47393

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ТРУДЫ

ВЫПУСК 43(58)

А. Т. ИЛЬЯСОВ

СТОК И ВОДНЫЙ БАЛАНС РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ КИРГИЗИИ

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
ЛЕНИНГРАД • 1969

С-В

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ТРУДЫ

ВЫПУСК 43 (58)

А. Т. ИЛЬЯСОВ

СТОК И ВОДНЫЙ БАЛАНС РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ КИРГИЗИИ

Д 739

Под редакцией
д-ра геогр. наук
В. Л. ШУЛЬЦА
и Н. Ф. ДРОЗДОВСКОЙ

Научно-техническая
САНИИРИ
БИБЛИОТЕКА

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1969

УДК 551.48

Рассматриваются вопросы гидрографии, особенностей формирования стока и водный баланс на территории Киргизии. Особое внимание уделяется водному балансу горных бассейнов и межгорных долин Киргизии, а также режиму стока и вопросам колебания стока. В заключение приводится гидрологическое районирование территории Киргизии.

2-9-6
205-1969

ОТ РЕДАКТОРОВ

А. Т. Ильясов трагически погиб в 1966 г. Поэтому редакторы монографии были лишены возможности выяснить спорные и неясные вопросы. В частности, автор монографии злоупотребляет новыми и не всегда удачными и понятными терминами (например, зимние и летние полугодия календарные, зимние и летние полугодия в естественных границах, осадковый год в стандартных рамках, естественные осадковые циклы, осадковоиспарительные циклы, воднобалансовый цикл, воднобалансовые годичные циклы, межгодичный переход и др.). Вызывают возражение и некоторые изложенные в работе положения. Так, например, с гидрологической точки зрения деление осадков на зимние и летние полугодия в естественных границах вряд ли оправдано, так как на больших высотах «зимнее полугодие» продолжается весь год. Показанное на рис. 25 изменение с высотой зимнего и суммарного летнего испарения вызывает недоумение: казалось бы, летнее испарение должно с высотой сначала возрастать, а лишь затем падать; такой закономерности для зимнего испарения не может наблюдаться; и т. д.

В главе III данные автора о минимальных, максимальных и средних годовых расходах приведены в соответствии с данными справочника «Основные гидрологические характеристики».

Редакторы сочли необходимым сохранить стиль изложения автора. Только в самых необходимых случаях проводилась незначительная литературная правка.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Киргизия, наряду с Таджикистаном — важнейшая область формирования речного и подземного стока Средней Азии. Водные ресурсы Киргизии издавна представляют одно из главных природных богатств этой страны; на них основывается орошаемое земледелие, насчитывающее многовековую историю. Значение водных ресурсов особенно велико в настоящее время, когда жизнь поставила задачу полного и рационального их использования в интересах дальнейшего развития земледелия, энергетики и многих других отраслей промышленности и сельского хозяйства Средней Азии.

Проектирование, строительство и эксплуатация всевозможных гидрологических сооружений, водозаборных узлов и ирригационных систем, железнодорожных, автодорожных и трубопроводных трасс, задача охраны культурных земель и населенных пунктов от угрозы со стороны водной стихии — все это требует самого тщательного учета гидрологических условий территории. В связи с этим дело гидрологического обеспечения потребностей народного хозяйства приобретает в Киргизии, как и в других республиках Средней Азии, первостепенную важность. Возможности гидрологического обеспечения, естественно, определяются в первую очередь уровнем гидрологической изученности территории.

В изучении водных ресурсов и гидрологических закономерностей Средней Азии достигнуты значительные успехи. В первую очередь здесь следует назвать работы Э. М. Ольдекопа, Л. К. Давыдова, В. Л. Шульца, О. П. Щегловой, И. А. Ильина, П. М. Машукова и многих других гидрологов и гидрометеорологов. В то же время обширность территории Средней Азии, чрезвычайное многообразие природных условий, определяющее такое же разнообразие гидрологического режима отдельных участков территории, ставит новые требования к гидрологической науке. Эти требования в современных условиях относятся к освещению гидрологического режима и гидрологических закономерностей отдельных частей Средней Азии с присущим им своеобразием и особенностями гидрологических условий и задач гидротехнического строительства. Такой со-

ставной частью Средней Азии и является Киргизия, вопросам гидрологии которой посвящена предлагаемая работа.

Настоящая работа, представляющая итог многолетней практической и исследовательской деятельности автора в области гидрологии Киргизии, по его мнению, должна в некоторой мере способствовать решению указанных выше задач гидрологического обеспечения народного хозяйства.

Автор ставил своей целью и стремился дать здесь освещение тех основных гидрологических процессов, результатом которых является возникновение и осуществление стока в общих географических условиях территории и ее отдельных частей. Поэтому главное внимание в работе обращено на рассмотрение вопросов формирования стока, водного баланса основных типов территориальных комплексов и гидрографических бассейнов, наиболее важных и существенных явлений и закономерностей гидрологического режима. Автор придерживается той точки зрения, согласно которой успешное и обоснованное решение многочисленных больших и малых, текущих и перспективных задач, выдвигаемых практикой водного хозяйства, гидротехнического строительства и их гидрологического обеспечения, возможно лишь на основе и в соответствии с познанными закономерностями гидрологического процесса. Эти соображения и определили содержание и характер данной работы.

ГИДРОГРАФИЯ

Глава I

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Гидрологические процессы неразрывно связаны с климатическими, орографическими, геологическими, почвенно-грунтовыми, растительными и другими условиями земной поверхности. Решающее значение среди многочисленных компонентов природной среды при этом принадлежит географическому положению, орографическому и геологическому строению. Именно они предопределяют климат и свойства поверхности водосборов, составляющие непосредственную основу гидрологических процессов и гидрологического режима территории.

Географическое положение и облик. Киргизия располагается на северо-востоке Средней Азии. При общей площади около 200 тыс. км² она занимает значительную часть грандиозной горной страны Тянь-Шань, простирающейся во всех направлениях, по мнению многих исследователей, даже за пределы Киргизии [17, 51]. Основными чертами географического облика Киргизии являются следующие.

1. Относительно низкое широтное положение. Она находится между 39 и 43° с. ш. С особенностями атмосферной циркуляции этого участка земной поверхности связаны большая продолжительность солнечного сияния и значительная величина солнечной радиации.

2. Глубинное внутриматериковое положение в центральной части Евразийского континента. Она удалена от океанов на значительное расстояние — на 5 тыс. км от Атлантического и Тихого, на 3 тыс. км от Северного Ледовитого и на 2 тыс. км от Индийского. В связи с этим океанические влияния на природу Тянь-Шаня ослаблены, а роль факторов континентального порядка очень значительна.

3. Горный релеф. Тянь-Шань представляет одну из высочайших горных поднятий мира и характеризуется сложным орографическим строением и большими контрастами высот. Общая амплитуда высот в пределах Киргизии достигает 7000 м, от 500 м на севере республики до 7400 м и более на востоке. Следствием подобного строения

поверхности является ясно выраженная высотная поясность природных процессов — климата, почв, растительности, гидрологического режима — и преобладание горного и высокогорного характера природных условий территории. Свыше 70% территории Киргизии находится в интервале высот 1500—4000 м, лишь 16% ее лежит ниже уровня 1500 м, а 13% — выше уровня 4000 м. Почти половина территории приходится на высоты, превышающие 3000 м.

4. Изолированность с востока и юга и доступность с севера и запада. Наиболее возвышенные и тесно сомкнутые горные хребты Тянь-Шаня находятся на восточной и южной периферии Киргизии и отгораживают ее от Китая и Таджикистана. Северные и особенно западные горные хребты менее высоки, там же открываются находящиеся между горными хребтами межгорные долины. В связи с этим поступление воздушных масс с востока и юга затруднено и совершается преимущественно с запада и с севера.

5. Ближайшее окружение Киргизии с севера и запада представляют пустыни Муюнкум, Каракум и Кызылкум. Огромные просторы этих пустынь оказывают очень сильное влияние на состояние воздушной массы не только над самими пустынями, но и над соседним Тянь-Шанем.

Геологическая история и строение. Современное геологическое и орографическое строение Тянь-Шаня явилось результатом длительного исторического развития. При этом формирование Северного и Южного Тянь-Шаня шло несколько отличными путями [63].

Процессы интенсивного складкообразования и общего поднятия территории, сопровождавшиеся энергичной интрузивной деятельностью и метаморфизмом пород, привели к образованию в протерозое жесткого гнейсового фундамента Тянь-Шаня. Но уже в рифее этот единый массив распался на две части: северную и южную.

Северный Тянь-Шань, включающий территорию, занятую ныне в пределах Киргизии хребтами Кунгей-Алатау, Терскей-Алатау, Киргизским, Сусамырским, Джумгалтау, Кавактау и частично Таласским Алатау, представлял в верхнем докембрии (рифей) и нижнем палеозое (кембрий, ордовик) геосинклинальную систему. В узких и вытянутых глубоких прогибах, разделявшихся такими же вытянутыми выступами гнейсового фундамента (явившимися впоследствии осями каледонских поднятий), в то время происходило образование мощных толщ осадочных и вулканических пород. Складкообразование в конце ордовика привело к возникновению здесь гор—каледонид. С этого времени Северный Тянь-Шань представлял геоантиклиналь, устойчивое поднятие со сложной структурой, с интрузиями гранитов и метаморфизацией пород. Последующие тектонические движения вызывают здесь образование разломов и изгибов и интенсивную вулканическую деятельность. На пониженных участках происходит накопление красноцветных обломочных отложений.

В отличие от Северного Тянь-Шаня, Южный Тянь-Шань в течение всего палеозоя продолжал оставаться геосинклинальной системой. Здесь накапливались мощные отложения сланцевых, песчано-

сланцевых, вулканических и карбонатных пород. Раннепалеозойские складкообразовательные процессы в Южном Тянь-Шане находят слабое отражение, и лишь в конце палеозоя происходит возникновение гор — герцинидов — и превращение Южного Тянь-Шаня, обозначенного современными хребтами Туркестанским, Алайским, Ферганским, Чаткальским, Кокшаал, Молдотау, Акшийракским, Куйлютау и Сарыджазским, в геоантиклинальную зону.

Мезозой и начало кайнозоя характеризуются спокойным геологическим развитием Тянь-Шаня, являющегося к этому времени складчатым сооружением. На фоне происходящего медленного поднятия страны большое развитие получает денудация. Взаимодействие поднятия и одновременного интенсивного разрушения гор обеспечивает сохранение в общем платформенного характера территории. В юрский период распределение поднятий и понижений на этой территории оказывается уже близким к современной орографической структуре. Рельеф местности в это время преимущественно равнинный, слабовсхолмленный. Пониженные участки территории представляют обширные аллювиальные равнины, в которые многочисленными реками с окружающих эти участки возвышений выносятся наносы. Равнины местами заболачиваются, на них образуются озера.

В меловой период и в начале палеогена северо-восточная (от так называемого Таласско-Ферганского разлома) часть Тянь-Шаня испытывает поднятие, юго-западная — опускание. Ферганская впадина в это время представляет морскую лагуну. По периферии этой лагуны, в полосе речных дельт, происходит накопление континентальных отложений — песков и глин, во внутренних частях лагуны откладываются прибрежные и морские отложения.

Окончательное формирование современного высокогорного рельефа Тянь-Шаня произошло в результате горообразовательных движений, наступивших в конце третичного и в четвертичное время. В этот период происходит активизация древней Тянь-Шаньской платформенной области. Альпийские тектонические движения приводят к раздроблению ее на отдельные глыбы. Одни из этих глыб начинают быстро подниматься, другие — опускаться. Возникают присущие нынешнему виду Тянь-Шаня высокие горные образования, местами сохраняющие кое-где до сих пор достаточно плоские, высокоприподнятые участки древних денудационных поверхностей, и разделяющие их обширные межгорные впадины.

Общая амплитуда этих новейших движений в виде поднятий горных хребтов и опусканий впадин достигает огромного размаха, доходя до 10—12 тыс. м.

Таким образом, если каледонский и герцинский орогенезы проявились в пределах Тянь-Шаня в виде складкообразовательных процессов, то альпийский орогенез носил характер вертикальных перемещений отдельных участков территории.

Одновременно с мощными вертикальными движениями с большой силой развивался процесс разрушения поднимающихся участ-

ков, сноса материалов разрушения и заполнения ими опускающихся впадин. Таким образом, в общих чертах создавался современный облик Тянь-Шаня, характеризующийся сочетанием высоко поднятых древних палеозойских складчатых образований в виде горных хребтов с молодыми платформенными образованиями — межгорными долинами.

Результатом последних, наиболее близких к современной эпохе, геологических процессов явилось повсеместное накопление рыхлых четвертичных образований. Этому способствовали мощные тектонические вертикальные перемещения отдельных участков земной коры, обусловившие резкие контрасты высот и условия для интенсивного развития денудации. Сказалась также роль таких усиливающих процесс денудации факторов, как тектоническая раздробленность горных пород, обусловленная соответствующими процессами длительной геологической истории территории и сейсмичностью, сохраняющейся и поныне. Большое значение имело также периодически развивавшееся мощное оледенение горных хребтов, широкое участие в строении гор, особо податливых к разрушению глинистых, песчано-глинистых и песчаных пород.

На горных хребтах в верхних частях склонов рыхлые четвертичные образования представлены древними и современными ледниковыми отложениями, сменяющимися ниже флювио-гляциальными, аллювиальными и пролювиальными отложениями. Следует также отметить развитые на всех высотных ступенях элювиальные щебнистые накопления и осыпи, делювиальные шлейфы и другие образования.

Наибольшей мощности четвертичные отложения достигают в межгорных долинах. Они представлены преимущественно грубообломочными материалами, аллювиальными и пролювиальными отложениями конусов выноса и отложениями речных долин и их окружения: валунными накоплениями, валунными галечниками, галечниками, гравийно-песчаными толщами, суглинками и лессовидными суглинками.

Широкое распространение в горных и долинных частях Тянь-Шаня четвертичных образований, обладающих отличными свойствами водопроницаемости, создало благоприятные условия для просачивания вглубь поверхностных и образования подземных вод или возврата подземных вод на поверхность для активного водообмена между поверхностными и подземными потоками.

Орография. Наряду с такими горными системами, как Гималаи, Каракорум, Гиндукуш, Куэньлунь и Памир, Тянь-Шань принадлежит к числу высочайших горных поднятий мира. Наиболее высокие вершины здесь поднимаются почти до 7500 м. Лишь участки окраинных долин на севере и юго-западе опускаются ниже 1000 м над уровнем моря.

Структурную основу Тянь-Шаня представляет серия высоких и длинных горных хребтов преимущественно широтного направления. Для общей конфигурации Тянь-Шаня характерно сближение

этих хребтов на востоке Киргизии, в районе Меридионального хребта, и веерообразное их расхождение на западе, а также возрастание высот к востоку и снижение их к западу.

Главными орографическими элементами Тянь-Шаня являются горные хребты и межгорные впадины и долины, лежащие между хребтами. Вместе с тем смыкание горных хребтов во многих случаях приводит к образованию крупных горных узлов, а в восточной части Киргизии межгорные пространства занимают нагорные равнины — сырты, лежащие на больших высотах порядка 3500 м и более и характеризуемые древним, выровненным, рельефом, слаботронутым современной эрозией.

Горные хребты, как правило, имеют ступенчатое, ярусное, строение. Они возвышаются над межгорными долинами невысокими прилавками и адырами, за ними поднимаются высокие предгорья и передовые цепи, за которыми идет ярус среднегорья и, наконец, следует полоса высокогорья. Часто от хребтов отходят короткие поперечные отроги.

По особенностям пространственного положения и развития хребты Тянь-Шаня принято подразделять географически на ряд групп или дуг. Естественно, границы этих групп носят в некоторой степени условный характер и разными авторами, так же как и границы всего Тянь-Шаня, трактуются различно. Основными, согласно взглядам Д. И. Исаева [51], можно назвать группы северных, срединных, южных и юго-западных хребтов.

К группе хребтов Северного Тянь-Шаня относятся хребты Заилийский Алатау, Кунгей-Алатау, Киргизский, Таласский и Чаткальский.

Заилийский Алатау, по водораздельному гребню которого проходит участок северной границы Киргизии, в верховьях р. Каскелен поднимается до 5346 м. Отсюда к западу и к востоку высоты снижаются, превышая все же на большей части уровень 4000 м. В верховьях рек Чон-Кемин и Чилик (или Шилик) с Заилийским Алатау соприкасается Кунгей-Алатау. Эти хребты отделяются друг от друга в западном направлении от горного узла узкой и глубокой долиной, по которой протекает р. Чон Кемин, в восточном — долиной р. Чилик. Наибольшие высоты Кунгей-Алатау находятся в западной части хребта (высокая точка — 5168 м) и на стыке с Заилийским Алатау. Кунгей-Алатау ограничивает с севера Иссык-Кульскую впадину, к которой спускается сравнительно пологими склонами на востоке и крутыми — на западе. Склоны изрезаны многочисленными ущельями с крутым падением. На западе Кунгей-Алатау, постепенно понижаясь, резко обрывается к Боомскому ущелью, за которым продолжая направление Кунгей-Алатау поднимается Киргизский хребет. От Боомского ущелья Киргизский хребет протягивается в широтном направлении далеко на запад, до меридиана г. Джамбула. Высшая точка его, пик Семенова-Тяншанского, достигающая уровня 4875 м, находится в центральной части восточной половины хребта. От этого района высоты снижаются как к востоку, так,

в особенности, и к западу. Довольно крутые северные склоны расчленены глубокими поперечными долинами, по которым протекают небольшие горные реки. Подножия склонов усложнены уступами. Еще более сложно строение южных склонов. В восточной части от Киргизского хребта отходит ряд отрогов, спускающихся в Кочкорскую впадину (по другую сторону впадины эти отроги вновь поднимаются, но уже в качестве отрогов хребта Терскей-Алатау). Западнее Кочкорской впадины от Киргизского хребта отходят хребты Джумгалтау и Сусамыртау, а затем и Таласский хребет, простирающийся дугой в западном направлении от Киргизско-Таласского горного узла параллельно Киргизскому хребту.

