а на всем участке от ст. Начальной до Ходжикентской имеется приточность в паводковый период до 2%, а в межень — до 5—8%.

На основании результатов натурных исследований руслового баланса Чирчика в районе Чарвакского гидроузла можно сделать следующие выводы.

1. Стоковые данные по опорной гидрометрической станции УГМС Ходжикентской на Чирчике являются вполне достоверными и сомнений не вызывают.

2. Стоковые данные по Устьевой станции УГМС на Пскеме также достоверны; по Устьевой же станции на Чаткале они завышены в паводок до 4—5%, а межень — до 10%. По ст. Ходжикентской на Угаме стокковые данные оцениваются как приближенные, ввиду неблагоприятных гидравлических условий на русловом участке станций.

Т а б л и ц а 3

Расчет руслового баланса Чирчика по среднемесячным расходам воды 1956 г. для станции I типа

Ме- сяц	Сумма по ст. Конт- рольным на Чат- кале и Пскеме	По ст. Началь- ной	Разность 2—3		Чирчик, ст. Ход- жикент- ская	Угам, ст. Ход- жикент- ская	Разность 6—7	Разность 8—3	
	<i>м³/сек</i>		%	<i>м³/сек</i>				%	
									<i>м³/сек</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	56,8	55,6	—1,2	—2,2	62,5	7,06	55,4	—0,2	—0,4
II	52,7	51,6	—1,1	—2,1	59,6	7,47	52,1	0,5	1,0
III	67,6	65,6	—2,0	—3,1	81,6	12,4	69,2	3,6	5,2
IV	208	213	5,0	2,3	261	42,7	218	5,0	2,3
V	437	440	3,0	0,7	493	48,6	444	4,0	0,9
VI	425	425	0	0	474	38,8	435	10,0	2,3
VII	437	437	0	0	473	28,4	445	8,0	1,8
VIII	209	213	4	1,9	225	13,2	212	—1,0	—4,7
IX	129	131	2	1,5	143	9,50	134	3,0	2,2
X	86	86,6	0,6	0,7	98,9	7,93	91	4,4	5,1
XI	69,3	67,2	—2,1	—3,1	80,2	7,28	73	5,8	8,0
XII	58,7	59,4	0,7	1,2	68,3	6,78	61,5	2,1	3,4
Сред- нее	186	187	1,0	0,5	210	19,0	191	4,0	2,1

3. Можно считать установленным, что на Чирчике от слияния рек Чаткала и Пскема до ст. Ходжикентской имеется небольшая, но устойчивая приточность порядка 2—5%.

4. Невязку стока с отрицательным знаком при русловом балансе по данным за прежние годы наблюдений (1932—1952 гг.) можно объяснить неблагоприятными гидравлическими условиями на Устьевой станции Чаткала и некоторой некачественностью наблюдений на других устьевых станциях.

5. Результаты всего комплекса русловых наблюдений подтвердили наличие устойчивой приточности Чирчика в районе Чарвакского водохранилища.

Режим Чирчика определяется режимом Чаткала и Пскема. Средневзвешенная высота Пскема составляет 2649 м, а ее составляющих — рр. Майдантала и Ойгаинга — превышает 3000 м.

В питании Пскема основную роль играют высокогорные снега и ледники, которых здесь насчитывается 47.

Истоки р. Чаткала расположены на южных склонах хребта Ала-тау на высоте 3100—3200 м. Бассейн Чаткала по сравнению с бассей-

ном р. Пскема менее доступен влажным воздушным массам. Высокогорные снега и ледники играют в питании Чаткала меньшую роль. Из изложенного следует, что Чаткал, Пскем и Чирчик имеют снегово-ледниковое питание. Поскольку более половины стока Чирчика дает р. Чаткал, она в значительной мере и определяет режим основной реки.

Т а б л и ц а 4

Расчет руслового баланса Чирчика по среднемесячным
расходам воды 1956 г. для станции II типа

Месяц	По ст. Чарвакской	По ст. Разломной	Разность	
	м ³ /сек		м ³ /сек	%
I	58,8	59,7	0,9	1,5
II	51,6	56,1	4,5	8,0
III	67,9	72,9	5,0	6,9
IV	221	221	0	0
V	445	431	-14	-3,2
VI	426	429	3,0	0,7
VII	444	434	-10	-2,3
VIII	221	206	-15	-7,3
IX	134	132	-2,0	-1,5
X	89,4	87	-2,4	-2,8
XI	70,4	73,1	2,7	3,7
XII	57,8	61,8	3,0	4,8
Среднее	190	189	-1,0	-0,5

На первой гидрометрической станции Чирчика — Чимбайлыкской с 1900 по 1910 г. велись наблюдения только за уровнями воды. Расходы же воды за эти годы восстановлены по кривой расходов воды по данным измерений 1910—1923 гг. Как указывалось выше, в дальнейшем роль опорной гидрометрической станции на Чирчике перешла к ст. Ходжикентской. Из материалов за период одновременных наблюдений видно, что расходы на ст. Чимбайлыкской и Ходжикентской близки между собой. Таким образом, представилась возможность иметь по ст. Ходжикентской стоковые данные с 1900 г. по настоящее время. Это позволило восстановить расходы воды Чаткала и Пскема в их устьях с 1900 г. В створе ст. Чарвакской на Чирчике расходы воды восстановлены по графику связи одновременно измеренных расходов воды (рис. 3) также с 1900 г. В результате удлинения рядов мы располагаем стоковыми данными Чирчика, Чаткала и Пскема с 1900 по 1961 гг. Эти данные позволили достаточно точно определить параметры годового стока Чирчика и его составляющих. Ошибка арифметической средней при установлении норм стока не превышает 3%, т. е. намного ниже допустимого предела (5%).

Результаты расчетов параметров годового стока Чирчика, Чаткала, Пскема и Угама представлены в табл. 5.

Необходимо отметить, что русло Угама на ст. Ходжикентской находится в неблагоприятных гидравлических условиях (значительные русловые деформации, переменный подпор от водозабора на местную ГЭС и др.). Кроме того, недостаточное количество и качество измеренных расходов воды не позволили получить достоверных стоковых данных по этой станции. Поэтому сток в устье Угама для дальнейших

расчетов принят как разность между среднемесячными расходами воды Чирчика по станциям Ходжикентской и Чарвакской.

Внутригодовое распределение стока Чирчика аналогично таковому его составляющих, а именно: существенное возрастание расходов воды в марте, максимум стока в июне, минимум в феврале. Это иллюстрируется таблицей распределения стока по месяцам для Чирчика, Чаткала и Пскема (табл. 6), из которой видно, что максимум стока наблюдается в июне, но в мае и июле расходы воды по Чаткалу и Пскему располагаются несколько различно. На Чаткале расходы воды в мае больше июльских, чем подтверждается преобладание питания за счет сезонных снегов, а по Пскему июльский расход превышает майский, что говорит о большем участии ледникового питания.