Таласский хребет принадлежит к числу довольно высоких хребтов. Наибольшие высоты находятся в его западной части (пик Манас, 4461 м). Северный склон, обращенный к Таласской долине, по построению довольно прост; южный, как и у Киргизского хребта, осложнен отходящими от него хребтами западного Тянь-Шаня. Это Чаткальский, Пскемский и Угамский хребты (последний — за пределами Киргизии) северо-восточного направления с примерно сходными с Таласским хребтом высотами, со скалистыми гребнями и крутыми, труднопроходимыми и сильно расчлененными склонами.

К группе хребтов Северного Тянь-Шаня относятся также невысокие Чу-Илийские горы на севере и хребет Каратау на северо-западе, протягивающиеся уже за пределами Киргизии, в южном Казахстане.

Южнее хребтов Северного Тянь-Шаня, отделяясь от них серией межгорных впадин, объединяемых некоторыми исследователями под общим наименованием Иссык-Кульско-Текесской депрессии, тянутся хребты Срединного Тянь-Шаня. Эта группа включает хребты Терскей-Алатау, Джумгальский, Кара-Мойнокский, Сарыджазский, Инылчекский, Акшийрак, Куйлю, Джетымбель, Джетым, Байдулу, Сон-Куль Тау, Молдотау, Кавактау, Сусамыртау, Кокийримтау, Тахталык, Чаарташ и Западный Акшийрак.

Наиболее значительным среди хребтов Срединного Тянь-Шаня является Терскей-Алатау, отходящий от района Меридионального хребта на запад и огибающий с юго-востока и юга Иссык-Кульскую котловину. Наибольшие высоты хребта находятся в его центральной части, на долготе восточной оконечности оз. Иссык-Куль (высшая точка 5251 м). Терскей-Алатау имеет сложное строение. Северные склоны осложнены предгорными грядами и второстепенными хребтами, следующими параллельно главному водораздельному гребню. Восточнее и западнее оз. Иссык-Куль от хребта отходят отроги, направляющиеся к Кунгей-Алатау и Киргизскому хребту.

К югу от Терскей-Алатау располагается ряд коротких, но очень высоких хребтов. Сарыджазский хребет, также отходящий от района Меридионального хребта, имеет вершины выше 6000 м.

Западное продолжение Сарыджаза, отделенное от него узким ущельем одноименной реки и носящее наименование Кулютау, достигает высоты 5259 м и характеризуется громадной площадью оледенения. Здесь же находится оледенелое нагорье Акшийрак. К западу отходит серия хребтов, разделенных продольными и поперечными долинами: Джетымтау, Джетымбель, Джетым, Нура и другие хребты Срединного Тянь-Шаня.

Группа южных хребтов Тянь-Шаня включает хребты Кокшаал, Каинды, Акзоо, Джангарт, Борколдай, Нарынтау, Джангижер, Атбаши, Джамандаван, Алмышек, Байбичетау, Коккой, Торугарт, Ферганский и Атойнокский.

Наиболее значительным в плановом и высотном отношении среди хребтов южного да и всего Тянь-Шаня является хребет Кокшаал. Он протягивается на огромное расстояние от Меридионального хребта почти до Ферганского и Алайского хребтов. В восточной части хребта, в районе Центрального Тянь-Шаня, возвышается пик Победы (7439 м), представляющий высшую точку Тянь-Шаня. Многие вершины хребта поднимаются за 6000 м. На западе, вблизи Ферганского и Алайского хребтов, высоты Кокшаала относительно снижаются.

Система горных поднятий Срединного Тянь-Шаня ограничена Ферганским хребтом, простирающимся в северо-западном направлении, что резко не согласуется с направлением остальных хребтов этой горной страны. Северо-западное продолжение хребта, лежащее по другую сторону р. Нарын, носит наименование Атойнок. Ферганский хребет — в основном невысокое плосковерхое образование с относительно пологими склонами. Наибольшей высоты достигает его юго-восточная часть. Здесь вершины поднимаются до 4939 м.

Необходимо иметь в виду, что характеристика Ферганского или Чаткальского хребтов как невысоких горных образований здесь имеет несколько более широкий смысл, чем только гипсометрический. Она одновременно имеет гидрологическое содержание, учитывая географическое положение, экспозицию главных склонов и тем самым степень оледенения этих гор и другие особенности их гидрометеорологического режима.

Группа юго-западных хребтов Тянь-Шаня включает хребты Алайский, Заалайский и Туркестанский. Наряду с Кокшаалом, это громадные, высокоподнимающиеся хребты. Вершины достигают 6000—7000 м (вершина Обрыв на Алайском хребте — 6400 м, пик Ленина на Заалайском хребте — 7127 м). Склоны изрезаны множеством долин, подножия хребтов осложнены грядами и засыпаны нагромождениями древних морен.

Между горными хребтами Тянь-Шаня, отделяя их друг от друга, располагаются области больших или малых депрессий, называемых впадинами, котловинами или долинами. Последнее название в узком смысле применяется к днищам межгорных впадин, характеризуемых равнинным рельефом.

Эти впадины, так же как и горы, имеют тектоническое происхождение; их возникновение связано с опусканием или отставанием в вертикальном перемещении отдельных участков территории на фоне ее общего поднятия. Они сложены в основном кайнозойскими отложениями. Широкое развитие здесь имеют послеплиоценчетвертичные отложения, представленные различными континентальными образованиями: аллювиальными, пролювиальными, озерными, болотными, эоловыми и др. [20].

Пролювиальные и пролювиально-аллювиальные отложения пользуются наиболее значительным распространением и в виде крупнообломочных (валунники, валунно-галечники, галечники с прослоями песчано-гравийных, песчано-суглинистых и суглинистых пород) и мелкообломочных (суглинки, лёссовидные суглинки, супеси и глины с прослоями галечников и песчано-гравийных пород) осадков слагают периферийные и внутренние части большинства межгорных впадин. Аллювиальные отложения занимают узкие полосы вдоль течений наиболее крупных рек, а озерные отложения приурочены к побережьям озер Иссык-Куль, Сон-Куль, Чатыр-Куль.

Так же широко распространены и ледниковые отложения. Главным образом они характерны для высокогорных впадин, таких, как Аксайская, Арпинская, Алайская, а также для сыртовых поверхностей. Они представлены гляциальными (долинные и полупокровные морены) и флювио-гляциальными (валунники, валунно-галечники) отложениями.

Межгорные впадины Тянь-Шаня характеризуются значительным разнообразием условий, различаясь размерами и формами горизонтальных очертаний, положением внутри горной страны, степенью открытости или замкнутости, высотным уровнем, уклонами и строением поверхности, а поэтому, естественно, и всем комплексом природных условий. Эти впадины могут быть подразделены на высокогорные, среднегорные и низкогорные.

К числу высокогорных впадин, располагающихся на уровне порядка 3000 м и более, относятся восточные и южные впадины Киргизии: Сарыджазская, Акшийракская, впадины верховьев р. Нарына (Кумторские, Карасайские, Арабельские сырты), Сон-Кульская, Аксайская, Арпинская, Алайкульская и Алайская. Среди среднегорных впадин следует упомянуть Кара-Куджурскую, Кочкорскую, Средне-Нарынскую, Чаткальскую. Низкогорными впадинами, характеризующимися высотами менее 2000 м, являются северные и западные впадины: Иссык-Кульская, Чон-Кеминская, Чуйская, Таласская, Тогуз-Тороуская, Кетмень-Тюбинская и входящая в Киргизию своими окраинами Ферганская впадина вместе с впадинами предгорий. Основные горные хребты и межгорные впадины изображены на рис. 1. Наиболее крупными среди впадин Киргизии являются Чуйская, Таласская, Иссык-Кульская, Средне-Нарынская и Ферганская впадины.

Рис. 1. Орографическое строение.

Основные горные хребты: *1* — Кунгей-Алатау, *2* — Заилийский Алатау, *3* — Киргизский, *4* — Таласский, *5* — Пскемский, *6* — Чаткальский, *7* — Атойнокский, *8* —Сусамыртау, *9* — Джумгальский, *10* — Сонкуль Тау, *11* — Терскей-Алатау, *12* — Акшийрак, *13* — Сарыджазский, *14* — Кокшаал, *15* — Борколдай, *16* — Нарынтау, *17* — Атбашинский, *18* — Джамантау, *19* — Ферганский, *20* — Алайский, *21* — Заалайский, *22* — Туркестанский.

Основные впадины: *а* — Иссык-Кульская, *б* — Чуйская, *в* — Таласская, *г* — Чаткальская, *д* — Сусамырская, *е*—Джумгальская, *ж* — Кочкорская, *з* — Сарыджазская, *и* — Средне-Нарынская, *к* — Атбашинская, *л* — Аксайская, *м* — Аршинская, *н* — Тогузтороуская, *о* — Кетмень-Тюбинская, *п* — Ферганская, *р* — Алайская.

Чуйская долина заключена между Киргизским хребтом на юге и западными отрогами Заилийского Алатау (так называемыми Чу-Илийскими горами) на северо-востоке. В восточной части она имеет ширину около 10 км при абсолютных высотах более 1200 м. К западу долина клинообразно расширяется, снижается по высоте (на северной границе Киргизии высота уменьшается до 500 м) и постепенно переходит в прилегающие равнины Южного Казахстана. Как и другие впадины, Чуйская долина выполнена мощной толщей мезо-кайнозойских отложений. Поверхность ее представляет слабоволнистую равнину с общим продольным наклоном с востока на запад и запад-северо-запад и поперечным наклоном с юга и севера к центру долины. Внешнюю кайму долины представляет полоса предгорного шлейфа, образованного слившимися конусами выноса рек и временных потоков. Дальше, в сторону оси долины, простирается полоса аллювиально-пролювиальной равнины с ложбинами и руслами так называемых карасу (темная вода — долинные потоки, образованные выходами подземных вод), а в центральной части долины протягивается прирусловая террасированная аллювиальная зона.

Таласская долина ограничивается с севера Киргизским хребтом с параллельной грядой Ичкелетау, с юга — Таласским хребтом. В сравнении с Чуйской долиной эта долина меньше по размерам, более высока (1500—800 м) и более замкнута. Ширина долины составляет 20 км при протяженности в длину свыше 100 км. Сложена кайнозойскими континентальными отложениями: галечниками, песками, супесями, перекрытыми лессовидными наносами. И здесь прослеживается полоса предгорного шлейфа, образованного древними и современными конусами выноса, окраина шлейфа и прирусловая зона р. Талас с поймами и террасами.

Иссык-Кульская впадина окружена хребтами Кунгей-Алатау и Терскей-Алатау, огибающими ее соответственно с севера и юга. Это вторая по общим размерам (после Ферганской) котловина Тянь-Шаня (ввиду отсутствия естественных границ на западе-северо-западе оценить размеры Чуйской долины затруднительно, но несомненно она не уступает Иссык-Кульской котловине) и единственная по своеобразию природных условий. Центральная часть впадины занята оз. Иссык-Куль, вытянутым на восток-северо-восток и представляющим крупный и глубокий горный водоем.

Равнинный рельеф во впадине представлен прибрежной полосой шириной от 3 до 15 км. Эта полоса расширяется на востоке за счет долин нижних течений рек Тюп и Джиргалан, имеющих протяженность 50 и 70 км. В сложении равнинной полосы участвуют аллювиальные, пролювиально-делювиальные, озерные, флювио-гляциальные и эоловые отложения.

Кочкорская впадина заключена между хребтами Киргизским, Терскей-Алатау, Джумгальским и их отрогами. Высота впадины превосходит 2000 м. Отложения — третичного и четвертичного возраста. Впадина соединяется с Иссык-Кульской котловиной посред-

ством узкого и глубокого ущелья с Орто-Токойским расширением на середине. Этим путем и следует р. Чу, образующаяся во впадине из многих рек, стекающих со склонов окружающих хребтов.

Впадины бассейна р. Нарын раполагаются на различных высотах в диапазоне от 800 до 3000 м и более. Здесь, таким образом, представлены и высокогорные, и среднегорные, и низкогорные впадины. Они также выполнены кайнозойскими отложениями. Эти впадины, хотя и являются замкнутыми, объединяются р. Нарын и ее притоками в одну систему гидрографически связанных долин.

Сусамырская впадина ограничена Киргизским хребтом с севера, Сусамырским и Джумгальским хребтами с юго-запада и юго-востока и находится на уровне свыше 1500 м при преобладающих высотах 2000—2400 м. В длину впадина простирается на 100 км, ширина ее доходит до 15—20 км. Выполнена озерными отложениями, покрытыми галечно-валунными, пролювиально-делювиальными и местами моренными материалами. Центральная часть впадины занята долинами рек Сусамыра и Западного Каракола.

Джумгальская впадина ограничивается хребтами Джумгальским и Кавактау. Как и Сусамырская, она располагается на высотах, превышающих 1500 м, при средней высоте около 2000 м. Здесь протекает р. Джумгал, являющаяся притоком р. Кёкёмерен.

Впадины южного и юго-западного Тянь-Шаня: Аксайская и Алайская долины — крупные высокогорные замкнутые долины с высотными уровнями 2500--3000 м и более. Характерны конусы выноса, аллювиально-пролювиальные отложения и моренные нагромождения вдоль подошв гор.

Чаткальская среднегорная впадина с высотами 1700—2000 м — узкая, вытянутая долина между Чаткальским и Сандалашским хребтами. Характерны древние и современные речные террасы.

Ферганская впадина является крупнейшей на Тянь-Шане. В пределы Киргизии входит лишь подковообразная периферийная часть впадины, направленная открытым концом к западу.

В то же время горное обрамление долины почти полностью (за исключением юго-восточных склонов Кураминского хребта) находится в Киргизии. Это подчеркивается вошедшим в обиход понятием Приферганье, относящимся к киргизской части Ферганы. Для нее характерен сложный рельеф предгорий с предгорными поднятиями и внутригорными долинами. В сложении предгорных поднятий участвуют мезозойские и третичные породы, в сложении равнинной полосы — аллювиальные и пролювиальные отложения.

Арабельские и Кумторские сырты располагаются на высотах 3600—3800 м. Это недавно освободившиеся от оледенения территории, имеющие всхолмленную поверхность с мягкими очертаниями, покрытую моренными отложениями мощностью до 20—30 м и пока еще слаботронутую эрозией. Здесь характерны древние и современные ледниковые отложения и ледниковые формы рельефа [53]. Такие условия присущи и другим сыртам в верхней части бассейна р. Нарын и в бассейнах рек Аксай, Чон-Узенгегуш, Акшийрак.

Сон-Кульская котловина лежит на высоте 3000—3100 м. Центральная часть котловины занята одноименным озером. Берега озера низкие и заболоченные.

Средне-Нарынская впадина протягивается по р. Нарын и нижнему течению р. Алабуга на расстояние более 150 км. В районе впадения в р. Нарын р. Алабуга впадина доходит в ширину до 50—60 км. Высота впадины около 1400—2300 м; она уменьшается с востока на запад.

Значительные размеры имеет Атбашинская впадина. Она протягивается вдоль рек Атбаши и Кара-Куюн на 150 км, достигает в ширину 30 км и лежит на высотах от 2000 до 2800 м.

Полоса предгорного шлейфа межгорных долин, в особенности ее верхняя часть, представляет селеопасную зону: сюда выходят многочисленные саи и реки с селевым режимом. Поймы рек, в настоящее время освоенные во многих местах, часто заиленные, также являются опасной зоной: в случаях прорыва речной поток может устремиться по старым заброшенным руслам и вызвать значительные затопления.

Рассмотренные особенности геологического и орографического строения Киргизии важны в гидрологическом отношении как непосредственно в качестве факторов поверхности бассейна, так и косвенно в силу их влияния на климатические условия территории.

Климат. Климатические условия всей Средней Азии в целом определяются особенностями ее географического положения: относительно низкими широтами; общим характером атмосферной циркуляции, способствующей частому и длительному стоянию ясной, безоблачной погоды; удаленностью от Атлантического и Северного Ледовитого океанов и изолированностью от Индийского океана. Однако если рассматривать ограниченную территорию одного только киргизского Тянь-Шаня, то нужно сказать, что здесь влияние названных, определяющих факторов преломляется через посредство нового мощного фактора, каким является орографическое строение, приводящее к высотной природной поясности и к большому разнообразию климата этой горной страны.

Крупные межгорные долины, занимающие окраинное и невысокое гипсометрическое положение, и здесь отличаются присущими равнинной части Средней Азии высокой температурой воздуха, большой продолжительностью теплого периода, очень сильной испаряемостью и малым количеством осадков. В Приферганье (во входящей в Киргизию узкой окраинной полосе Ферганской долины), на высотах ниже 1000 м, среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 400—450 мм и менее. Средняя температура июля здесь 25—28°, января —3°. Период с устойчивой отрицательной средней суточной температурой воздуха продолжается немногим дольше 2 месяцев.

В Чуйской долине, на высотах менее 1200 м, средние годовые суммы осадков не превышают 400 мм. Средняя температура июля составляет 22—25°, января — минус 5°. Устойчивая отрицательная

Научно-техническ... САНИИРИ

средняя суточная температура держится 3 месяца (декабрь — февраль). В Таласской долине, на высотах ниже 1500 м, средние годовые суммы осадков еще меньше — менее 300 мм. Средняя температура июля равна 20°, января — минус 8°. Период с устойчивой отрицательной средней суточной температурой воздуха здесь возрастает до 4 месяцев.

Климат Иссык-Кульской котловины, кроме перечисленных факторов, находится под воздействием значительной водной массы оз. Иссык-Куль. Средняя температура июля в прибрежной равнинной полосе составляет 15°, января — минус 6°. Среднее годовое количество осадков возрастает от 100 мм на западе до 500 мм в восточной части прибрежья, где условия выпадения осадков более благоприятны из-за восходящего характера движения и обогащения воздушных потоков, следующих с запада на восток, водными парами за счет испарения с поверхности озера. Устойчивый холодный период здесь, несмотря на более высокое положение, так же как и в Чуйской долине, охватывает декабрь — февраль. Таким образом, весьма заметно влияние оз. Иссык-Куль на колебание температуры воздуха. Оно сказывается также и на распределении осадков.

В связи с особенностями выпадения осадков в Иссык-Кульской котловине С. А. Султанбаев [103] обращает внимание на большую роль синоптико-орографических факторов. В частности, он отводит значительное место вторжениям влагонесущих воздушных масс в котловину через широкий и низкий Санташский перевал и их движению в направлении с востока на запад.

Климат внутренних долин Тянь-Шаня, более замкнутых и высоких, отличается значительной суровостью и сравнительно малым количеством осадков.

Повсюду, за исключением лишь Прифергапья и его ближайшего окружения, наблюдается резкое преобладание осадков теплого периода над осадками холодного периода. Испарение и испаряемость в долинах, в особенности окраинных, достигают очень больших величин.

Другая климатическая картина наблюдается на горных склонах. По мере увеличения высоты происходит закономерное понижение температуры воздуха, более значительное в летнее время (температурный градиент порядка 0,6° на 100 м высоты) и менее — в зимнее (0,4° на 100 м). Продолжительность теплого периода с высотой постепенно сокращается, холодного — возрастает. Естественно при этом, что в наиболее возвышенных частях высокогорной зоны постоянно сохраняется низкая температура воздуха, осадки круглый год выпадают в твердом виде, образуя ледники и скопления снега, что вызывает образование снежных лавин.

В противоположность температуре воздуха, количество осадков с высотой возрастает, доходя до 700—800 мм и более на высотах порядка 4000 м. Однако понятие о сколько-нибудь устойчивом за относительно короткие интервалы времени вертикальном градиенте к осадкам, по-видимому, не применимо, хотя в многолетнем смысле

и в отношении ограниченных участков оно возможно будет иметь значение. Большую роль в высотном распределении осадков играют, с одной стороны, местные условия тех или иных участков горных склонов, с другой стороны,— конкретные погодные условия каждого года и сезонов года.

В общем распределении атмосферных осадков по территории решающее значение принадлежит пространственному положению и ориентировке горных хребтов и их доступности влагонесущим западным, юго-западным и северо-западным воздушным потокам. Поступление атмосферной влаги в Киргизию происходит в основном с северо-запада, запада и юго-запада. Поэтому наибольшее количество осадков получают внешние хребты Тянь-Шаня на склонах западных ориентаций. К числу таких, например, относятся Пскемский, Чаткальский и Ферганский хребты. По имеющимся данным, в верхних частях склонов этих хребтов, обращенных на запад, юго-запад и северо-запад, за год выпадает 800—1000 мм осадков и более. Это наиболее увлажненная часть Киргизии. Значительны также осадки на северных окраинных хребтах Тянь-Шаня — на Терскей-Алатау, Киргизском хребте, Кунгей-Алатау. На внутренних хребтах, заслоненных внешними, количество осадков оказывается значительно меньше.

Уместно заметить, что широко распространенное представление [68], согласно которому увеличение осадков по горным склонам происходит до определенной высоты (1500—3000 м), после чего наступает убыль осадков, представление, основанное на примере иных горных территорий, в условиях Киргизии еще не нашло подтверждения наблюдениями[1]. В то же время получены свидетельства, во всяком случае для значительной части территории, непрерывного увеличения осадков с высотой от подножий гор до областей питания ледников, т. е., по существу, по всему высотному простиранию горных склонов. К таким выводам привели наблюдения на сети осадкомеров в опытном бассейне р. Чонкызылсу [71] и анализ распределения атмосферных осадков в речных бассейнах Приферганья [37] и других частях Киргизии [57].

На горных склонах в связи с понижением температуры и увеличением относительной влажности воздуха с высотой испарение ослабевает, становясь тем меньше, чем выше высота местности. Таким образом, на горной части территории, в противоположность равнинной (межгорным долинам), общие природные условия оказываются благоприятными для образования стока.

Важную особенность влагооборота территории составляет упомянутое преобладание осадков летнего периода над осадками зимнего периода, характерное для большей части территории Киргизии. Рассмотрение годовых осадков в принятых в климатологии рамках холодного (XI—III) и теплого (IV—X) периодов показывает,

---

[1] Таких подтверждений нет для всей территории Средней Азии (*ред.*).

что лишь на юго-западе республики между Ферганским и Таласским хребтами осадки за эти периоды в многолетнем разрезе примерно равны (на летнее полугодие приходится 40—60% на севере и 50—70% на юге). Далее на восток имеет место

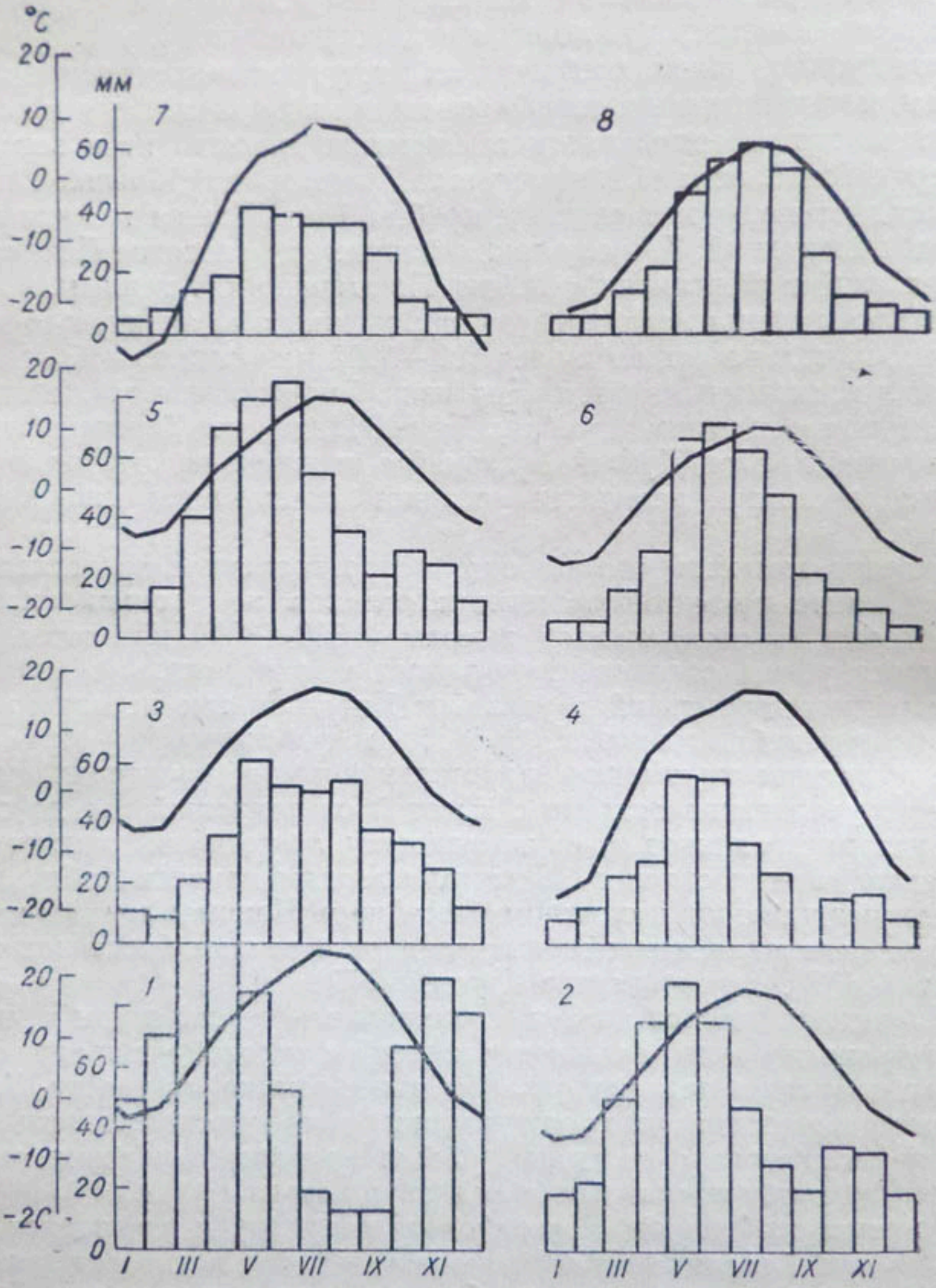

Рис. 2. Внутригодовое распределение атмосферных осадков и ход температуры воздуха по некоторым станциям в многолетнем разрезе (осадки взяты за 1936—1960 гг., по ст. Акташ — за 1951—1960 гг., температура приведена к периоду 1881—1960 гг.).

1 — Джергетал, *2* — Байтык, *3* — Пржевальск, *4* — Нарын, *5* — Акташ, *6* — Кара-Куджур, *7* — Аксай, *8* — Тянь-Шань

значительное преобладание осадков летнего полугодия, которое увеличивается с продвижением вглубь Тянь-Шаня. Так, Таласская и Чуйская долины со своими окружениями в теплом полугодии получают 60—80% годовой суммы осадков, а для большей части Внутреннего Тянь-Шаня (территория к востоку от Ферганского хребта и югу от Киргизского), Иссык-Кульской котловины и Центрального Тянь-Шаня эта доля возрастает до 70—90% (рис. 2 и 3).

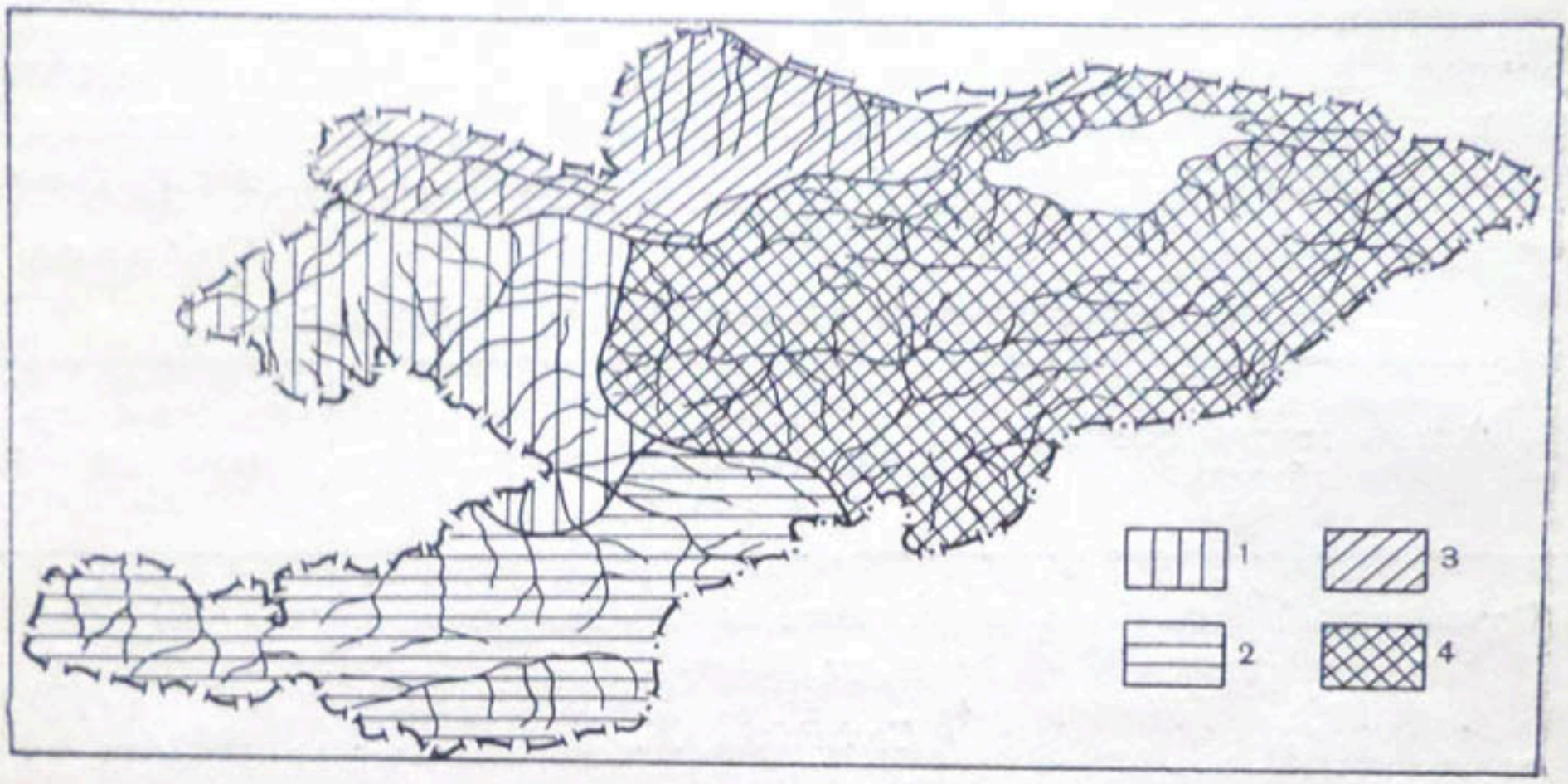

Рис. 3. Доля осадков теплого периода (апрель — октябрь) в годовой сумме осадков.

1 — 40—60%, *2* — 50—70%, *3* — 60—80%, *4* — 70—90%.

На юго-западе максимум осадков приходится на весенние месяцы (III—IV); с продвижением на восток и по мере возрастания высот он все больше сдвигается к лету (V—VI и даже VII). Вторые, осенние, максимумы осадков (X, XI, XII), ясно выраженные в нижней высотной зоне на юго-западе, постепенно сглаживаются при продвижении вглубь страны и с увеличением высоты местности. Все эти особенности выпадения осадков являются вполне закономерными в связи с общими условиями формирования климата Киргизии.

Во избежание каких-либо недоразумений ко всему сказанному в отношении преобладания в условиях Киргизии летних осадков необходимо сделать следующую оговорку. Поскольку понятия зимнего и летнего полугодий здесь рассматриваются в стандартных календарных, близких к естественным, рамках этих полугодий лишь для низких равнинных территорий, вывод о преобладании летних осадков, как правило, нельзя отождествлять с преобладанием жидких осадков.

Представляют интерес также величины наибольшего суточного количества осадков. Нужно сказать, что эти величины в Киргизии в общем характеризуются умеренными размерами. Если на Кавказе

они могут достигать 200 мм и более, то в Киргизии они не превышают 100 мм. Замечается аналогия в территориальном распределении максимальных суточных осадков с общим распределением прихода осадков: максимальные суточные количества осадков, как это в общих чертах видно из табл. 1, оказываются тем бóльшими, чем выше общее количество осадков в данной местности.

На формирование климата Киргизии большое влияние оказывают следующие условия. В зимнее время она находится под воздействием юго-западной периферии сибирского антициклона, что обусловливает преобладание спокойной и ясной погоды с выхолаживанием ночью и постепенным прогревом днем. Иногда такая погода сопровождается радиационными туманами. Условия для выпа-

Таблица 1

Значение абсолютных максимумов суточных осадков

Физико-географическая область	Метеостанция или водпост	Максимум суточных осадков, мм
Юго-западный Тянь-Шань	Джергетал	101
	Ак-Терек-Гава	90
	Саламалик	88,5
	Устье Тос	75
Алай-Туркестан	Иркештам	83
Северный Тянь-Шань (Чуйская долина)	Беловодск	80
	Бака-Булак	71
	Константиновка	67
	Фрунзе	65
	Актюз	60,6
	Байтык	61
	Чон-Арык	59
Иссык-Куль	Корумды	89
	Тургень-Аксу	65
	Пржевальск	60
	Красный Октябрь	59
	Каракол	58
	Рыбачье	49
Северный Тянь-Шань (Таласская долина)	Кировское	63
	Чат-Базар	56
Внутренний Тянь-Шань	Атбаши	53
	Нарын	42
	Токтогул	29

дения осадков в это время являются, таким образом, неблагоприятными. Этим и объясняется преобладание здесь осадков летнего полугодия над осадками зимнего полугодия. Действие сибирского антициклона на юго-западе, в Приферганье, благодаря серии орографических экранов на пути восточных ветров сильно ослабляется. Отчасти именно поэтому и распределение осадков между холодным и теплым периодами здесь, в противоположность другим районам Киргизии, отличается примерным равновесием [1].