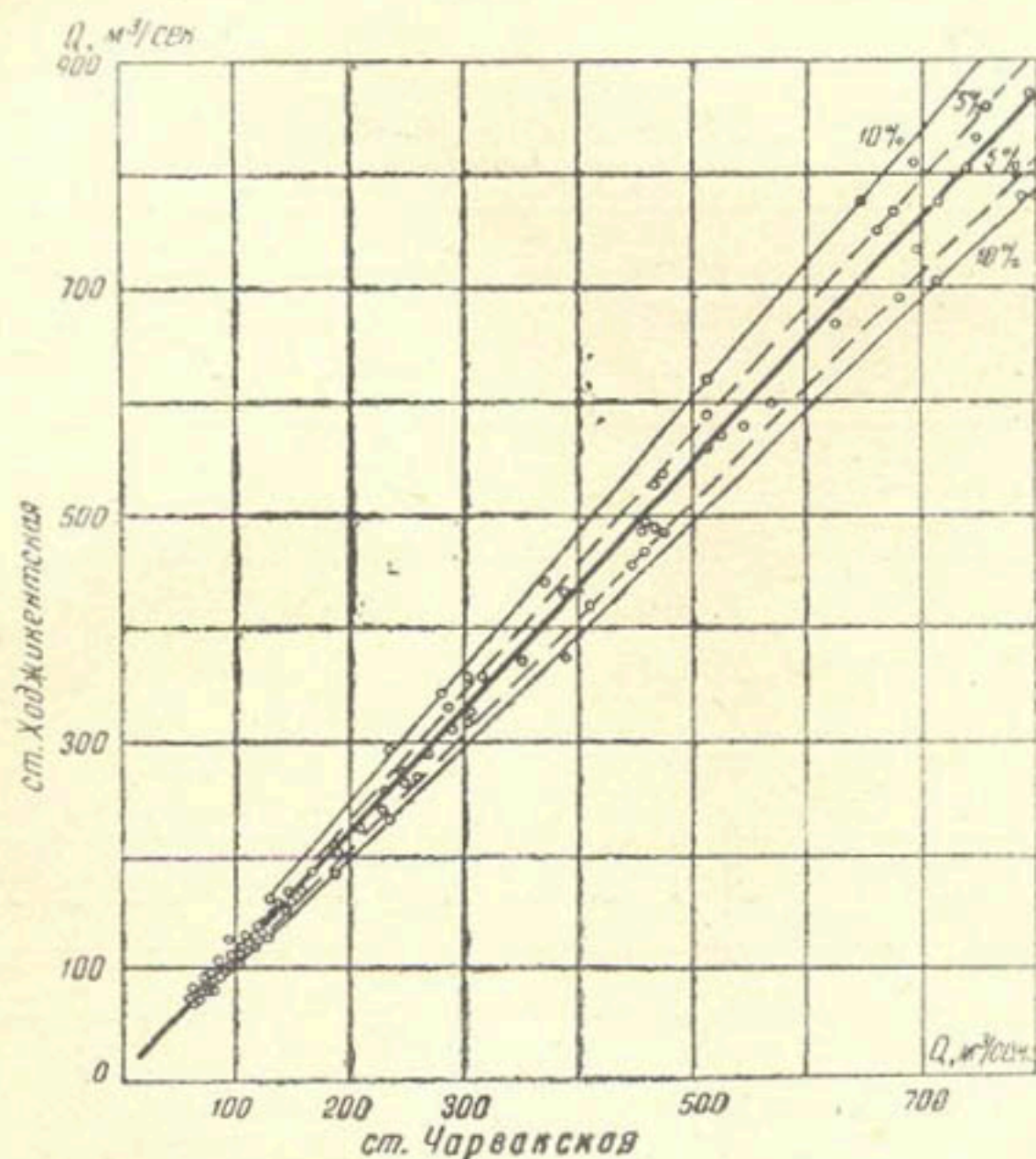


Рис. 3. График связи измеренных расходов воды Чирчика на станциях Чарвакской и Ходжикентской.

В летний сезон года (V—IX) по Чирчику проходит 65—75% годового стока, в зимний период (XII—II) — от 6 до 12%. Месяцем наибольшего стока чаще всего является июнь (до 64% случаев), в который проносится рекой 20—23% годового стока.

Половодье Чирчика характеризуется несколькими пиками на одной общей паводковой волне снегового и ледникового происхождения (рис. 4). Волну ледникового таяния видно только в очень маловодные годы, когда при истощении сезонных снегов наблюдается повышение расходов в июле и августе (1917 г.).

Паводковый, а отсюда и максимальный стоки формируются в основном талыми водами, но не исключается возможность наложения на них дождевой составляющей. Как правило, дождевые осадки выпадают

весной и осенью, а паводок на реке проходит в конце мая по июль включительно, поэтому в формировании паводков осадки не играют существенной роли.

Наиболее многоводными годами по величине максимального расхода и стоку на станции Чимбайлык—Ходжикентская являются 1959, 1914, 1908, 1934, 1902, 1921 гг. Максимум 1959 г. был самым выдающимся, его величина в створе Ходжикентской станции составила 1940 м³/сек при среднем многолетнем максимуме в 865 м³/сек и наименьшем за наблюдаемый период 440 м³/сек в 1917 г. Максимальный расход 1914 г. определен в размере 1600 м³/сек по многолетней кривой расходов, построенной САОГИДЭПом в 1957 г. При проектировании Чарвакской ГЭС на Чирчике САОГИДЭПом выполнен обстоятельный

Таблица 5

Параметры годового стока за 1900—1961 гг.

Река, станция	Площадь водосбора, км ²	Годовая норма стока, м ³ /сек	Годовой сток, млн. м ³	Слой стока, мм	C _с	δ, %
Чаткал, Чарвак	6820	120	3784,8	555	0,27	3,0
Пскем, Устье	2830	83,3	2598,5	917	0,21	2,4
Чирчик, Чарвак	9720	207	6528,8	672	0,23	2,6
Чирчик, Ходжикент	10650	227	7159,6	672	0,23	2,6
Угам, Ходжикент	869	20,0	630,8	725	0,24	2,8

Таблица 6

Внутригодовое распределение стока, %

Река, станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Чаткал, Чарвакская	2,6	2,3	3,4	9,1	18,6	22,6	17,1	9,1	5,1	3,9	3,3	2,9	100
Пскем, Устье	2,7	2,3	3,5	7,5	14,5	20,4	19,3	12,7	6,6	4,1	3,4	3,0	100
Чирчик, Ходжикентская	2,7	2,4	3,7	9,0	17,3	21,5	17,1	10,1	5,6	4,1	3,5	3,0	100

анализ достоверности выдающихся максимальных расходов воды. Эта проработка показала, что максимум Чирчика 1914 г. завышен УГМС на 200 м³/сек, а 1959 г. — на 220 м³/сек. Максимальные расходы Чирчика в створе Чарвакской станции были восстановлены по корреляционной связи между одновременно измеренными расходами воды в этом и Ходжикентском створах за 1953—1955 гг. На эту же кривую нанесены максимальные расходы этих лет, которые отклоняются от кривой не более чем на ± 5% (рис. 3). Средний многолетний максимум в створе ст. Чарвакской равен 798 м³/сек. Наибольший максимум 1959 г. составил 1783 м³/сек, наименьший 1917 г. — 403 м³/сек. Средние многолетние максимальные расходы воды Пскема в устье 295 м³/сек, а Чаткала в устье — 490 м³/сек.