В весенний период развитая циклоническая и волновая деятельность обусловливает выпадение значительных осадков. В нижних зонах горных склонов и предгорьях эти осадки выпадают в жидком виде. С такими осадками часто связано образование селевых паводков, особенно в западных и юго-западных районах Киргизии.

Характерным для летнего времени является периодическое возникновение состояния так называемой термической депрессии: в результате сильного прогрева воздуха над среднеазиатскими пустынями и прилегающей Передней Азией здесь появляется область пониженного давления. Притекающие извне массы воздуха быстро прогреваются и установившаяся ясная, жаркая погода сохраняется. Уровень конденсации в это время очень высок, и лишь над горами развивается небольшая кучевая облачность. Температура воздуха быстро растет. Через 3—5 дней состояние термической депрессии нарушается вторжением холодного воздуха с запада, северо-запада или севера, которое может сопровождаться (особенно над предгорными и горными районами) значительными осадками. Затем после некоторого перерыва снова возобновляется состояние термической депрессии, и так далее [97].

Изложенные основные особенности климата Киргизии оказывают непосредственное и, наряду со строением поверхности бассейнов, определяющее влияние на гидрологический режим территории. Они обусловливают характер территориального и внутригодового распределения речного стока, как и многие другие его закономерности.

Почвенно-растительный покров. Почвенно-растительный покров Тянь-Шаня в закономерной связи с общей сложностью природных условий горной страны отличается большим многообразием, как и другие компоненты географической среды; он характеризуется высотной поясностью, перемежающейся с горизонтальными закономерностями.

Как отмечает А. М. Мамытов [79], в связи с особенностями географического положения и сложностью орографического и геоморфологического строения в Киргизии развиты самые различные, порой совершенно оригинальные, почвы. Большое разнообразие свойственно также флоре и растительному покрову этой территории [16].

---

[1] Резкое преобладание осадков летнего полугодия свойственно внутригорным районам не только Киргизии, но и Средней Азии в целом (*ред.*).

В высотном направлении здесь можно выделить следующие почвенно-растительные пояса: пустынно-степной, сухо-степной, горный лёссо-лугово-степной, горно-луговой и лугово-степной, субальпийский, горно-луговой и лугово-степной альпийский, высокогорный степной, высокогорный пустынный и пояс вечных снегов и ледников.

Пустынно-степной (или полупустынный) пояс представлен главным образом в пределах окраин межгорных долин: Чуйской, Таласской и в Приферганье. Материнскими почвообразующими породами в этом поясе служат пролювиальные каменисто-галечниковые отложения и древне-аллювиальные толщи. Растительность полукустарниково-травянистая. Почвы сероземные; различаются подтипы светлых, обыкновенных, темных и северных сероземов. Помимо сероземов в этом поясе встречаются светло-бурые почвы, представленные в глубинных межгорных долинах Тянь-Шаня — Кочкорской, Нарынской и Атбашинской; сероземно-луговые почвы, приуроченные к зонам выклинивания на поверхность грунтовых вод; аллювиально-луговые, болотно-луговые, торфянисто-болотные почвы, занимающие поверхность низких террас современных речных долин. Почвы орошаемых территорий представляют сильно измененные естественные почвы или же совершенно отличные от них почвенные новообразования.

Пояс сухих степей приурочен к низкогорьям с высотными отметками 900—1200 м. Растительность — злаковое разнотравье с кустарником. Материнскими почвообразующими породами являются лёссы, щебнистые и галечниковые элювиальные и делювиальные толщи. В этом поясе распространены коричневые почвы крупнотравных полусаванн и темно-серые сухо-степные почвы крупнозлаковых полусаванн.

Горный лёссо-лугово-степной пояс занимает полосу среднегорья с сильно расчлененным рельефом и располагается на высотах от 1100—1700 до 1600—2300 м (ниже на севере и выше на юге). Материнскими породами являются щебнистые продукты выветривания, суглинки и лёссы. Растительность — лугово-степное и кустарниково-злаково-степное разнотравье, хвойные и широколиственные леса. Почвы благодаря большому разнообразию природных условий также отличаются многообразием. Они представлены горно-лесными бурыми насыщенными почвами (запад), горно-лесными темноцветными ненасыщенными почвами (север и восток), коричнево-бурыми почвами арчевников (юго-запад).

Лесная растительность в Киргизии весьма ограничена. Она встречается небольшими участками по крутым склонам ущелий и по основным горным склонам северной экспозиции в виде хвойных, ореховых, лиственных и смешанных лесов, занимая в общем всего лишь около 3% поверхности [16]. Конечно, для отдельных участков территории, для некоторых небольших водосборов, залесенность может быть и довольно высокой.

Горно-луговой и лугово-степной субальпийский пояс занимает высоты от 1600—2300 до 2800—3000 м. Растительность представлена луговым разнотравьем с примесью степной растительности. На сильно щебнистых материнских породах развиты горно-луговые черноземовидные, горно-луговые типичные, горно-лугово-степные и горно-лугово-сухостепные или каштановые почвы.

Горно-луговой и лугово-степной альпийский пояс располагается на высотах от 2800—3000 до 3500 м. Покровными породами здесь служат кора выветривания и древние или современные моренные отложения. Растительность представлена низкотравьем. Почвенный покров не сплошной, пятнистый. Встречаются горно-луговые торфянистые и полуторфянистые, горно-лугово-степные и сазово-луговоторфянистые разности.

К степному поясу относятся высокоприподнятые плоскогорья и межгорные долины Внутреннего Тянь-Шаня, находящиеся на высотах 2000—3500 м. Почвы — высокогорные пустынно-степные и высокогорные сухо-степные каштановые. Растительность высокотравная.

Высокогорный пустынный пояс — зона высокогорных пустынь на высотах 3500—4000 м с очень непродолжительным теплым периодом. Редкая и низкорослая растительность (покрытие поверхности составляет 3—15%). Почвы — высокогорные пустынные такыровидные и высокогорные сухие тундровые.

Таким образом, почвенно-растительные условия Киргизии при всем, вполне естественном для горных территорий многообразии характеризуются значительным распространением частично или полностью оголенных скальных и осыпных участков на склонах гор, в особенности в их верхних зонах, и небольшой ролью лесной растительности. Это несомненно благоприятствует как разрушению гор и накоплению рыхлых обломочных материалов, так и выносу материалов разрушения снежными лавинами, ледниками и водными потоками.

Физико-географическое подразделение. По совокупности природных условий, их общности и различиям в основных чертах территория Киргизии подразделяется на шесть физико-географических областей [74]: Северную Тянь-Шаньскую, Иссык-Кульскую, Внутреннюю Тянь-Шаньскую, Центральную Тянь-Шаньскую, Юго-западную Тянь-Шаньскую и Алае-Туркестанскую.

Северный Тянь-Шань оконтуривается с севера и запада административной границей Киргизии, проходящей по гребню западной части Заилийского хребта, по р. Чу, по ее притоку Аспара, гребню западной части Киргизского хребта, по р. Асса к Таласскому хребту. С юга граница области проходит по водораздельным гребням Киргизского и Таласского хребтов. Иссык-Кульская физико-географическая область заключена между хребтами Кунгей- и Терскей-Алатау и их сближающимися отрогами на востоке и на западе. Внутренний Тянь-Шань охватывает территорию к югу от Терскей-Алатау, Киргизского и Таласского хребтов, к востоку от Атойнок-

ского и Ферганского хребтов, к северу от хребтов Торугарт и Кокшаал (по государственной границе с Китаем) и к западу от водораздела между реками Нарын, с одной стороны, и Чонузенгегуш и Сарыджаз — с другой. Центральный Тянь-Шань, располагающийся на самом востоке Киргизии, заключен между хребтами Терскей-Алатау, Нарынско-Сарыджазским и Чонузенгегушско-Сарыджазским водоразделами и государственной границей с Китаем, проходящей по Меридиональному хребту и Кокшаалу. Юго-западный Тянь-Шань располагается к югу от Таласского, к юго-западу от Атойнокского и Ферганского хребтов и к северу от рек Тар и Карадарья. Наконец, к Алае-Туркестанской физико-географической области относится юго-западная часть Киргизии, лежащая по левую сторону от рек Тар и Карадарья.

Представляя цельные физико-географические комплексы, так или иначе различающиеся, эти области несомненно имеют смысл также и в гидрографическом и гидрологическом отношениях.

Глава II

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Общий характер гидрографии Тянь-Шаня определяется тем, что он наряду с другими горными территориями Средней Азии — Памиром и Копетдагом — представляет собой область формирования поверхностного и подземного стока. В отличие от равнинных просторов Средней Азии, поступление атмосферных осадков здесь весьма значительно, а их расходование на испарение сравнительно невелико. Высокие горы являются мощными конденсаторами влаги, приносимой воздушными массами, и создают условия для сохранности этой влаги и ее обращения в сток. В связи с этим для природы Киргизии характерно обилие вод, многочисленность и многообразие различных водных объектов.

В пределах Киргизии представлены все виды водных объектов суши: реки, озера, болота и заболоченные земли, подземные воды, сезонные снега, вечные снега и ледники. Высотная поясность, присущая природе горных стран вообще, наблюдается в некоторой мере и в территориальном размещении водных объектов. Хотя при этом некоторые объекты и обладают свойством повторности, но повторяются они с новым содержанием, присущим именно данному комплексу природных условий. Наиболее высокое положение занимают вечные снега и ледники. Ниже следуют приледниковые озера, сезонные снега, реки и подземные воды горных склонов и горных долин. Сравнительно наиболее низкое положение занимают водные объекты межгорных долин: реки, озера, болота и заболоченные земли зоны выхода подземных вод, подземные воды и, наконец, крупные озера межгорных котловин.

Ледники и высокогорный снег. Многие участки в верхних зонах хребтов Тянь-Шаня заняты ледниками и вечными снегами. Ледники образуются в условиях, когда приход атмосферных осадков, поступающих в твердом виде, превышает их расходование путем летнего таяния и стекания талых вод, испарения, обрушения или сдувания на более низкие уровни. Такие условия имеют место в высокогорных районах, лежащих выше климатической снеговой линии, и в местах, представляющих, как правило, отрицательные формы рельефа с достаточно пологими уклонами. В этих условиях происходит накопление твердых осадков, уплотнение снега, превращение его в лед. На определенной стадии этого процесса для балансирования одностороннего накопления льда становится необходимым еще один вид его расходования — течение и сползание льда, движение ледника по общему уклону местности в более низкие высоты, лежащие ниже снеговой линии, где летнее таяние приобретает бо́льшую силу. Таким образом, в противовес областям питания ледника возникают языковые, концевые, области ледника. В результате при стационарном состоянии ледника, т. е. при отсутствии его прогрессивного наступания или отступания, устанавливается состояние равновесия между питанием ледника, приходом атмосферных осадков в бассейн ледника и расходованием льда, совершающимся главным образом в форме таяния в концевой части ледника. Но это равновесие приобретается лишь в течение очень длительного многолетнего периода. Если же рассматривать сравнительно короткие отрезки времени, скажем отдельный годичный период, такого равновесия может и не быть: приход снега и расходование ледников на таяние внутри длительного многолетнего периода за его отдельные короткие промежутки подчинены различным закономерностям.

Естественно, что в наибольшей степени оледенение присуще наиболее высоким хребтам, у которых над снеговой линией находятся значительные площади. В свою очередь положение снеговой линии определяется не только абсолютной высотой, но и размерами притока атмосферных осадков и ориентацией горных склонов относительно стран света. Снеговая линия тем ниже, чем больше приход осадков и чем меньше продолжительность и интенсивность солнечного сияния. Поэтому высота снеговой линии внутри границ Киргизии в разных ее частях изменяется в довольно широких пределах (от 3600 до 4600 м), повышаясь в направлении на юго-восток, как это показано на рис. 4, заимствованном из работы Р. Д. Забирова [32].

Так же как и в отношении высотного положения снеговой линии, большое разнообразие наблюдается в высотном положении концов ледников. Оно связано как с высотой снеговой линии и количеством атмосферных осадков, так и с условиями рельефа и общими размерами оледенения. В зависимости от этих условий ледники местами спускаются до 3000 м и даже ниже, а в других случаях заканчиваются на высоте 4000 м и выше. Общая амплитуда высотных

колебаний как снеговой линии, так и концов ледников оказывается весьма значительной, для последних она достигает 1500—2000 м.

Различны и скорости движения льда. Они также зависят от уклонов местности и размеров и мощности ледника. И если для ледника Иныльчек в Центральном Тянь-Шане скорость движения, по-видимому превышает 200 м в год, то для большинства ледников она исчисляется десятками, а то даже и единицами метров.

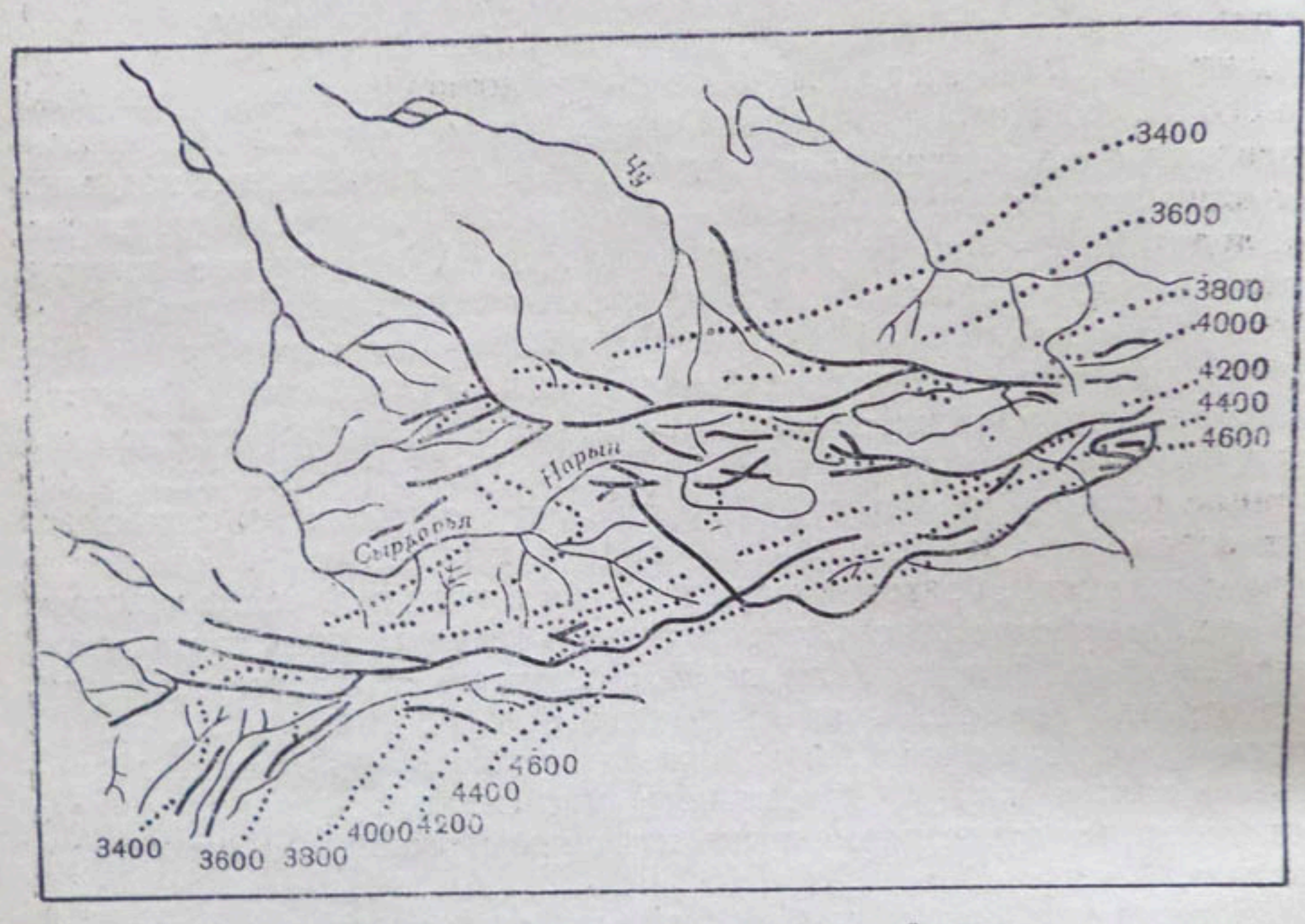

Рис. 4. Высотное положение снеговой линии.

На основании сведений о скоростях движения ледников можно заключить, что полное обновление материала ледников происходит в течение 150—200 лет на небольших ледниках и 500—600 лет на крупных ледниках. Эти данные показывают насколько значителен полный балансовый цикл ледников.