Межень на Чирчике и его притоках проходит с середины сентября до марта включительно, продолжаясь около семи месяцев. Минималь-

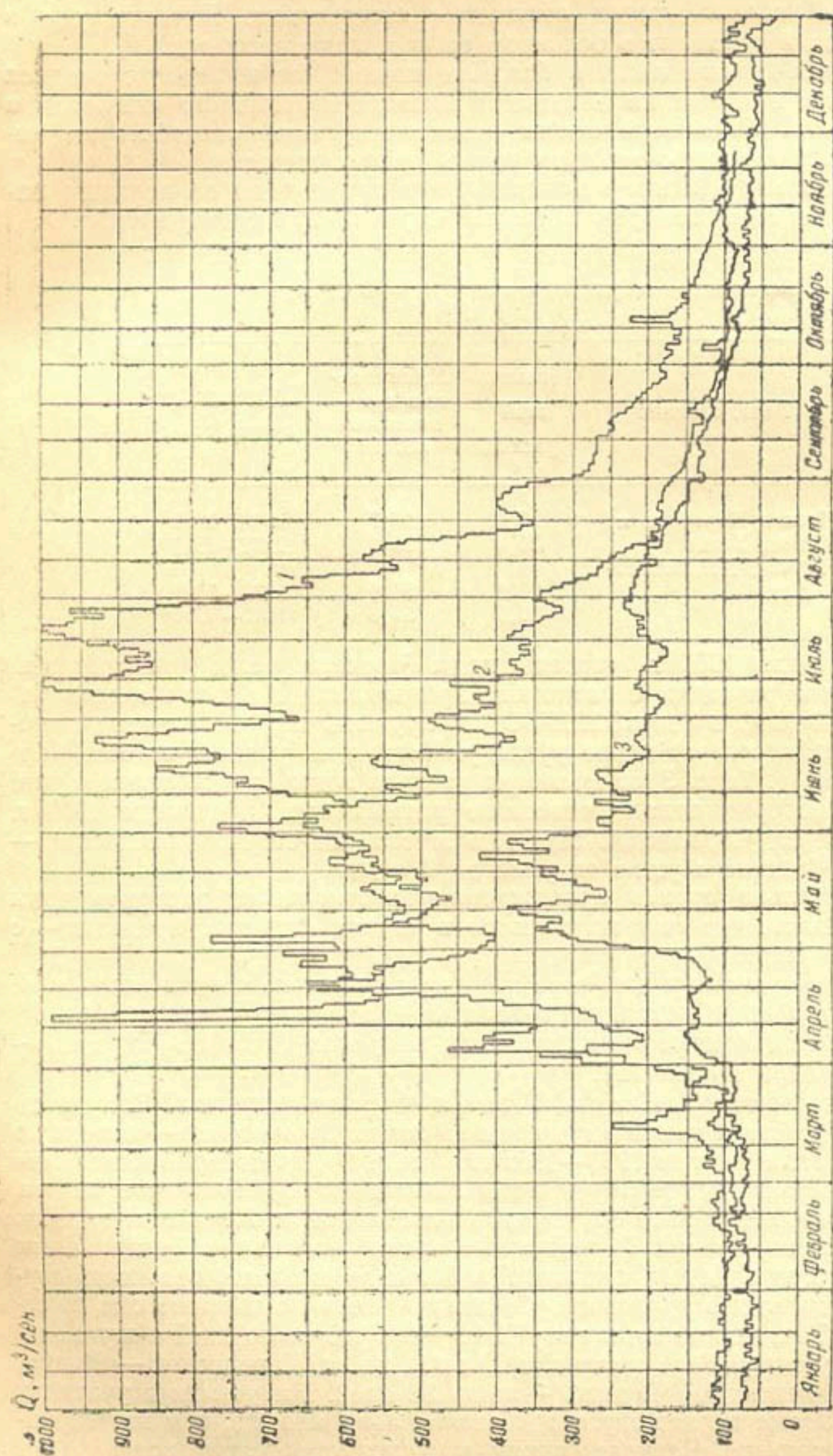


Рис. 4. Гидрографы характерных лет на ст. Ходжикентской р. Чирчика:

1—многоводный 1921 г.; 2—близкий к среднему 1946 г.; 3—маловодный 1917 г.

ные расходы на этих реках наблюдались с декабря по март. Они отмечаются при значительном уменьшении площади одновременного снеготаяния, при высоком положении его тыла или вообще полном отсутствии снегового покрова в бассейне, а также при низких температурах воздуха, обуславливающих отсутствие снеготаяния. Питание рек в этот период происходит в основном за счет подземных вод.

В осенне-зимний сезон в бассейне начинается выпадение осадков в виде снега и дождя на небольших высотах и обильного снегопада в горной части. Отдельные волны потепления зимой способствуют неустойчивости снежного покрова на небольших высотах.

Наименьшие средние минимальные расходы воды за периоды наблюдений по станциям рек бассейна Чирчика приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Минимальные расходы воды 23.II—1956 г., $\text{м}^3/\text{сек}$

Река, станция	Наименьший расход	Минимальные среднеемноголетние	Период наблюдений, годы
Чаткал, Чарвакская	7,0	26,7	1932—1961
Пскем, Устье	10,9	19,0	1932—1961
Чирчик, Ходжикентская	21,9	54,9	1932—1961
	21,9	57,6	1900—1961

23 февраля 1956 г. расходы воды Чирчика резко уменьшились. В результате разведки с самолета, произведенной в тот же день работниками УГМС и УзбекЭНЕРГО, обнаружены многочисленные снежные завалы, перегородившие русло р. Чаткал на участке от сел. Чарвак до устья р. Терс. Этот минимум расхода воды продолжался сутки, в течение которых завал постепенно размывался. Минимум 1956 г. Чирчика на ст. Чарвакской был $17,5 \text{ м}^3/\text{сек}$, на ст. Ходжикентской — 21,9, а на Чаткале в устье он упал до $7 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Относительно сроков прохождения минимальных расходов воды можно сказать, что они колеблются в самых широких пределах — с декабря по март.

Наиболее ранние и наиболее поздние даты прохождения минимальных расходов воды показаны в табл. 8.

Самые маловодные месяцы в году на реках бассейна Чирчика — декабрь, январь и февраль.

Термика Чаткала, Пскема, Угама и Чирчика различна. Это иллюстрирует и таблица температур воды за характерные зимы — холодную 1950—1951 гг. и теплую 1951—1952 гг. (табл. 9), из которой видно, что наиболее высокие температуры воды наблюдаются у Пскема и Угама. Период образования льда на Чирчике колеблется от 120 в холодные до 50 дней в теплые зимы. Распространенными ледовыми образованиями здесь являются забереги и шуга. Наибольшая продолжительность шугохода отмечается в верховьях р. Чаткала, вниз по течению она быстро падает. Так, например, в зиму 1944—1945 гг. число дней с шугой на Чаткале в устье р. Терс составило 89 дней, на ст. Чарвакской — 62 дня, а на Ходжикентской (Чирчик) — лишь 38 дней. На устьевых участках Пскема и Угама период шугохода значительно меньше, чем на Чирчике и особенно на Чаткале, ввиду высоких температур воды (см.

табл. 9). На Пскеме довольно часто шуга не образуется совсем, но в холодные зимы число дней с прохождением шуги может достигать 50. На Угаме число дней с шугоходом чаще всего составляет 4—6, но в отдельные годы может достигать 30 (28 дней в 1944—1945 и 1950—1951 гг.). На верхних участках Чаткала шугоход наступает раньше и кончается позже, чем на Чирчике. На Чаткале в створе устья Терса средняя дата наступления шугохода — 16 ноября, а на Чирчике, ст.

Таблица 8

Сроки прохождения минимальных расходов воды

Река, станция	Дата прохождения минимального расхода		Период наблюдений, годы
	ранняя	поздняя	
Чаткал, Чарвакская	16. XII—1944	13. III—1961	1932—1961
Пскем, Устье	1. XII—1938	13. III—1961	1932—1961
Чирчик, Ходжикентская	18. XII—1955	25. II—1945—1959	1932—1961
	12. XII—1930	7. III—1920	1900—1961

Таблица 9

Температура воды, °С

Река, станция	Годы	XI	XII	I	II	III
Чаткал, Чарвакская	1950—1951	1,8	0,0	0,2	0,2	2,5
	1951—1952	4,9	2,4	0,9	1,3	4,0
Чирчик, Ходжикентская	1950—1951	2,6	0,2	0,6	0,6	3,7
	1951—1952	5,3	3,2	1,7	2,7	4,8
Пскем, Устье	1950—1951	2,8	0,7	1,2	0,9	4,3
	1951—1952	5,5	3,8	2,6	3,5	5,1
Угам, Ходжикентская	1950—1951	4,2	1,0	1,8	1,6	4,5
	1951—1952	6,1	4,6	3,2	4,2	5,1

Таблица 10

Внутригодовое распределение твердого стока, %

Река, станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Чаткал, Чарвакская	0,3	0,2	1,2	7,7	33,8	43,4	10,5	2,0	0,3	0,3	0,2	0,1	100
Пскем, Устье	0,3	0,9	6,6	9,5	20,9	36,0	17,5	6,0	1,0	0,2	0,9	0,4	100
Чирчик, Чарвакская	0,2	0,4	7,2	10,3	26,9	36,6	12,2	4,5	0,5	0,3	0,3	0,6	100
Чирчик, Ходжикентская	0,4	1,5	8,6	13,0	26,0	35,0	11,7	2,4	0,5	0,3	0,3	0,6	100

Ходжикент — в начале декабря. Но бывают годы, когда шуга появляется одновременно на всех станциях (16. XI—1938 г.). Шугоходы не наблюдаются по всей реке непрерывно. Между датами начала и конца шугохода всегда бывают дни, когда река чиста.

Льдоисследовательской партией ЛенГИДЭПа, сотрудниками СаОГИДЭПа и других организаций установлено, что на Чирчике почти ежегодно образуются зажоры в следующих пунктах:

- 1) в каньоне у впадения сая Ишаккупрюк,
- 2) в р-не селения Ходжикент,

- 3) на меандре у урочища Булексу,
- 4) на перекате в р-не урочища Каранкуль,
- 5) на меандре у сел. Чимбайлык.

На Пскеме и Угаме в отдельные зимы забереги совершенно не отмечаются, на Чирчике и Чаткале они образуются ежегодно на всем протяжении, причем особенно сильно по левому берегу. Ширина их достигает 25 м, толщина — 25—30 см. Исследования показали, что на участке Аурахмат (р. Чаткал) — Искандер (р. Чирчик) в периоды похолодания появляются ледяные перемычки, которые образуются, как правило, в одних и тех же местах. Следует отметить, что ледовые явления в бассейне Чирчика не носят постоянного характера. В течение зимы они неоднократно появляются и вновь исчезают, но места их образования остаются постоянными. Это объясняется местными морфологическими особенностями русел рек.

Наблюдения за твердым стоком на Чирчике были начаты значительно позже, чем за жидким. В створе ст. Ходжикентской они проводятся с 1931 г., а на устьевых участках Пскема, Чаткала и Угама — с 1937 г. В створе Чарвакского гидроузла эти наблюдения велись САОГИДЭПом в период 1941—1947 гг. и 1952—1958 гг. Среднемесячные расходы взвешенных наносов Чирчика изменяются в больших пределах — от 0,26 кг/сек (X — 1955 г.) до 5800 (IV — 1959 г.).

Наибольших значений расходы взвешенных наносов достигают в период паводков — май-июль, наименьших — в ноябре, декабре и январе. На Угаме основной сток взвешенных наносов проходит в период февраль—июль (94,7%) с максимумом в марте—мае. Нормы стока взвешенных наносов Чирчика и его составляющих определены приближенно по связям жидкого и твердого стока, результаты расчета даны ниже:

Река, станция	Q , м ³ /сек	R , кг/сек	ρ , г/м ³
Пскем, Устье	83,3	15,7	188
Чаткал, Чарвакская	120	26,2	218
Чирчик, Чарвакская	207	51,0	246
Чирчик, Ходжикентская	227	58,0	256

Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов представлено в табл. 10.

Основная масса взвешенных наносов проходит в период апрель — август; на Чаткале за это время проносится 98,6% от годового стока, на Пскеме — 96,5%, на Чирчике, ст. Чарвакская — 97,7% и на ст. Ходжикентской — 96,7%. Среднемесячные мутности в Чирчике имеют большую амплитуду — от 1,72 г/м³ (XII — 1938 г.) до 10500 г/м³ (IV — 1959 г.) при средней многолетней величине 256 г/м³.

Наибольшая мутность Чирчика наблюдается в период интенсивного выпадения дождей и таяния снега в нижних зонах бассейна. Преобладающими фракциями взвешенных наносов на Пскеме, Чаткале и Чирчике в период прохождения паводка являются частицы крупностью 0,25—0,01 мм; в межень преобладают частицы менее 0,01 мм.

Сток влекомых наносов Чирчика составляет около 11% от стока взвешенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы по расходам рек Средней Азии, т. II, ОИВХ Средаз., Ташкент, 1925.
2. Материалы по режиму рек СССР, т. VII, Замкнутые бассейны Казахстана и Средней Азии, Л., 1948.
3. Балашева Е. Н., Житомирская О. М. Климатическое описание республик Средне Азии, Л., Гидрометеиздат, 1960.
4. Шульц В. Л. Реки Средней Азии, М., 1949.
5. Шульц В. Л. Гидрография Средней Азии, Ташкент, САГУ, 1958.