Поскольку период полного балансового цикла ледников очень велик, а закономерности питания и расходования ледников за отдельные годы и относительно небольшие ряды лет различны, вполне естественно, что в каждый данный момент на том или ином леднике можно обнаружить признаки наступания или отступания. Есть, например, сведения, что многие ледники Тянь-Шаня за последние 10—20 лет отступили на 200—300 м, а отдельные — на еще большие расстояния. В то же время есть свидетельства и стационарного состояния отдельных ледников и даже их наступания в некоторых, правда редких, случаях. Однако все эти свидетельства, как правило, характеризуют лишь кратковременные изменения в положении кон-

цов ледников и, по-видимому, не могут считаться достаточными для суждений и выводов об общем, длительном и одностороннем прогрессе или регрессе современного оледенения.

Отмеченное отступание ледников следует скорее рассматривать как кратковременный цикл в ледовом балансе высокогорной территории Киргизии и в то же время как вполне закономерный процесс, так как «ледники не являются раз и навсегда застывшими телами. Напротив, они находятся в постоянном движении, приход снега в области питания и расход за счет таяния ледника являются регуляторами жизни ледника» [31]. Отмечая, что в областях питания многих ледников Центрального Тянь-Шаня за последние годы наблюдается резкое возрастание запасов снега, Р. Д. Забиров считает, что отступание ледников в Средней Азии вскоре должно смениться их наступанием и что отмеченные отдельные случаи наступания ледников являются предвестниками предстоящего прогресса оледенения.

Оледенение на Тянь-Шане распространено широко. Особенно оно значительно на востоке Тянь-Шаня и на его высоких окраинных северных и южных хребтах. Распределение его по горным хребтам и бассейнам основных рек Киргизии приведено, согласно данным Забирова [31], в табл. 2 и 3.

Общая площадь оледенения в Киргизии, по современной оценке, равна примерно 6700 км². Таким образом, оледенение киргизского Тянь-Шаня нужно признать весьма значительным. Оно почти в че-

Таблица 2

Распределение оледенения по горным хребтам Киргизии

Горный хребет	Площадь оледенения, км²	% от общей площади оледенения
Район Хан-Тенгри и пика Победы	1517,2	23
Терскей-Алатау	1080,6	16
Кокшаал (без района пика Победы)	717,1	11
Заалайский	650,0	10
Алайский	568,0	8
Массив Акшийрак	439,5	7
Киргизский и Таласский	328,9	5
Куйлю	236,4	4
Борколдай	229,6	3
Кунгей-Алатау	221,2	3
Джетым и Джетымбель	204,2	3
Ферганский	195,0	3

Таблица 3

Распределение оледенения по бассейнам основных рек Киргизии

Речной бассейн	Площадь оледенения, км²	% от общей площади оледенения
р. Тарим	3147,8	47
р. Нарын	1048,1	16
р. Сырдарья (в пределах Прифергапья)	824,6	12
оз. Иссык-Куль (с включением небольшой части бассейна оз. Балхаш)	679,5	10
р. Чу	481,8	7
р. Амударья (р. Кызылсу)	460,0	7
р. Талас	41,1	1

тыре раза превышает оледенение Большого Кавказа [32]. Если всю площадь оледенения киргизской части Тянь-Шаня представить сосредоточенной в едином месте, то она займет почти весь бассейн верхнего течения р. Чу, замыкаемый перед впадением в нее р. Чон Кемин, незадолго до выхода реки в Чуйскую долину.

По определениям посредством косвенных приемов и расчетов, вертикальная мощность многих ледников Тянь-Шаня оценивается в 70—150 м. Эти величины показывают, какое огромное количество воды законсервировано в виде ледников в высокогорных зонах Киргизии. При средней вертикальной мощности ледников 100 м общий объем воды в ледниках составляет более 600 млрд. м³, или более 600 км³. Этот объем приблизительно равен годовому стоку р. Енисея и в 10 раз больше объема крупнейшего на Волге Куйбышевского водохранилища.

Зная общую площадь и общий объем заключенной в ледниках воды и полагая средний ежегодный приход атмосферных осадков равным 500 мм, можно получить, что в среднем в ледниках в каждый момент содержатся осадки, выпадавшие в течение 180 лет. Этот результат, учитывая сугубо приближенный характер расчетов, должен быть признан неплохо согласовывающимся с приведенными выше соображениями относительно периода полного обновления массы льда в ледниках. Правда, при этом нужно учесть и то, что питание ледников происходит с большей площади, чем сама поверхность оледенения, поэтому полученная величина на самом деле должна быть меньше, но вероятно ненамного, учитывая испарение с поверхности снега и ледников, имеющее обратный увеличению площади эффект.

Неудивительно, что ледники, обладая такими большими запасами воды, обусловливают довольно значительную часть стока многих рек Киргизии и накладывают особый, ледниковый отпечаток на весь их режим.

Однако нельзя допускать переоценки запасов льда, как и стокообразующей роли ледников. Если принять во внимание суммарный средний годовой сток рек Киргизии (оценка которого будет дана ниже), то окажется, что в ледниках содержится лишь 12-летний объем стока. Такое сопоставление показывает, что запасы льда в масштабах стока не так уж велики и было бы неправильно рассматривать их как неисчерпаемые.

Обращает на себя внимание крайняя неравномерность распределения оледенения по территории. Как следует из табл. 2 и 3, на районы массива Хан-Тенгри и пика Победы, а также хребты Терскей-Алатау, Кокшаал и Заалайский приходится 60% площади всего оледенения, а бассейн р. Тарим концентрирует почти половину всего оледенения Киргизии. Это результат совместного влияния высотного простирания горных хребтов и их доступности влагонесущим воздушным потокам, о которых, как о факторах оледенения, говорилось выше. Центральный Тянь-Шань, таким образом, одновременно является и центром оледенения Киргизии.

С массива Хан-Тенгри на запад спускается ряд крупнейших ледников Тянь-Шаня. Главный из них — ледник Иныльчек, состоящий из северной и южной ветвей. Южный Иныльчек является самым большим ледником в Киргизии и представляет собой один из мировых гигантов горного оледенения. Площадь, занятая им, составляет около 600 км^2, протяженность ледника — 57 км. Мощность льда также огромна, она достигает 400 м и более. Начинаясь на высоте 5500 м, ледник спускается до 2900 м. Ледник Северный Иныльчек имеет протяженность 57 км при площади 211 км^2. Крупными ледниками являются также ледники Семенова и Мушкетова, находящиеся севернее ледника Иныльчек, и ледник Каинды, располагающийся южнее его. Последний, имея длину 25 км и площадь 90 км^2, представляет собой третий по величине ледник Тянь-Шаня. Много здесь, конечно, и небольших ледников.

На хребтах Куйлю и Акшийрак оледенение представлено множеством небольших ледников. Исключение составляет ледник Петрова длиной свыше 14 км и площадью 74 км^2, спускающийся по западному склону хребта Акшийрак.

На хребте Терскей-Алатау ледники как по северному, так и южному склону следуют по всему их протяжению. Наиболее значительное оледенение сосредоточено на двух участках: в центральной части хребта (р. Тургеньаксу — р. Джуука) и на западе (р. Барскон — р. Конурулен). Это в основном небольшие (на западе) и средние (в центре) ледники, спускающиеся до 2900 м на северных склонах и 3700 м на южных.

Значительное оледенение наблюдается в наиболее высоких восточных и центральных по простиранию частях хребта Кокшаал.

Здесь ледники заканчиваются высоко, спускаясь лишь до высот 4000—4500 м.

Рассмотренные ледники участвуют в питании рек, в первую очередь, Таримского, затем Иссык-Кульского и Нарынского бассейнов.

Важный центр оледенения представляет юго-запад Киргизии — северные склоны Заалайского и склоны Алайского хребтов. Наряду с небольшими ледниками, здесь имеются и довольно крупные ледники. Таковы ледники Егорова (р. Исфайрам) площадью в 21,5 км², Гезарт (р. Чиле) с 17,3 км² и Арчабаши (р. Сох) с 12,2 км² на Алайском хребте, ледники Ленина протяженностью свыше 9 км и площадью 80 км² и Корженевского длиной 19,5 км и площадью 89 км² на Заалайском хребте. Если на Заалайском хребте концы ледников находятся на высотах свыше 3500 м, то на северных склонах Алайского хребта они спускаются очень низко, почти до 2600 м.

Эти ледники питают р. Кызылсу (один из истоков р. Амударьи) и реки южного Приферганья.

Менее значительное оледенение несут многие остальные хребты киргизского Тянь-Шаня. Среди них должны быть упомянуты Киргизский хребет, где ледники в основном сосредоточены в восточной половине, Кунгей-Алатау с основными ледниками в западной части, Таласский хребет с наибольшим развитием оледенения в высокой западной части простирания, ряд хребтов Внутреннего Тянь-Шаня (Борколдай, Джетым, Джетымбель, Нарынтау, Атбашинский и др.), Ферганский хребет. Оледенение на этих хребтах представлено небольшими изолированными ледниками и большим числом мелких каровых ледников. Существенное влияние на питание рек эти ледники оказывают лишь в районах относительно сосредоточенного оледенения на Кунгей-Алатау, Киргизском и Таласском хребтах и на самых восточных хребтах Внутреннего Тянь-Шаня.

Среди ледников Киргизии имеются образования различных форм, размеров и стадий развития. Все они могут быть сведены к нескольким основным типам: долинным, каровым и плосковершинным ледникам. Долинные ледники имеют ясно различимые области питания и абляции и по виду представляют вытянутые ледовые потоки. Наиболее развитые долинные ледники с обширными разветвленными областями питания и с большими притоками образуют древовидные ледники (ледники Иныльчек, Петрова и др.). Другую разновидность долинных ледников представляют ледники висячих долин, которые в виде боковых притоков выходят в более глубокие главные долины. Такие ледники являются формами, возникшими в условиях отступания и сокращения оледенения.

Каровые ледники — небольшие, без дифференциации на области питания и абляции; они располагаются в цирках и карах в верхних частях горных склонов. Такие ледники в Киргизии многочисленны и встречаются на всех хребтах. Долинные и каровые ледники имеют множество переходных форм, которые можно назвать карово-долинными.

В восточной части Киргизии, наряду с другими формами, встречаются также ледники плоских вершин (южные склоны Терскей-Алатау, Борколдай). Эти ледники, располагающиеся на слабонаклонных поверхностях выравнивания, являются остатками широко развитого здесь в прошлом покровного оледенения.

Питание ледников осуществляется за счет твердых осадков, выпадающих не только на поверхность самих ледников, но и на всю поверхность питающих их бассейнов. Следовательно, высокогорный снег имеет свои особые способы движения. Большое значение здесь имеет ветровой перенос, который в общем способствует сносу и накоплению снега в местах, где по тем или иным причинам скорости ветра резко убывают и снежная масса попадает в защищенные от дальнейшего ветрового воздействия условия. Существенное место в перемещениях высокогорного снега, как и сезонного, принадлежит также снежным лавинам — обрушивающимся по наклонным поверхностям массам снега. Они играют большую роль как в питании ледника, так и вообще в гидрологическом режиме горной территории.

В горах, на склонах с определенными уклонами, допускающими накопление снежных масс до некоторых пределов, по достижении критической мощности снежной толщи происходит обрушение снежных масс в более низкие и более пологие места. Таким образом, снежные лавины связаны с условиями горного рельефа и климата: выпадением значительных осадков в виде снега, накоплением их во всевозможных отрицательных формах поверхности (карах, цирках, логах), наличием лоткообразных участков на склонах с благоприятными уклонами (25—50°), отсутствием древесной и кустарниковой растительности, способствующей удержанию снега и др.

Снежные лавины в Киргизии представляют распространенное явление. Так, подразделениями Гидрометеорологической службы Киргизии за последние 4—5 лет зарегистрировано только вне областей питания ледников около 900 случаев схода лавин, причем в ряде случаев объем сошедших лавин исчислялся миллионами кубических метров [76]. Так, в бассейне р. Кёкёмерен в феврале и марте 1959 г. сошли лавины с объемами по 15 млн. м^3 [77]. Лавины зафиксированы на хребтах Киргизском, Таласском, Чаткальском, Ферганском, Алайском, Кугартском, Сусамырском, Молдотау, Терскей-Алатау и др. Они наблюдаются в период ноябрь — июнь при особенной интенсивности их весной, в феврале — марте. В бассейнах, питающих ледники, лавинная деятельность продолжается круглый год.

Динамическими факторами, вызывающими сход лавин, являются перегрузка склонов за счет поступления новых масс снега или ослабление связей в снежной толще в результате атмосферных воздействий. Отмечается решающее значение для схода лавин следующих условий [77].

1. Периодически повторяющиеся обильные снегопады и метели, создающие значительную перегрузку склонов снегом и приводящие

к сходу лавин наиболее распространенного вида — лавин из свежевыпавшего снега. Такие лавины могут достигать исключительно больших размеров.

2. Перекристаллизация снега и возникновение горизонтов разрыхления в снежной толще.

3. Температурное сокращение снега и разрушение связей в нем в результате резких колебаний температуры воздуха.

4. Образование горизонтов разрыхления в снежной толще вследствие значительных оттепелей осенью и особенно весной. Это приводит к сходу так называемых мокрых лавин.

5. Водонасыщение снежной толщи за счет выпадения на нее в весеннее время жидких осадков. Следствием этого так же может явиться сход мокрых лавин.

Снежные лавины, наряду с ледниками, представляют один из важных видов разгрузки горных склонов от избытков влаги в твердом виде. Особенно это относится к высокогорной зоне. Снежные лавины способствуют перемещению масс снега к ледникам с включением их в общий баланс ледников или просто в более низкие зоны, лежащие ниже климатической снеговой линии и характеризующиеся более интенсивным таянием. В последнем случае они образуют снежники, таяние которых происходит более или менее длительное время.

Следует отметить, что снежные лавины в горах могут представлять большую опасность для дорожных, жилых и всевозможных иных сооружений и для жизни людей, оказавшихся в лавиноопасных районах. По оценке М. П. Щербакова [116], лавиноопасные участки составляют 42% всей территории Киргизии. Ударная сила зарегистрированных лавин доходила до 30 т/м^2. Это весьма показательно как для распространенности, так и для разрушительного эффекта снежных лавин в Киргизии. В связи с этим при проектировании, строительстве и эксплуатации высокогорных объектов возможности образования снежных лавин должны быть тщательно изучены и обеспечены необходимые меры защиты.

Вполне понятно, что в зависимости от территориального изменения совокупности климатических и рельефных условий изменяется и интенсивность лавинной деятельности. Для оценки интенсивности лавинной деятельности М. П. Щербаковым [116] предложен показатель, представляющий по существу многолетний модуль схода лавин

$$L = \frac{\Sigma W}{FT} \text{ м}^3/\text{км}^2\text{год},$$

где L — показатель интенсивности лавинной деятельности; ΣW — объем всех сошедших за расчетный период лавин, м^3; F — площадь бассейна, км^2; T — продолжительность расчетного периода в годах.

Согласно этому показателю, М. П. Щербаковым в пределах Киргизии выделено пять лавинных районов. Район наиболее интенсивной лавинной деятельности, характеризующийся значениями $L > 1000$ м^3/км^2 год, представляют склоны Чаткальского и Пскем-

ского хребтов в их северо-восточной части (включая южные склоны Таласского хребта между Чаткальским и Пскемским хребтами), склоны Атойнокского хребта и Ферганского хребта в их северо-западных частях, южные склоны Киргизского и Таласского хребтов, обращенные к Сусамырской впадине. Юго-западная часть Чаткальского хребта составляет район со значениями $L=500\div1000$ м^3/км^2 год. Далее следует район с $L=300\div500$ м^3/км^2 год, включающий склоны Таласского и центральной части (на запад от р. Аламедин и начала среднего течения р. Западного Каракола) Киргизского хребтов. К следующему району с $L=100\div300$ м^3/км^2 год относятся многие участки Внутреннего Тянь-Шаня, южная часть Центрального Тянь-Шаня, склоны хребтов Кунгей- и Заилийский Алатау, северные склоны Терскей-Алатау в его восточной части (к востоку от р. Тосор), северо-восточные склоны Ферганского хребта и юго-западные склоны этого хребта в бассейнах рек Каракульджа и Тар. Ряд участков Внутреннего Тянь-Шаня, Центрального Тянь-Шаня, участок юго-западных склонов Ферганского хребта в бассейне р. Яссы и склоны Алайского, Туркестанского и Заалайского хребтов образуют район малой интенсивности лавинной деятельности ($L<100$ м^3/км^2 год). Территории межгорных долин безопасны в лавинном отношении.

Снежные лавины, сход которых осуществляется на определенных формах рельефа, в последующем сами выступают как формообразующий фактор. Они выполняют большую работу по углублению лавинного лога, выносят материалы разрушения горных склонов и создают аккумулятивные формы в виде холмов и конусов выноса. На рельефообразующую деятельность снежных лавин обращает внимание Н. В. Пучкова [91].

Сезонный снежный покров. Бóльшая часть атмосферных осадков в Киргизии выпадает в виде снега, который ниже климатической снеговой линии образует сезонный снежный покров, стаивающий в течение последующего летнего полугодия. Подавляющая часть стока рек Киргизии обязана как раз таянию сезонного снега. Условия и размеры накопления сезонного снега, естественно, различаются по территории: растягиваются или сокращаются сроки залегания снега, возрастают или убывают размеры образующихся к концу периода запасов снега.

В связи с высотной закономерностью поступления тепла на земную поверхность, с увеличением высоты, т. е. с поднятием по горным склонам вверх, период с отрицательной температурой и с залеганием снежного покрова постепенно увеличивается. Если у подножий горных хребтов в окраинных межгорных долинах он может составлять лишь 2—4 месяца, то на уровне климатической снеговой линии, на высоте примерно 4000 м, он растягивается до года. Различная продолжительность периода залегания снега на разных высотах сказывается и на размерах образующихся запасов снега и на доле твердых осадков в годовой сумме осадков. С ростом высоты количество твердых осадков будет интенсивно возрастать,

и не только относительно, по доле в годовой сумме осадков, но и абсолютно. Последнее связано с тем, что общее количество осадков, как отмечалось в главе I, вверх по горным склонам увеличивается. Основные запасы сезонного снега поэтому оказываются приуроченными к верхним частям горных склонов. Очевидно, выше климатической снеговой линии весь объем годовых осадков практически будет приходиться на твердые осадки.

На формирование запасов сезонного снега влияют, кроме высотных, горизонтальные закономерности. Общее количество атмосферных осадков по территории Киргизии, как было сказано выше, убывает с запада на восток. В том же направлении убывает и относительная доля зимних осадков в их годовой сумме: чем дальше на восток, тем бо́льшая часть осадков приходится на летний период. Все это приводит к тому, что наибольшей мощности сезонный снежный покров достигает на склонах западной ориентации западных хребтов Тянь-Шаня.

Характер залегания сезонного снега своеобразен. Вслед за прекращением снегопада начинается перераспределение выпавшего снега: снег сдувается ветром, обрушивается лавинами с крутых участков склонов и собирается в отрицательных формах рельефа. В результате распределение снега по площади становится весьма неравномерным и сложным.

Местами наибольшего скопления снега служат определенные формы горного рельефа. Таковы пригребневые участки гор, на которых с подветренной стороны образуются снежные карнизы, всевозможные углубления на поверхности горных склонов, кары и цирки, а также различные ложбины, днища узких долин и ущелий, защищенные от ветрового сноса какими-нибудь укрытиями участки широких горных долин. Такие скопления снега, приводящие к образованию снежников, могут достигать значительных размеров в плане и большой вертикальной мощности. Отмечались снежники и 20-метровой мощности [112]. Таяние таких снежников продолжается длительное время, растягиваясь на несколько месяцев, а для наиболее мощных — и на все летнее время, и играет несомненно существенную роль в образовании стока.

Благодаря такому весьма неравномерному характеру залегания снега сезонная снеговая линия (как, впрочем, и климатическая) не имеет какого-либо достаточно ясного и четкого выражения и представляет из себя резко ломаную или волнистую линию. Как более или менее прямая линия она может быть получена лишь в результате осредненного представления, например по принципу преобладающей покрытости снегом поверхности выше этой линии.

Для относительно низких окраинных межгорных долин (Прифергапье, Чуйская и Таласская долины), а также некоторых внутренних долин (Кочкорская, западная часть Иссык-Кульской) сплошной и устойчивый снежный покров нехарактерен: в связи с малым количеством снега и периодическим стаиванием его еще зимой он представляет здесь лишь эпизодическое явление, появляясь после

снегопадов и исчезая полностью или частично в последующее потепление.

Для зоны, лежащей выше климатической снеговой линии, характерно накопление масс снега и льда и последующее их обрушение, сползание и стекание с неизбежным при этом изменением из года в год общих запасов снега и льда в бассейнах. В отличие от этой зоны, для сезонного снега характерно накопление и полное стаивание в течение годичного цикла всей массы снега, изменчивость из года в год размеров накопления и примерное соответствие им (примерное потому, что необходимо считаться с переменным значением испарения со снежного покрова) объема стаявшей воды.

Сезонный снег, как и ледники, даже в еще большей степени, если рассматривать всю территорию Киргизии, является важнейшим фактором влагооборота и образования стока. В связи с этим его изучение и учет представляют очень нужное и ответственное дело.

Озера. Озера в Киргизии пользуются значительным распространением. Обращает внимание большое разнообразие озер. Здесь и крупнейшее по объему воды озеро Средней Азии и, множество очень малых озер; озера и тектонического, и экзогенного происхождения, и высокогорные и долинные. Все эти озера тесно связаны с поверхностными и подземными водами территории и или служат приемниками стока, или оказывают на него известное регулирующее влияние.

Озера Киргизии могут быть подразделены прежде всего на большие и малые. Такое подразделение в данном случае одновременно с морфологической характеристикой будет выражать и генезис озер, и основные черты их режима и водного баланса.

Крупных озер в Киргизии всего три: Иссык-Куль, Сон-Куль и Чатыр-Куль. Они занимают низкие части одноименных межгорных котловин Тянь-Шаня и являются по происхождению тектоническими образованиями.

Озеро Иссык-Куль (горячее озеро; названием, по-видимому, обязано многочисленным термальным источникам в окружении озера, в особенности на юго-востоке от него) — крупнейшее озеро Киргизии, представляет собой во многих отношениях весьма примечательное явление. Располагаясь на северо-востоке республики в центральной части одноименной котловины, в окружении хребтов Кунгей-Алатау (с севера) и Терскей-Алатау (с юга) и их отрогов, озеро имеет в общем слаборасчлененную, массивную форму с длинной осью, вытянутой в востоко-северо-восточном направлении. Длина озера 177 км при наибольшей ширине 57 км. Площадь зеркала воды составляет 6332 км². Отметка уровня воды равна 1609 м. Озеро отличается большими глубинами. Максимальная глубина достигает 702 м, средняя глубина составляет 279 м. Благодаря таким большим глубинам (в этом отношении оно уступает в Евразии лишь оз. Байкал и Каспийскому морю) озеро заключает в себе огромный объем воды — 1732 км³.

Если оз. Иссык-Куль сравнить с другими крупными озерами Средней Азии — Аралом и Балхашом, то оказывается, что Иссык-Куль, уступая по площади зеркала Аральскому морю в 11 раз и оз. Балхаш почти в три раза, превосходит их по глубине в десятки раз (максимальная и средняя глубины Аральского моря составляют 69,5 и 16,4 м, оз. Балхаша — 16,4 и 6,13 м). Именно благодаря огромному превосходству в глубинах по объему заключенной в нем воды оз. Иссык-Куль является первым озером всей Средней Азии, превосходящим более чем в полтора раза Аральское море и в 10 раз оз. Балхаш.

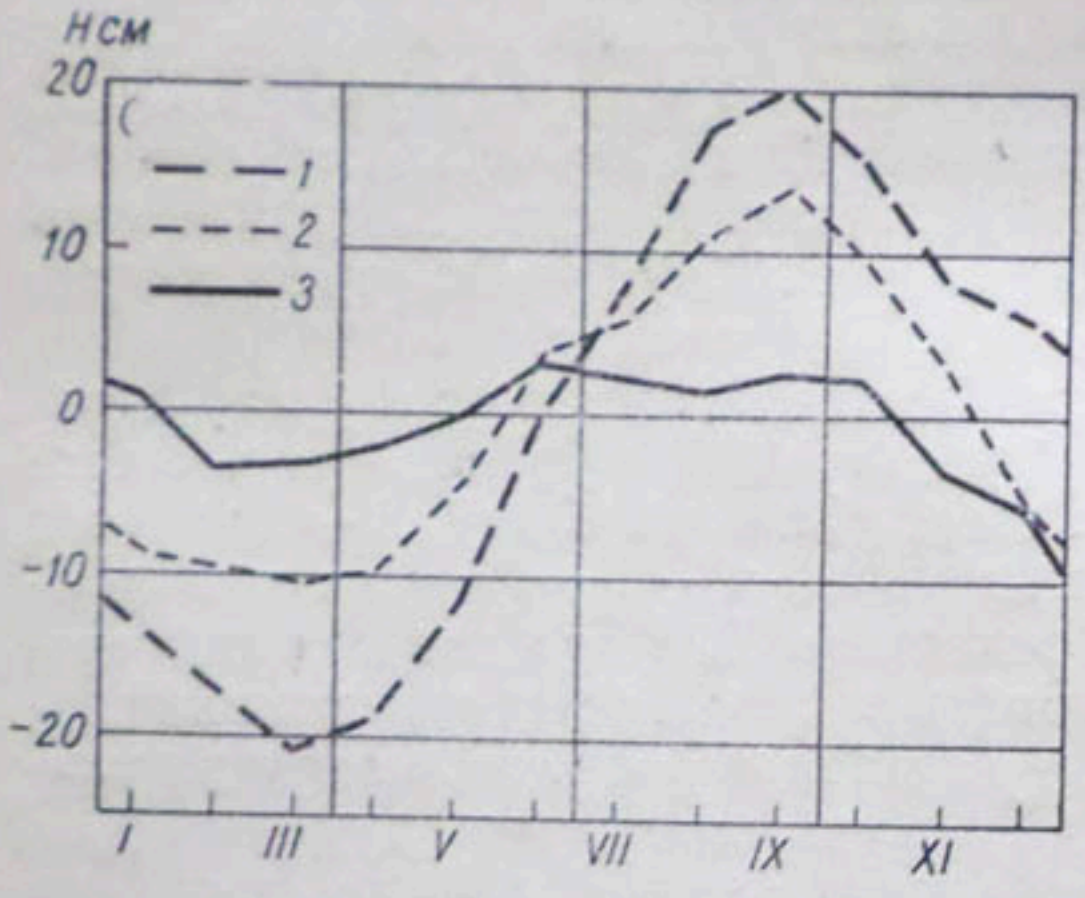

Рис. 5. Сезонные колебания уровня воды оз. Иссык-Куль.

1 — многоводный (1956), *2* — средний (1952), *3* — маловодный (1927) годы.

Озеро Иссык-Куль питается за счет притока воды от многочисленных рек, стекающих со склонов Кунгей- и Терскей-Алатау, а также атмосферными осадками, выпадающими на его поверхность, долю которых в общем приходе вод в озеро В. Л. Шульц [108] оценивает очень высоко: в 32%. Озеро имеет солоноватую (5,82‰) воду. Иссык-Куль не дает стока, вода, таким образом, расходуется лишь на испарение с поверхности озера, которое достигает весьма значительных размеров и по имеющимся данным может быть оценено величиной около 950 мм в среднем за год.

Наличие большой сосредоточенной массы воды делает озеро незамерзающим. Льдом покрываются лишь заливы и некоторые участки прибрежья.

Озеро Иссык-Куль оказывает воздействие на климат прилегающей территории, сглаживая температурный режим и увеличивая осадки в восточной части котловины.

Ветровые волны на озере отмечены высотой до 2,5 м. Наблюдаются также сейши и другие виды волнения.

Уровень воды в озере подвержен сезонным и многолетним колебаниям. Сезонные колебания характеризуются минимумом в феврале — марте и последующим повышением вплоть до достижения максимума, наступающего в августе — сентябре, затем понижением уровня до минимального состояния. Общая амплитуда сезонных колебаний уровня составляет около 0,5 м. Эти колебания соответствуют внутригодовому ходу поступления в озеро речного стока

и атмосферных осадков (с некоторым отставанием для максимума), которые представляют приходные элементы уравнения водного баланса озера. Примеры сезонных колебаний уровней озера за ряд характерных лет показаны на рис. 5, взятом из работы М. Н. Хейфеца [106].

Сведения, имеющиеся по многолетним колебаниям уровня озера начиная с 1910 г. (рис. 6 [106]) показывают картину значительного, в общем одностороннего спада. Общее снижение уровня за период с 1910 по 1963 г. составило 2,9 м. На протяжении всего этого периода, конечно, наблюдались и небольшие повышения и понижения различной интенсивности.

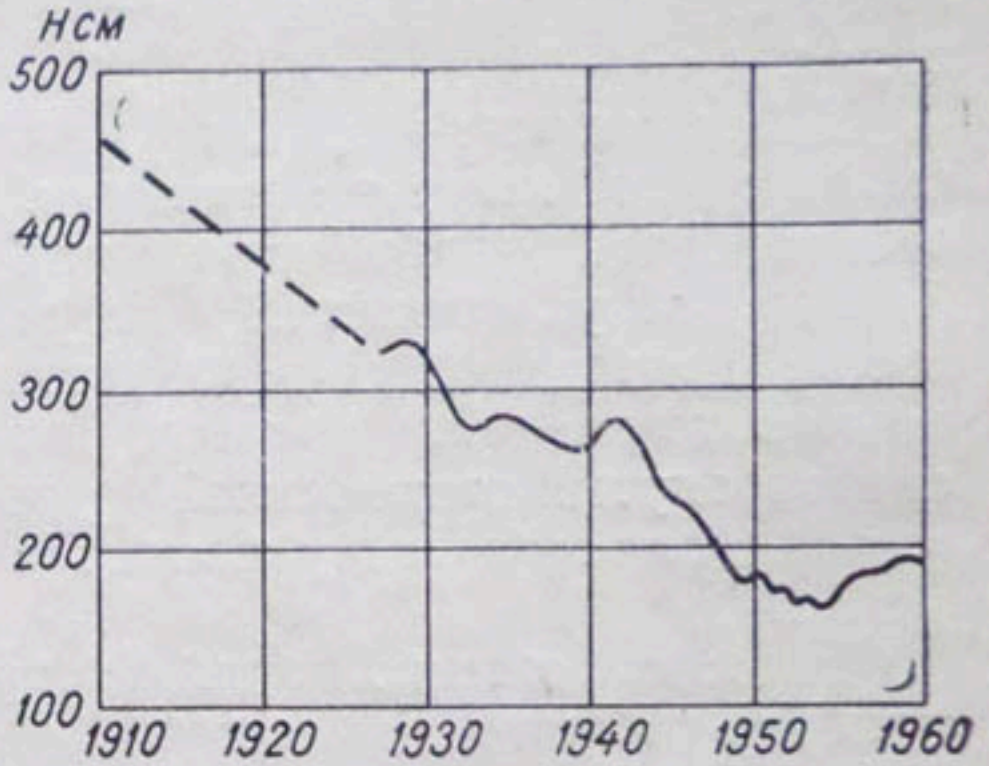

Рис. 6. Многолетние колебания уровня воды оз. Иссык-Куль.

Поисходящее в последнее время понижение уровня озера несомненно является показателем ухудшения условий увлажнения водосборной территории. Но как было отмечено выше в отношении наблюдающегося в последние десятилетия отступания ледников, этого недостаточно для заключения о длительном одностороннем характере процесса. Изменения размеров оледенения и объема воды оз. Иссык-Куль следует рассматривать как проявление одной из фаз периодических колебаний климата относительно его некоторого среднего состояния и усилением деятельности человека.

Конечно, связь многолетних колебаний уровня озера с поступлением атмосферных осадков, а также поверхностного и подземного стока несомненна. Но нужно иметь в виду, что связь, о которой идет речь, по своему характеру является многолетней. Как показал В. И. Коровин на примере озер Балхаш и Алакуль [62], хотя отдельные годичные отклонения метеорологических явлений от их средних многолетних значений и не оказывают значительного влияния, длительные или часто повторяющиеся с одним и тем же знаком отклонения обусловливают соответствующие существенные изменения уровней крупных озер.

Вторым озером Киргизии, сильно уступающим по размеру оз. Иссык-Куль, является озеро Сон-Куль. Оно характеризуется следующими показателями: длина 28 км, наибольшая ширина 18 км, площадь зеркала воды 292 км^2, максимальная глубина около 14 м, объем воды 2,92 км^3. Это высокогорное озеро с отметкой уровня воды 3014 м, занимающее центральную часть одноименной впадины. Питается озеро рядом небольших рек, стекающих с окружающих его гор, а сток из озера осуществлялся через р. Кекджер-

ты, впадающую в р. Нарын. Вода в озере пресная. Ледостав держится с конца сентября до конца мая, а отдельные льдины — до конца июня. Берега озера, преимущественно низкие и слабоизрезанные, заболочены и покрыты тростником.

Третьим из числа крупных озер является озеро Чатыр-Куль. Это также высокогорное озеро, бессточное, располагающееся на высоте 3530 м и питающееся за счет впадающих в него небольших рек. Озеро и бассейн его находится в обособленной западной части Аксайской долины. Максимальные размеры зеркала озера составляют 23 и 10 км. Вода озера пресная, в мелких заливах солоноватая.

Все остальные озера Киргизии, оцениваемые общим числом в несколько сот, являются малыми. Они сосредоточены в основном в высокогорной зоне, на высотах свыше 2000 м и, особенно, свыше 3000 м. Как указывает В. Л. Шульц [108], в низкогорной зоне интенсивная эрозионная деятельность не благоприятствует образованию озер. В то же время в высокогорной зоне еще немало территорий, слаботронутых современной эрозией: троговых долин и сыртовых нагорий с плоской поверхностью и малыми уклонами, богатых озерами.

Озера собственно горных территорий имеют пресную воду, могут быть сточными и бессточными. В чистом виде здесь нет бессточных озер: озера без поверхностного стока имеют подземный сток.