А. П. ОРЛОВА, О. С. ДЕРМОЯН, С. И. НАРОДИЦКАЯ

НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОХРАНЕ ВОДОТОКА САЛАРА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Водоток Салар — основной сбросной тракт г. Ташкента. Рассмотрение степени его загрязнения является главной задачей данной работы.

В 1862—1865 гг. П. Б. Тайх впервые пытался изучить степень загрязнения Салара. В связи с проектированием централизованного водоснабжения и канализационной сети Лазарев, Лапшенов, Георгиевский, Авербух и др. [1] изучали некоторые водотоки г. Ташкента, в том числе и Салар. Они пришли к выводу, что водотоки загрязняются не химически, а только — бактериологически. Наиболее полно исследовала этот вопрос А. М. Куреннова в Институте санитарии и гигиены УзССР [4, 5, 6].

Водоток Салар пересекает г. Ташкент с юго-востока на северо-запад. На 11-м км в него впадает сильно загрязненный арык Чаули с расходом воды до 1 м³/сек. На 18-м км Салар сливается с более чистыми водами Бурджара и Карасу. В Джуно-Саларском узле от Салара отходит распределитель первого порядка — Джун, а в Ниязбаш-Каракульдукском узле — Ниязбаш и Каракульдук. На 60-м км Салар впадает в Калган-Чирчик.

По данным УМК (Управление магистральных каналов) правого берега р. Чирчик, максимальные расходы воды в Саларе наблюдаются в весенне-летний период (20 м³/сек), минимальные — в зимний (до 4 м³/сек).

В настоящее время степень загрязнения водотока Салар по 19 створам, установленным ниже сбросов крупных промышленных объектов, изучается в Отделе охраны вод ИВПиГ АН УзССР. Ежемесячно по створам отбираются пробы воды для химического и бактериологического анализа.

Данные анализов [2, 3] за весенний период показали, что количество взвешенных веществ возрастает от головного створа Салара до створа № 8 с 42,3 до 701 мг/л. Увеличение содержания взвешенных веществ происходит в результате промышленных сбросов и ливневых вод. В Джуно-Саларском узле количество взвешенных веществ несколько снижается вследствие смешения Салара с более чистыми водами Бурджара.

Плотный остаток увеличивается от 1-го до 6-го створа с 153 до 274 мг/л за счет производственных сбросов и сброса арыка Чаули. Вода средней жесткости — 2,44—4,3 мг-экв/л.

Наиболее высокий показатель загрязнения дает аммиак. В головном створе Салара его содержание составляет 0,08 мг/л, к створу № 9 оно увеличивается до 4,50 мг/л. Степень загрязнения здесь зависит от сбросов ТашМИ, Ташсельмаша и коллекторов.

В значительных количествах в воде обнаруживаются нитриты (до 0,44 мг/л) и нитраты (до 1,4 мг/л).

Окисляемость по KMnO_4 колеблется от 10 до 134 мг/л. Наивысшая окисляемость отмечена в створах № 9 и 17, которые пополняются сбросами коллекторов, арыка Чаули и гидролизного завода. Насыщенность кислородом неполная (дефицит 31,0%). Содержание БПК-5 (биологическое потребление кислорода на 5-е сутки) по всему току Салара находится в значительных пределах (наибольшее в створе № 4 благодаря сбросам ТашМИ).

Характерными загрязнителями являются фенолы, которые обнаруживаются в количестве от 0,001 до 0,012 мг/л. Больше всего их дает створ № 8 за счет сбросов текстилькомбината; рН воды равняется 6,85—7,2.

За весенний период наибольшее загрязнение наблюдалось в мае.

Результаты анализов за летний период показали, что взвешенных веществ летом в два-три раза меньше, чем весной. Кроме того, водоток в это время несколько меньше насыщен солями. Общая жесткость воды также ниже.

В рассматриваемый период с повышением температуры резко усиливаются процессы загнивания в воде, вследствие чего содержание аммиака увеличивается, достигая в головном створе 0,2 мг/л.

В створе № 5 отмечено особенно высокое содержание аммиака, которое пополняется сбросами ТашМИ и Ташсельмаша, значительное уменьшение количества нитритов и нитратов, а также увеличение окисляемости воды в 1,5—3 раза.

При высоких температурах растворимость кислорода в воде снижается (дефицит 40%). Содержание БПК-5 в створе № 4 составляет 7,8 мг/л, а фенолов — 0,004—0,008 мг/л; рН воды — 7,6—7,8.

Осенью значительно увеличивается количество взвешенных веществ (до 1057 мг/л) в створе № 10. Резко возрастает величина плотного остатка, повышается общая жесткость воды до 5,88 мг·экв/л. По сравнению с летним периодом сильно увеличивается содержание аммиака (по створам от 0,40 до 6,2 мг/л и только в створе № 4 до 2,53 мг/л).

Содержание нитритов и нитратов в это время уменьшается (0,001—0,118 мг/л и 0,3—1,26 мг/л соответственно). Окисляемость по KMnO_4 тоже снижается (12—13,6 мг/л). Улучшается насыщенность водотока кислородом (дефицит 13,3—29,8%). Резко возрастает содержание фенолов (до 0,17 мг/л). Вода осенью приобретает слабощелочную реакцию (рН=7,3—8,88).

В зимний период взвешенных веществ содержится меньше всего (26—241,1 мг/л). Величина плотного остатка увеличивается от 1-го до 9-го створа с 156 до 305 мг/л. Общая жесткость воды 2,58—3,62 мг·экв/л и резко повышается только в створе № 10 за счет сброса кожкомбината и мясокомбината.

Зимой наблюдается наименьшее количество аммиака (0,01—0,50 мг/л), нитритов (0,001—0,11 мг/л), но повышенное содержание нитратов — до 5 мг/л. Окисляемость значительна (до 53 мг/л). Улучшается насыщенность водотока кислородом (дефицит 16,4—53,5%); БПК-5 велико (3,9—8,1 мг/л).

В это время содержание фенолов достигает $0,017 \text{ мг/л}$. В больших количествах обнаруживается активный хлор — до 3 мг/л , рН изменяется незначительно (от 7,2 до 7,5).