Как указывалось выше, для Киргизии характерны небольшие озера. Так, в бассейне р. Нарына насчитывается 14 озер с площадью зеркала воды более 0,5 км², а общая площадь всех 229 малых озер (не считая оз. Сон-Куль) оценивается в 34 км². На склонах гор, окружающих Ферганскую долину (Кураминский, Чаткальский, Ферганский, Алайский и Туркестанский хребты), по сведениям И. А. Ильина [37], имеются 104 озера, в отношении размеров которых показательно следующее распределение:

Площадь озера, км²	>1	1,0—0,5	0,5—0,2	<0,2
Количество озер	3	5	9	87

Наиболее распространенный тип озер — моренные и завальные озера. Моренные озера, образующиеся в углублениях волнистого моренного рельефа, широко представлены на востоке и юге Внутреннего Тянь-Шаня и в Центральном Тянь-Шане на сыртовых поверхностях, лежащих на высотах свыше 3000 м и характеризуемых древне-моренным рельефом. Наряду с моренными озерами здесь имеются и озера-старицы на широких и пологих участках речных долин. Несмотря на высокоприподнятое положение сыртовых нагорий, геоморфологические условия здесь благодаря плоскому строению поверхности близки во многом к равнинным. Моренные озера располагаются в верховьях многих рек, как имеющих, так и лишенных современного оледенения. В число этих озер входит озеро у конца ледника Петрова, от которого берет начало один из

истоков р. Нарына. Это озеро, опоясывающее подножие ледника на 1,5 км в длину при средней ширине в 0,6 км, с другой стороны ограничивается конечной мореной. Бóльшую часть года озеро покрыто льдом, да и летом здесь плавают льдины, отрывающиеся от ледника.

Завальные озера, образующиеся перед плотинами из осыпающихся крупно-фракционных материалов выветривания, приурочены к участкам долин с крутыми склонами, сложенными интенсивно разрушающимися породами. Сток из таких озер может осуществляться одновременно как подземным, так и поверхностным путем. В горных долинах развиты также озеровидные расширения рек, возникающие на пологих участках продольного профиля. Отложение речных наносов на таких участках приводит не только к раздроблению рек на рукава, но иногда служит причиной образования и озерных расширений.

Наряду с моренными и завальными озерами встречаются озера карстового происхождения. Таковы озера в районе г. Нарын [8] и некоторые озера в горном окружении Ферганской долины.

Конечно, не все озера горной области экзогенного происхождения, здесь имеются также озера, в образовании которых участвовали как экзогенные, так и эндогенные силы. К числу последних можно отнести озера, возникшие в горных долинах в результате мощных обвалов, вызванных современными тектоническими движениями. Таково, по-видимому, происхождение руслового оз. Сары-Челек в бассейне р. Карасу (правая). Это озеро примечательно тем, что при умеренных горизонтальных размерах (длина вдоль русла 6,4 км и максимальная ширина 1,8 км, площадь зеркала 5 км^2), его глубина доходит до 244 м. Объем воды в озере оценивается в 456 млн. м^3 [37]. Среди естественных озер Киргизии это озеро по крупности очевидно может быть поставлено на четвертое место.

Для озер горной области характерна ускоренная эволюция: их возникновение, развитие и отмирание совершаются в весьма быстром темпе. В связи с этим картографические и литературные сведения об озерах порой оказываются устарелыми или недостаточно точными [108, 37].

Как можно заключить из сделанного обзора, запасы воды в малых озерах незначительны, и в этом отношении роль их как резервуаров воды невелика. Гидрологическое значение озер горной области ограничивается регулированием стока, причем роль озер трудно выделить из общего комплекса грунтового регулирования стока. Можно полагать, что в общем случае она относительно невелика.

Наряду с естественными должны быть упомянуты и искусственные озерные образования. К ним относятся такие, уже созданные в ирригационных целях водохранилища, как Орто-Токойское, Базар-Курганское, Алаарчинское, а также ряд других, небольших по размерам. Орто-Токойское водохранилище служит для сезонного регулирования стока р. Чу: в зимнее полугодие происходит накопле-

ние воды при полном прекращении ее оттока, в летнее — использование накопленных запасов и транзитный пропуск летних расходов Водохранилище образовано в русле р. Чу в ее верхнем течении, в Орто-Токойском расширении долины, и подпирается плотиной 56-метровой высоты. Емкость водохранилища составляет около 500 млн. м³. Значение его в смысле рационального использования ресурсов стока р. Чу для ирригации чрезвычайно велико.

Базар-Курганское водохранилище на р. Тентяксай является наливным, т. е. внерусловым. Емкость действующей первой очереди составляет 20 млн. м³. Такого же типа Алаарчинское водохранилище емкостью в 40 млн. м³ в Чуйской долине, питающееся стоком р. Аламедин.

В настоящее время начаты работы по сооружению Токтогульского водохранилища на р. Нарын, с более чем 200-метровой плотиной и емкостью в 19,5 млрд. м³, или 19,5 км³. Вместе с другими водохранилищами Токтогульское призвано обеспечить многолетнее регулирование стока р. Сыр-Дарья в целях его наиболее рационального использования для орошения земель, освоенных в сельскохозяйственном отношении или подлежащих освоению на всей обширной площади бассейна этой реки. Энергетическая часть Токтогульского комплекса принесет в энергосистему Средней Азии большое количество исключительно дешевой электроэнергии — при Токтогульском водохранилище возводится ГЭС мощностью в 1200 тыс. квт.

Токтогульское водохранилище, имея в семь раз больший объем воды, чем оз. Сон-Куль, после завершения строительства станет вторым, после Иссык-Куля, озером Киргизии.

В стадии проектирования находится сооружение ряда других крупных и средних водохранилищ. Ведется подготовка к сооружению Кировского водохранилища на р. Талас, в районе с. Кировского, емкостью около 600 млн. м³.

Число искусственных озер Киргизии в связи с выполнением намеченных больших работ по регулированию стока несомненно будет увеличиваться. Одновременно будет расти и значение изучения гидрологии озерных образований, в особенности искусственных.

Болота и заболоченные земли. Общая площадь, занятая в Киргизии болотами и заболоченными землями, называемыми здесь сазами, согласно имеющимся данным [50], невелика и составляет лишь около 60 тыс. га, или 0,3% всей площади республики. Они представлены обычно небольшими массивами и пятнами, распространенными в широком диапазоне высот как в собственно горных, так и в долинных районах. Их возникновение и существование находится в связи с общими гидрологическими, геологическими и географическими условиями территории.

Образование болот и заболачивание свойственно таким участкам, где сток поверхностных и грунтовых вод испытывает затруднения или где происходит выход выклинивающихся подземных вод на поверхность. Условия затрудненного стока широко представлены

в высокогорной зоне, в верховьях горных рек, при близком залегании водоупоров, в том числе и в виде вечномерзлых грунтов, и малых уклонах поверхности, в троговых долинах, в карах и цирках, на сыртовых нагорьях. Наглядную картину стекания и заболачивания в рассматриваемых условиях дает Д. И. Исаев [50], по наблюдениям которого «на дне кудуков заметны бьющие струи воды, выбрасывающие зерна песка, сверкающие на дневном свете».

Выходы подземных вод на дневную поверхность часто имеют место и в горных течениях рек, образуя небольшие заболоченные участки и полосы в местах подсклонового выхода подземных вод и в понижениях относительно расширенных и пологих участков горных долин, но особенно сильно они развиты в межгорных долинах, где заболачиванию подвергаются довольно значительные площади слившихся конусов выноса горных рек и саев по низким речным террасам и в других благоприятствующих местах. Таковы, например, болотные массивы в Чуйской и Таласской долинах.

Заболачивание присуще также отдельным участкам побережий крупных озер, таких, как Иссык-Куль, Сон-Куль.

Подземные воды. Многочисленные признаки указывают на широкое и повсеместное распространение и большую мощность подземных потоков воды как в горных районах, так и межгорных долинах Киргизии, на их тесную связь с поверхностными водными объектами и потоками. Достаточно здесь напомнить наличие по всей территории республики значительного числа озер, в том числе бесприточных и бессточных, заболоченных участков и массивов, выходов грунтовых вод в виде ключей и родников; существование зимнего стока рек, в том числе на небольших горных реках, в то время, когда поступление вод на поверхность горных склонов практически полностью отсутствует и единственно возможным источником питания могут быть подземные воды. К этому можно добавить наличие характерных явлений изменения руслового стока на отдельных участках по длине рек в сторону его сокращения или увеличения, которые нельзя объяснить поверхностным притоком или оттоком.

Действительно, полученные в настоящее время сведения о подземных водах горных водосборов, горных и межгорных долин подтверждают наличие значительных запасов подземных вод и их большую роль в формировании и режиме поверхностных вод Тянь-Шаня. Формирование самих подземных вод происходит как в областях горных склонов и долин, так и в межгорных долинах. Они образуются в результате инфильтрации талых и дождевых вод, а в межгорных долинах к этому добавляется и фильтрация русловых вод в зонах конусов выноса, а также фильтрация из ирригационных каналов и оросительных вод с орошаемых площадей.

Подземные воды в горных районах сосредоточены в развитых здесь всевозможных рыхлых наносных и покровных образованиях, отмеченных в главе I, а также представлены трещинными водами палеозойских толщ. Характерным для этих районов является залегание подземных вод выше уровня местной гидрографической сети,

благодаря чему здесь осуществляется полный возврат подземных вод на протяжении известного времени в русловую сеть в нижнем конце водосборов.

В пределах межгорных долин как наиболее значительные выделяются подземные воды аллювиальных отложений современной гидрографической сети и подземные воды предгорных образований древних и современных конусов выноса.

Ниже вопросы формирования и закономерностей подземного стока будут рассмотрены более подробно.

Реки. Главное место среди водных объектов Киргизии естественно принадлежит ее рекам. Именно на их долю приходится значительная часть водооборота территории и с ними в первую очередь связаны удовлетворение народно-хозяйственных потребностей в воде и энергия текучих вод.

Возникновение основных рек Тянь-Шаня относится к концу третичного времени и носит черты орографической и тектонической обусловленности: крупные реки следуют по дну межгорных котловин и долин, а горные реки стекают по продольным и поперечным долинам, соответствующим линиям тектонических разломов. Конец палеогена и начало неогена ознаменовались активизацией тектонических процессов, раздроблением всей территории на участки, которые подверглись энергичным вертикальным движениям. Эти движения к концу неогена и началу четвертичного периода приобрели такой размах, что начался рост гор, которые прежде, при менее значительных поднятиях, успевали выравниваться в результате интенсивных денудационных процессов. Межгорные территории заполнялись обломочным материалом, в обилии поступавшем с поднимающихся гор, что привело к спуску существовавших в межгорных котловинах озер и появлению рек. Таким образом, в общих чертах возник современный облик Тянь-Шаня и вместе с тем образовались и основные элементы современной гидрографии, в том числе и реки.

В последующем, на протяжении четвертичного периода, орографический и гидрографический облик территории подвергался постепенным изменениям. Продолжались тектонические движения, менялись климатические условия, степень оледенения гор, изменялись и отдельные участки первоначального рисунка речной сети.

И. А. Ильин [37], рассматривая изменения гидрографии Ферганской долины, отмечает вызвавшие эти изменения тектонические процессы четвертичного периода: восходящие движения осевых частей горных хребтов и опускание центральной части Ферганской котловины, образование молодых складок — адырных гряд — по периферии Ферганской долины. Эти движения привели к тому, что одни реки пропиливали поднимающиеся гряды и сохранили свое направление, другие же, не успевая за поднятием гор, вынуждены были изменить свое течение, а в некоторых случаях переходили вообще к соседним водосборным системам. И. А. Ильин приводит и другие случаи гидрографических изменений.

Изменения гидрографической сети продолжаются и в настоящее время. И, конечно, в этом процессе участвуют не только эндогенные, но и экзогенные силы. В частности, большое место здесь занимает водная эрозия. Достаточно упомянуть такие свидетельства современных изменений гидрографии, как встречающиеся в горных бассейнах висячие брошенные долины, по которым прежде пролегали устьевые участки притоков основных горных рек, стекающих по хорошо разработанным поперечным долинам. Такие брошенные долины образовались и образуются в местах, где долина притока в силу тектонической обусловленности следует нормально к главной долине, а перед впадением в нее круто, под прямым углом, поворачивает и лишь затем выходит к главной долине. В местах крутого поворота поток энергично подмывает вогнутый склон долины и процесс этот заканчивается прямым прорывом в главную долину с образованием узкого ущелья, увеличением уклона потока, новым оживлением эрозии. Нижняя часть долины притока, лежащая ниже места прорыва, при этом обращается в висячую останцовую долину. В качестве примера можно назвать такие останцовые долины в водосборах рек Аламедин и Алаарча, а допрорывную стадию подобного развития можно наблюдать хотя бы на водосборе р. Соколук; упомянутые реки находятся на севере Киргизии. Схема подобных прорывов изображена на рис. 7.

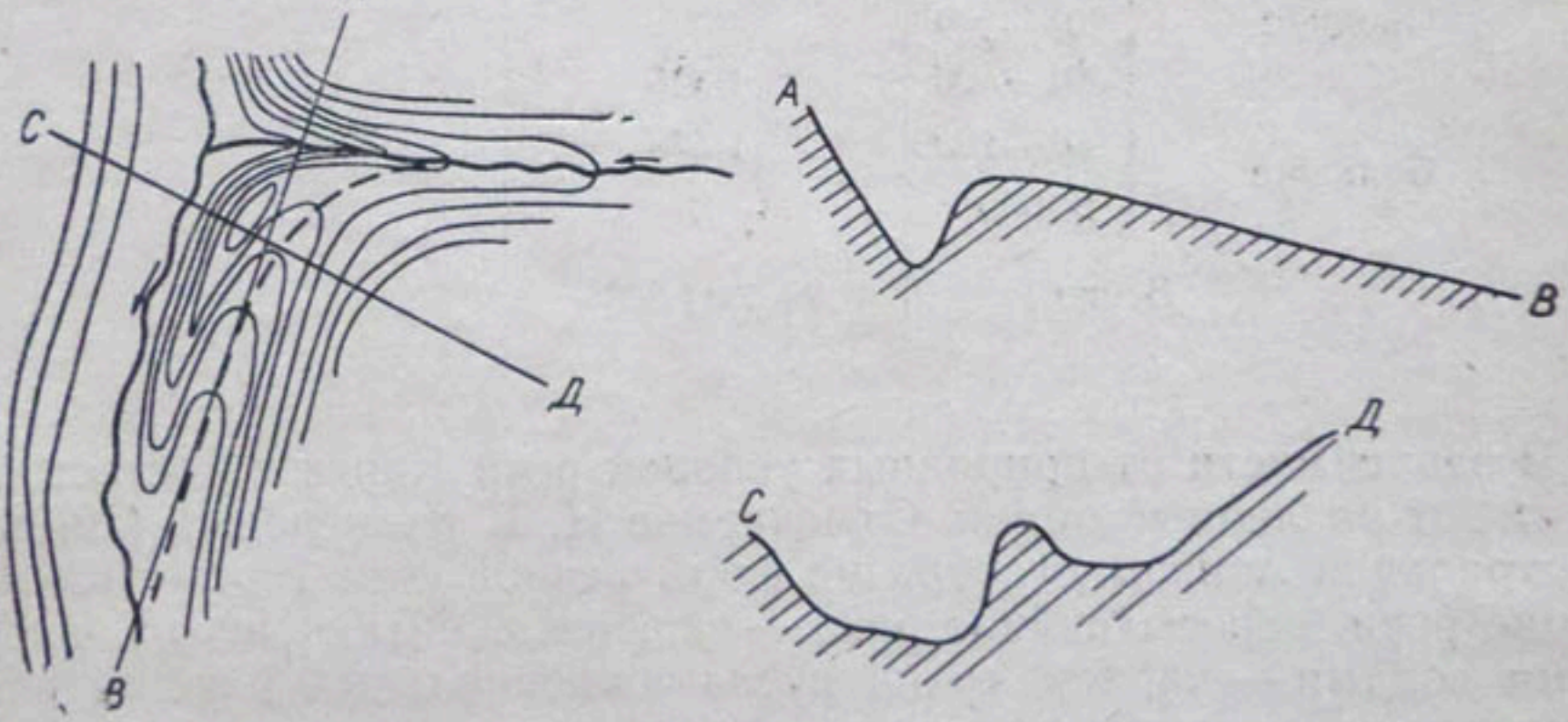

Рис. 7. Схема спрямления нижних течений притоков, параллельных основной реке, с образованием брошенных висячих долин.
Прерывистой линией показано прежнее течение притока, горизонталями — рельеф.

Говоря об изменениях и развитии гидрографии, нельзя не отметить и искусственного преобразования гидрографии в интересах народного хозяйства. Эти изменения как в собственно горных условиях, так и в условиях крупных межгорных долин в настоящее время выдвинулись на первое место не только по быстроте, но также по мощи и размаху производимых преобразований.

Для общей характеристики рек Киргизии в табл. 4, согласно данным Гидрометеорологической службы Киргизской ССР, приводятся сведения о численности и суммарной длине рек Нарынского бассейна по различным градациям крупности. Как следует из этих сведений, подавляющее большинство рек (99%) являются очень малыми, длиной не более 25 км. По суммарной протяженности доля этих рек заметно снижается (82%), а роль средних и больших рек (длиной свыше 100 км) становится вполне ощутимой (6%).