Данные годовых наблюдений показали, что в результате производственных сбросов в Салар содержание взвешенных веществ в нем увеличивается с 61 мг/л (створ № 1) до 440 мг/л (створ № 2). Плотный остаток нарастает с 140 до 278 мг/л (створ № 6). Жесткость воды

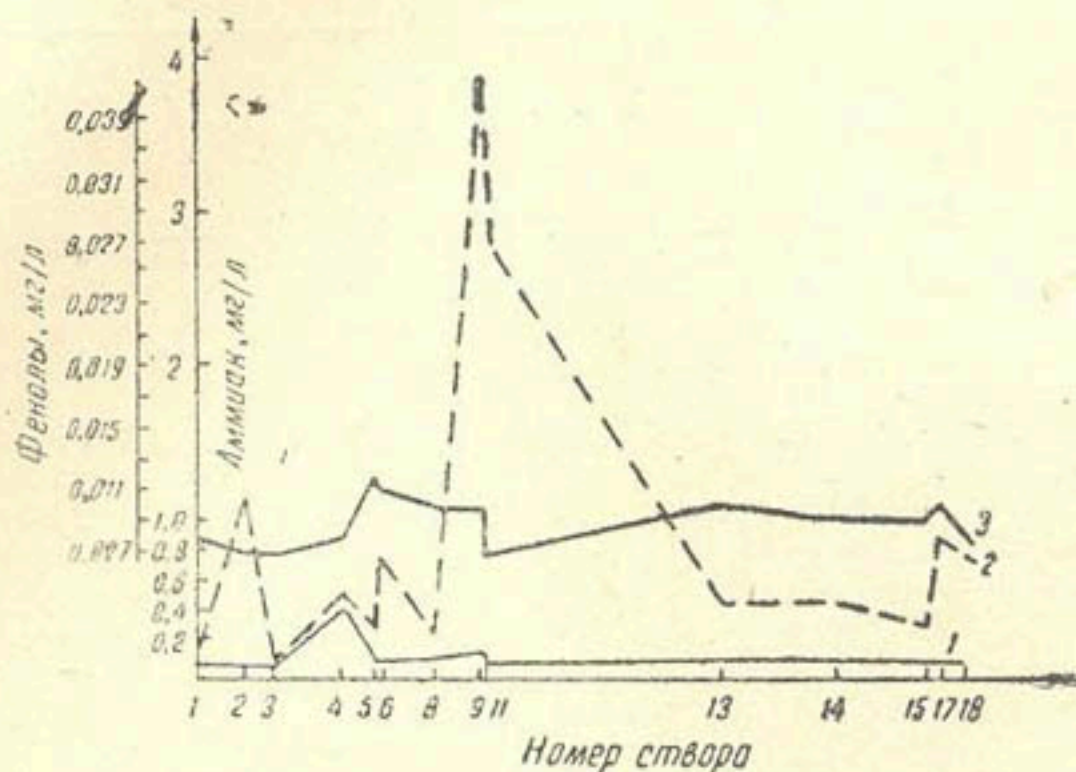


Рис. 1. Степень загрязненности Салара аммиаком в 1938 г. (1) и 1963 г. (2), а также фенолами в 1963 г. (3).

колеблется от $2,45$ до $5,34 \text{ мг-экв/л}$. Аммиак содержится в количестве $0,085 \div 0,96 \text{ мг/л}$, нитриты — $0,009 \div 0,112 \text{ мг/л}$, нитраты — до $2,2 \text{ мг/л}$. Наибольшая окисляемость по KMnO_4 наблюдается в створе № 18 ($548,3 \text{ мг/л}$).

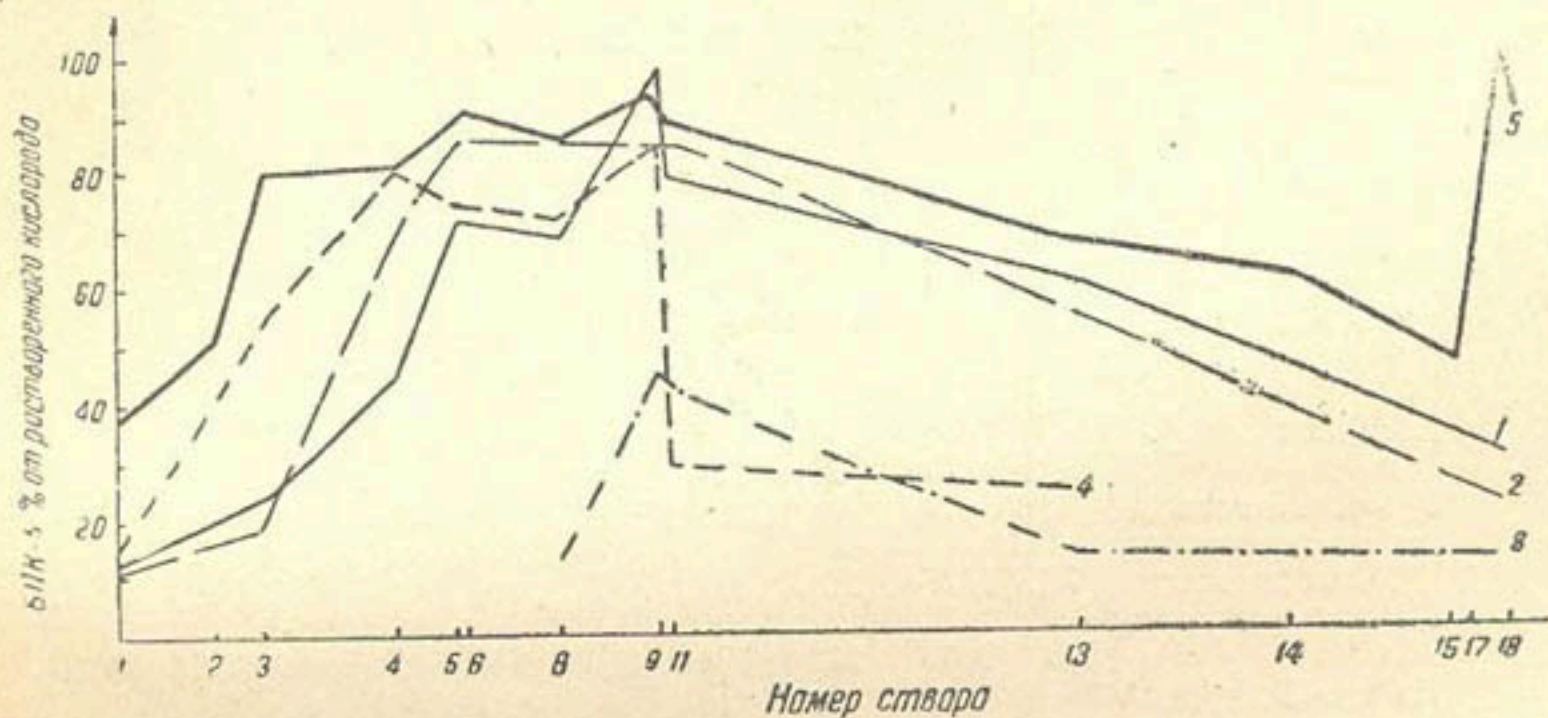


Рис. 2. Характеристика биохимического потребления кислорода на 5-е сутки. (процент от растворенного кислорода) в 1955 г. (1); в 1949—1950 гг. (2), в 1944 г. (3) в 1937—1938 гг. (4) и 1963 г. (5).

Насыщенность кислородом по всему току Салара неполная. Наибольший дефицит наблюдается в створе № 5 ($41,4\%$). Происходит увеличение БПК-5 в створе № 1 до $2,41$ и в створе № 8 до $5,8 \text{ мг/л}$.

Состав загрязненных вод Салара по сезонам

Но- мер ство- ра	Местонахождение	БПК-5	аммиак	хлориды	окисляе- мость	растворен- ный кисло- род	дефицит кис- лорода %	активный хлор	фенолы	коли-тирт
		мг/л						мг/л		
З и м а										
1	Головное соору- жение	5,13	0,01	8	18,3	10,85	18,3	0	0,017	0,4
3	У моста после сброса с завода „Лакокраска“	6,9	0,01	8	53	10,59	16,4	0	0,011	0,004
9	На границе горо- да	6,97	0,03	19	53	8,7	2,35	2,9	0,01	0,0004
11	Джуно-Саларский узел	8,1	0,07	17	47	9,67	18,7	2,9	0,007	0,0004
12	Ниязбаш-Кара- кульдукский узел	3,9	0,5	18	30,5	5,3	53,4	—	0,013	0,004
18	В конце Салара	4,35	0,35	25	137,5	5,0	54,5	—	0,014	0,04
В е с н а										
1	Головное соору- жение	2,35	0	8	10	9,4	12	0	0,004	0,4
3	У моста после сброса с завода „Лакокраска“	8,77	0	8	32	10,4	13	0	0,005	0,04
9	На границе горо- да	2,96	4,5	24	90	3,02	31	2,67	0,012	0,0004
11	Джуно-Саларский узел	7,2	4,0	20	56	7,28	26	2,67	0,005	0,00004
12	Ниязбаш-Кара- кульдукский узел	4,05	0,4	12	25,3	7,8	22	0,71	0,01	0,004
18	В конце Салара	6,03	0,2	16	134	6,35	22	3,17	0,009	0,00004
Л е т о										
1	Головное соору- жение	2,2	0	8	13	9,9	0	0	0,006	0,4
3	У моста после сброса с завода „Лакокраска“	7,8	0,07	12	52	10,3	0	0	0,005	0,004
9	На границе горо- да	5,0	3,0	24	100	8,6	0	21	0,008	0,000004
11	Джуно-Саларский узел	6,7	1,0	12	40	7,7	14	2,75	0,007	0,0000004
12	Ниязбаш-Кара- кульдукский узел	6,65	0,15	13	33	8,2	15,5	2,8	0,007	0,00004
18	В конце Салара	5,8	1,98	20	555	4,78	40	2,1	0,004	0,00004

Но- мер ство- ра	Местонахождение	БПК-5	аммиак	хлориды	окисле- мость	растворен- ный кис- лород	дефицит кис- лорода, %	активный хлор	фенолы	коли-титр
		мг/л						мг/л		

О с е н ь

1	Головное соору- жение	2,1	0,4	7,4	12	9,1	25	0	0,007	0,04
3	У моста после сброса с завода „Лакокраска“	2,5	0,4	11	28	8,7	29	0	0,009	0,004
9	На границе горо- да	3,7	6,2	25,7	112	5,3	53	0,71	0,01	0,00000004
11	Джуно-Саларский узел	4,3	5,8	69,8	96	5,1	50	2,52	0,009	0,00000004
12	Ниязбаш-Кара- кульдукский узел	4,2	0,9	20,7	57,3	6,65	36,8	2,3	0,008	0,00000004
18	В конце Салара	5,8	0,6	20,05	1366,7	6,2	39,1	3,6	0,007	0,00000004

Салар сильно загрязнен фенолами; их содержится до 0,012 мг/л. рН находится в пределах 7,31—7,61 (среда слабощелочная).

Химический анализ 22 компонентов, содержащихся в воде Салара, приведен в таблице. При сравнении наших данных по загрязнению Салара за 1963 г. с данными Института санитарии и гигиены за 1937, 1944, 1950 и 1955 гг. видно, что состояние водотока за последние годы резко ухудшилось. Так, загрязнение водотока аммиаком в 1963 г. по отдельным створам возросло в 10—15 раз по сравнению с 1938 г. (рис. 1). Содержание БПК-5 в 1963 г. было наибольшим и составляло 38—100% от растворенного кислорода (рис. 2). Значительно увеличилось бактериологическое загрязнение водотока, о чем свидетельствуют значения коли-титра (см. таблицу).

Особенно резкое ухудшение качества воды по всем показателям произошло в створе № 17 после сброса с гидролизного завода.

Проведены исследования возможного самоочищения Салара на участке от Джун-Саларского узла до впадения в Калган-Чирчик и по двум его отводам — Джуну и Каракульдуку. Полное самоочищение водотока рассчитывали по формуле Родзиллера и Фролова, где расстояние до створа полного смещения является следующей функциональной зависимостью:

$$\Delta \text{ см} = f [Q, q, V_{\text{ср}}, H_{\text{ср}}, \varphi, \zeta];$$

здесь Q — функция расхода реки;

q — расход сбросных вод;

$V_{\text{ср}}, H_{\text{ср}}$ — гидравлические элементы;

φ — коэффициент извилистости русла;

ζ — способ выпуска сточных вод в реку.

Предварительные расчеты, а также данные экспериментальных наблюдений показали, что полного самоочищения в Саларе не происходит. Некоторое улучшение качества воды по группе кислорода и другим показателям наблюдается на участке от Ниязбаш-Каракульдук-

ского узла до сброса гидролизного завода. После сброса гидролизного завода до самого впадения в Калган-Чирчик самоочищения не отмечается.

Изучение количественных и качественных показателей сбросных вод промышленных объектов г. Ташкента в Салар и Бурджар, а также экспериментальные исследования бактериологического и химического состава воды этого водотока показали следующее:

а) сбросные воды промышленных объектов по своему составу не соответствуют нормативам и требуют проведения мероприятий по их очистке;

б) состав воды в бактериологическом отношении близок к сточным водам: содержание коли-титра (по мере прохождения Салара через город) падает от 4 до 0,0004 и ниже; вода содержит в недопустимых пределах большое количество химических элементов.

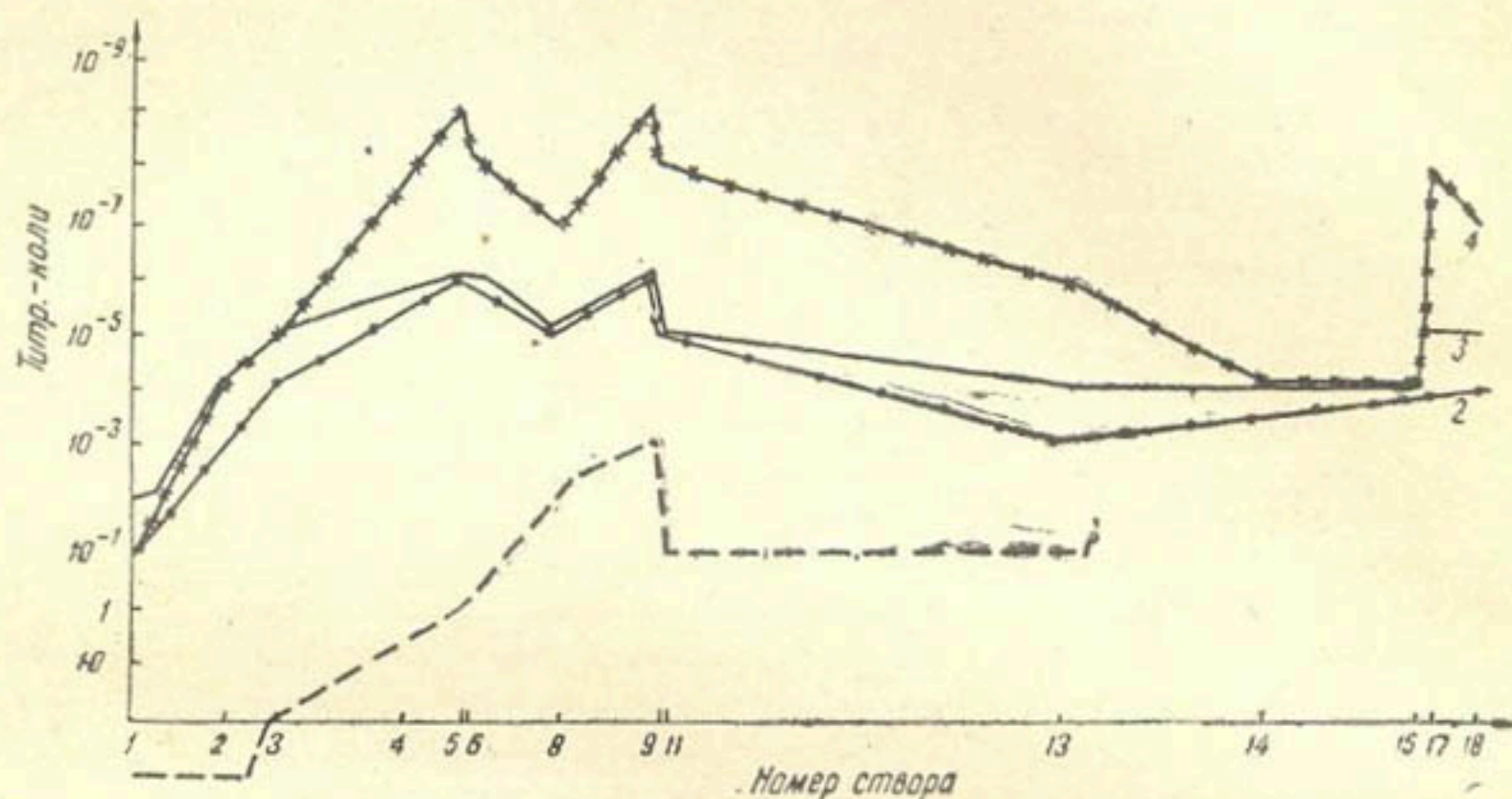


Рис. 3. Бактериологическое загрязнение водотока Салара (по коли-титру) зимой 1937 г. (1), 1955 г. (2) 1963 г. (3) и летом 1963 г. (4)

Отсюда видно, что разработка мер по охране водотоков от загрязнения является первостепенной задачей. Мы предлагаем:

- 1) изменить качественные и количественные показатели сброса сточных вод с промышленных объектов, в том числе карборундового, гидролизного заводов, текстилькомбината, лакокраски и других путем
 - а) применения оборотной системы водоснабжения и подключения к канализационной сети;
 - б) утилизации из сточных вод полезных компонентов;
 - в) усовершенствования технологического процесса;
- 2) перенести части стока с крупных промышленных объектов в гор-канализацию;
- 3) построить обводной коллектор для канализационных сбросов;
- 4) провести полное нормирование сброса сточных вод на основании детального изучения процессов самоочищения Салара;
- 5) использовать поля орошения;
- 6) организовать санитарный попуск;
- 7) изолировать сброс арыка Чаули;
- 8) установить зоны санитарной охраны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиевский, Добросмыслов, Авербух. Характеристика и санитарная оценка источников водоснабжения районов Средней Азии, «За социалистическое здравоохранение Узбекистана», 1932, № 5.
 2. Голубева М. Т. и Штуковская А. А. Пособие по методам санитарно-химического исследования воды, Киев, Минздрав, 1959.
 3. Драчев С. М., Разумов А. С. и др. Методы химического и бактериологического анализа воды, М., Медгиз, 1958.
 4. Куреннова А. М. Загрязнение и самоочищение ирригационного канала Салар, Труды НИИ Санитарии, гигиены и профзаболеваний, Ташкент, 1959.
 5. Захидов А. З. и др. Влияние городских стоков на заражение ирригационного канала Салар и на заболеваемость населения кишечными инфекциями. «Вопросы санитарии и гигиены», т. I, 1959.
 6. Куреннова А. М. и Селитринникова. Загрязнение и заражение открытых водоемов Узбекистана в результате сброса сточных вод, Труды Узбекского НИИ санитарии, гигиены и профзаболеваний, т. I, Ташкент, Узмедгиз, 1959.
-

СОДЕРЖАНИЕ

1. Ф. Э. Рубинова. К вопросу расчетов некоторых элементов паводков на реках Средней Азии	5
2. Ю. Б. Виноградов. Упрощенный метод расчета поверхностного дождевого стокообразования заданной обеспеченности	13
3. Э. Д. Чолпанкулов. Селевые паводки в бассейне р. Гузардарья в 1962 г.	29
4. Б. Е. Милькис, С. Каримов. О тепловом потоке в почву на хлопковом поле	35
5. Б. Е. Милькис, М. С. Саатов. О радиационном балансе хлопкового поля.	44
6. В. П. Светицкий. Дополнительные водные ресурсы Ферганской долины.	53
7. В. П. Светицкий. Точность определения максимальных расходов воды рек Средней Азии	65
8. В. П. Светицкий. Исследования русловой приточности р. Нарына	71
9. В. П. Светицкий, Н. Б. Мавлянбердыева. Характеристика эксплуатационной гидрометрии водного хозяйства на ирригационных водозаборах, сбросах и коллекторах Ферганской долины	84
10. В. П. Светицкий, Н. Б. Мавлянбердыева. Гидрологическая характеристика Чарвакского гидроузла на р. Чирчике	91
11. А. П. Орлова, О. С. Дермоян, С. И. Народицкая. Некоторые рекомендации по охране водотока Салара от загрязнения	105

Редакторы: А. А. Соколова, А. С. Эйдельман
Технический редактор З. П. Горьковая
Корректор А. И. Арзуманова

Р00317. Сдано в набор 4/V-64 г. Подписано к печати 29/VI-64 г.
Формат $70 \times 108 \frac{1}{16} = 3,5$ бум. л. Печ. л. 9,59 Уч. изд. л. 9,4 (3 вкл.)
Изд. № 1081 Тираж 650 Цена 79 к.

Типография Изд-ва «Наука» УзССР, ул. Хорезмская, 9. Заказ 507.
Адрес Издательства: ул. Куйбышева, 15.