Таблица 4

Численность и суммарная протяженность рек бассейна р. Нарына

Градация рек по длине, км		Количество рек и их протяженность	
		рек/км	% по бассейну
Самые малые	<10	9331/20 868	94/60
	10—25	523/7766	5/22
Малые	26—50	85/2881	1/8
	51—100	20/1367	0/4
Средние	101—200	6/998	0/3
	201—300		
	301—500	1/345	0/1
Большие	501—1000	1/578	0/2
	>1000		
Всего		9967/34 803	

В зависимости от природных условий реки Киргизии естественно имеют различный облик. Отмечаемое Н. Т. Кузнецовым [70] для Центральной Азии многообразие форм речной сети (постоянно текущие реки, пересыхающие реки — саи, реки, питающиеся подземными водами,— карасу, сухие русла аллювиальных равнин, реки искусственного происхождения — оросительные каналы, приобретшие черты естественных водных потоков) целиком относится и к Киргизии. В то же время все эти многообразные формы могут быть объединены в два главных типа, каждый из которых характеризуется значительной общностью гидрографических и гидрологических условий. Это горные и равнинные реки, или, точнее, горные и равнинные (имея в виду в основном именно реки с постоянным стоком и значительной протяженностью участки рек.

Горные реки берут начало в верхних частях водосборов, вблизи ледников и снежников. В зависимости от географических условий, высотного положения и геологического строения территории истоки

рек имеют различный характер. Ими, например, служат сырты высокоприподнятые, слаботронутые современной эрозией древние денудационные поверхности с холмистым или волнистым рельефом, обилием ледниковых отложений, распространением озер и заболоченных участков, вечномерзлыми грунтами и неглубоким уровнем грунтовых вод. Реки, образующиеся здесь, как, например, Большой Нарын, Малый Нарын и их притоки, в пределах таких поверхностей имеют невыраженные долины, извилистые и дробящиеся на рукава русла.

Другие реки образуются в высокогорной зоне путем слияния в одно русло ручьев, вытекающих из ледников и снежников. Обилие в высокогорных долинах рыхлых моренных и осыпных материалов приводит к тому, что реки, вытекающие из ледников и снежников, нередко вскоре пересыхают или заканчиваются бессточными озерками, или реки вообще возникают на некотором удалении от скоплений льда и снега. Таковы, например, истоки реки Майлису (юго-западные склоны Ферганского хребта). Здесь насчитывается девять небольших ледников суммарной площадью в 3,2 км^2 [37]. Высокогорные долины, примыкающие непосредственно к этим ледникам, заняты моренами и осыпями, и вся эта наиболее возвышенная часть водосбора не образует поверхностного стока. Имеющиеся здесь ручьи исчезают в озерах и обломочных нагромождениях. Вся масса талых и дождевых вод в этой, верхней, зоне поглощается легкопроницаемыми грунтами и обращается в подземный сток; поверхностный сток появляется лишь ниже этой бессточной зоны.

Реки, водосборы которых не выходят за снеговую линию, берут начало из родников, выходящих из под осыпей в верхних частях водосборов.

Из сказанного об истоках рек можно заключить, что талые и дождевые воды уже здесь трансформируются в русловой сток при большом участии подземного регулирования, частично или полностью проходя стадию подземного стекания в рыхлых моренных, осыпных и других толщах.

В строении речных долин наблюдается большое разнообразие. Распространенные типы долин — щели и ущелья V-образные, трапецеидальные, ящикообразные. На различных участках течения реки характер долины обычно существенно меняется. Общий плановый вид долин — четкообразный. Участки широких и просторных долин с относительно пологим и ровным дном чередуются с участками суженных, V-образных или даже щелевидных долин, пролегающих в местах прорыва через сближения гор и их отрогов.

Чередование таких разнохарактерных участков долин типично для горных рек Киргизии, и этим участкам свойственны различные условия стекания. Так, р. Большой Нарын, протекая в верхнем и среднем течениях по сыртовым поверхностям и широким трогообразным долинам, разбиваясь местами на рукава и меандрируя в низких и заболоченных берегах, ниже впадения притока Улан вступает в тесное и крутопадающее ущелье, которое заканчивается

после впадения р. Айрасу. Так же и р. Малый Нарын после ровной широкой долины, местами доходящей до 5 км в поперечнике, после поворота на юг в нижнем течении 25-километровым узким труднопроходимым ущельем прорывается между хребтами Джетым и Нура в Средне-Нарынскую впадину на соединение с р. Большим Нарыном. Это ущелье, называемое Капчигай, местами сужается до 200 м и менее как понизу, так и поверху. Такая смена расширенных и суженных участков долины характерна вообще для долин всех рек Киргизии. Морфологические показатели долин и их участков самые разнообразные. Ширина долин может измеряться как километрами, так и метрами, глубина может быть и небольшой и достигать сотен метров.

В расширениях долин, в благоприятных условиях уменьшенных уклонов, большое развитие получают аллювиальные отложения, принесенные реками. Эти отложения (галька, гравий, песок) обладают значительной емкостью и поглощают часть руслового стока, обращая ее в подземные воды. В нижних частях таких расширений подземные воды, подпираемые коренными породами, выходят на поверхность в виде родников, выклиниваются в русло, заболачивают местность. В результате русловой сток снова восстанавливается.

В некоторых случаях такие расширения долины, заполненные аллювиальными отложениями, имеют большие размеры и оказывают очень сильное воздействие на процессы стока. Особенно это относится к тем случаям, когда расширения долин приходятся на межгорные впадины, как, например, на реках Атбаши, Алабуга, Чу и многих других.

Река Атбаши, протекающая в верхнем течении по достаточно широкой и неглубокой долине, минуя глубокое 10-километровое ущелье Босого, прорезанное рекой на сближении Атбашинского хребта и Нарынтау, выходит в Атбашинскую впадину и в среднем течении следует по широкой, достигающей 6 км, террасированной долине с пойменным галечным дном и малыми уклонами. Здесь река, извиваясь и дробясь на рукава, теряет бо́льшую часть своего стока на просачивание в галечное русло. Русловой сток восстанавливается лишь в нижней части широкой долины, ниже с. Атбаши, где в русло реки и на заболачиваемую пойму выходят подземные воды. Далее, после впадения следующего с запада притока Каракуюн, река резко поворачивает на север и прорезая горы Каратау каньоном 80-метровой глубины, суживающимся местами до 3 м, выходит в Средне-Нарынскую впадину и вливается в р. Нарын.

Истоки р. Алабуги лежат на склонах хребтов Джамантау, Торугарт и Ферганского. Множество рек и ручьев, стекающих с этих хребтов, выходят в Арпинскую долину, представляющую огромную чашу с пологими склонами, заполненную рыхлым галечно-песчаным материалом выноса рек. Неудивительно, что здесь, в условиях интенсивной инфильтрации, реки лишаются своего стока, и их русла большую часть года остаются сухими. В нижней части впадины подземные воды, подпираемые сближающимися отрогами Джаман-

тау и Ферганского хребта выходят на поверхность, образуя многочисленные родники и сазовые болота, площадь которых составляет около 10 км². Поступление подземных вод приводит к очень быстрому восстановлению стока реки. Пройдя глубоким прорывным ущельем между ограничивающими Арпинскую впадину горными отрогами, река выходит в Средне-Нарынскую впадину, где долина снова приобретает открытый характер. Здесь, в верхней части этой широкой долины, простирается зона потерь руслового стока, а в нижней части — зона выхода подземных вод и увеличения руслового стока.

Наличие крупных расширений речных долин, подобных тем, которые имеются у рек Атбаши и Алабуга, как и у многих других рек Киргизии, расширений, сложенных аллювиальными отложениями, в которых значительная часть руслового стока переходит в подземный, а затем восстанавливается, оказывает огромное воздействие на процессы речного стока. При этом резкость колебаний стока сглаживается, паводковый сток снижается, меженный — повышается. Такие участки речных долин, будучи приурочены к межгорным впадинам, представляют, по существу, огромные хранилища подземных вод и естественные регуляторы стока. Действительно, сток рек, долины которых пересекают межгорные впадины, отличается высокой степенью зарегулированности.

Поймы рек Киргизии представляют прерывистые образования, исчезающие в сужениях долин и появляющиеся при их расширениях по одной или обеим сторонам рек. Это обычно ровные, слабонаклонные к реке нижние террасы галечно-валунного строения в верхних течениях рек и галечно-песчаного — в нижних. В расширениях долин поймы более развиты, представляют широкое поле, по которому поток блуждает, разбиваясь на отдельные рукава. У таких рек, как Чичкан, Узунахмат, Онарча ширина пойменной полосы достигает 500—800 м, у р. Атбаши в одноименной впадине —2 км, а у р. Нарына в Кетмень-Тюбинской впадине — 6—7 км. В период высоких вод пойма может частично заливаться. В обычное время это местами заболоченные, с выходами подземных вод, слегка заросшие травяной и кустарниковой растительностью поверхности с серией сухих брошенных русел.

Строение русел также отличается большим разнообразием. Ширина, глубина, характер берегов, извилистость, устойчивость и сложение русла подвержены большой изменчивости как на одной реке, так и на разных реках. Для верховьев рек и крутопадающих участков характерны слабовыраженные валунные русла с наличием порогов и водопадов.

В прорывных ущельях русла сужаются, глубины и скорости течения возрастают. Так, р. Атбаши, имеющая в среднем течении в межень корытообразное русло с обрывистыми или пологими берегами высотой 0,5—1 м, шириной до 50—60 м, глубиной в 0,5—1 м и скоростью течения 1—2 м/сек. в нижнем течении, в прорывном ущелье, на некоторых участках сужается до 3 м; глубины возрастают,

скорость потока доходит до 6—7 м/сек. Для расширений долины свойственны широкие, галечно-песчаные извилистые русла с несколько русел. Даже на такой крупной реке, как Нарын в Средне-Нарынской впадине, в районе с. Куланак, глубины многочисленных протоков, на которые поток разбивается, и скорости течения в них таковы, что здесь возможны броды.

При впадении небольших рек в более крупные, при выходе рек в широкие долины образуются конусы выноса, по которым русло также может разбиваться на ряд неустойчивых рукавов. На уча-

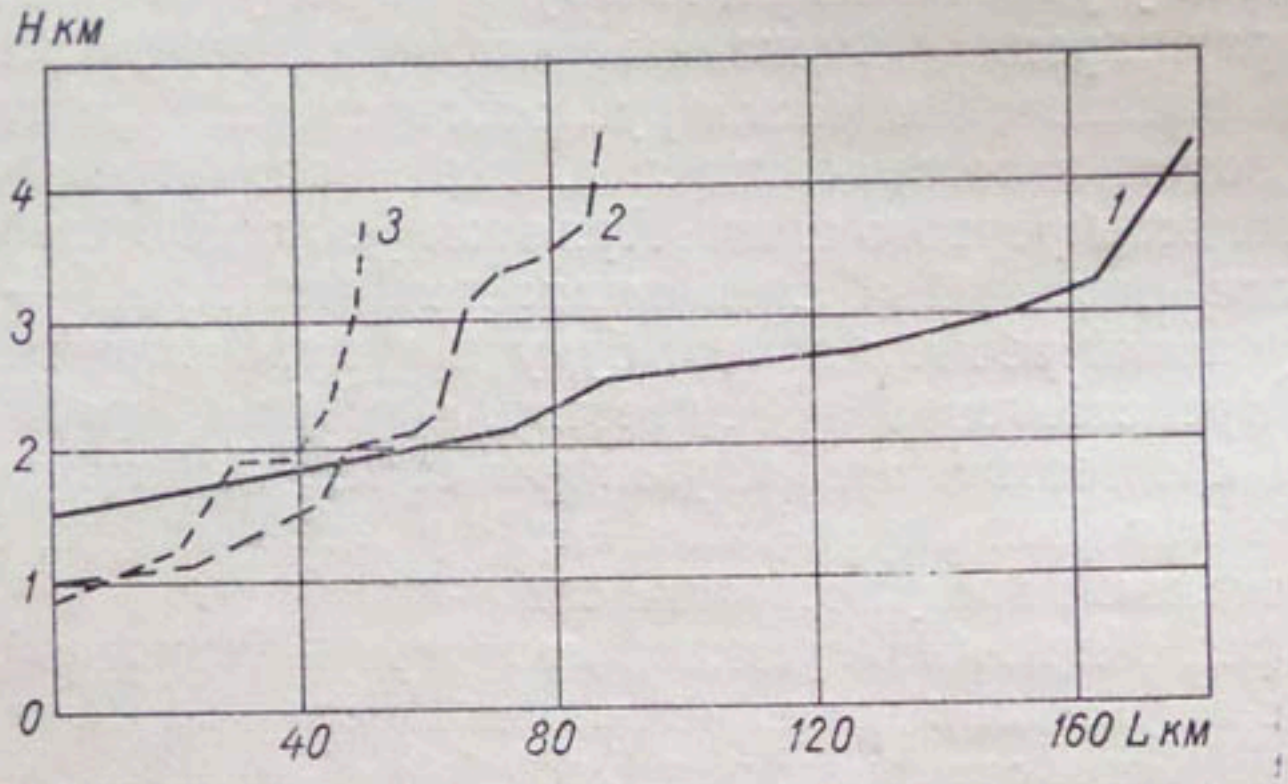

Рис. 8. Примеры распределения уклонов по длине рек:

1 — Алабуга, *2* — Исфайрам, *3* — Ходжаата (Карасу правая).

стках с неустойчивым руслом при прохождении значительных паводков русла испытывают резкие деформации, приводящие к существенным их изменениям в плане и профиле.

Русла не подвержены зарастанию. Ледовые условия отличаются большой сложностью. Наряду с верховыми участками и участками со спокойным течением, где река может промерзать до дна или покрываться льдом, на крутопадающих участках ледовые явления ограничиваются заберегами, донным льдом, шугой, возникающими местами ледяными мостами и перемычками. Ниже участков интенсивного поступления подземных вод благодаря отепляющему воздействию последних ледовые явления на значительном протяжении практически отсутствуют.

Уклоны дна горных рек значительны. Для основных рек горной области в среднем по всей их протяженности характерны уклоны 0,01—0,06‰. Но если рассматривать изменение уклонов по длине рек, по участкам течения, то обнаруживается ступенчатое строение продольных профилей: пологие участки долины чередуются с крутопадающими. Крутые участки приурочены к сужениям долин, к прорывным ущельям, пологие — к широким долинам или расши-

рениям долин. Как это видно из рис. 8, уклоны таких участков могут быть и очень большими, и очень малыми. В связи с такой изменчивостью уклонов, обусловленной факторами геологического и геоморфологического порядка, находится общий характер речного потока, строение долины и русла, проявление процессов эрозии и аккумуляции.

Густота речной сети в Киргизии характеризуется величиной, несколько большей 0,50 км/км². Для сравнения можно сказать, что для Сырдарьинского бассейна, куда входит и бóльшая часть территории Киргизии, она равна 0,24 км/км².

До сих пор речь шла в основном о более или менее значительных реках горной территории. Особо отмеченными заслуживают быть и небольшие реки предгорной полосы, так называемые саи. Эти реки имеют постоянный или периодический сток; водосборные площади, равные нескольким квадратным километрам, сосредоточены в небольшом диапазоне высот, начиная с подошв передовых горных поднятий. Склоны обычно частично заняты травянистой растительностью, частично оголены. Такие условия неблагоприятны для накопления значительных запасов снега, но весьма благоприятны для формирования ливневого стока. Этим и определяется селевой режим таких саев; они практически из-за их многочисленности представляют в настоящее время главные очаги селевой опасности для культурных земель и населенных пунктов в межгорных долинных территориях.

В заключение следует сказать, что в пределах межгорных долин серьезное значение приобретает искусственная гидрография — развитая сеть всевозможных ирригационных каналов. Достаточно сказать, что суммарная протяженность этих каналов составляет в Киргизии внушительную величину в 25 тыс. км [78]. Среди них имеются такие мощные артерии, как большие Чуйские каналы, способные нести расходы до 50—60 м³/сек. и протянувшиеся на многие десятки километров. Эти каналы существенно преобразили естественную гидрографию долин: создали новые реки, сильно ослабили или совсем лишили стока многие прежние реки. Без учета искусственной гидрографии и создаваемого ею перераспределения стока нельзя понять современную гидрологию межгорных долинных территорий.

Глава III

ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ БАССЕЙНЫ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Реки Киргизии, если их рассматривать в широком плане, в рамках всей Средней Азии, могут быть отнесены к трем внутренним, бессточным, бассейнам этой территории: к бассейну Аральского моря и примыкающих к нему обособленных бессточных территорий (76,5% всей площади республики), к бассейну р. Тарим (12,4%) и к бассейну озера Иссык-Куль (10,8%). Очень небольшая часть

территории Киргизии (0,3%), располагающаяся к востоку от Иссык-Кульского бассейна, дает сток в сторону оз. Балхаш.

Бассейн Аральского моря в пределах Киргизии распадается на ряд самостоятельных бассейнов, характеризующихся в определенной мере различными географическими и гидрологическими условиями. Поэтому более полное гидрографическое подразделение Киргизии следующее: бассейн р. Нарына, бассейн рек Приферганья, бассейн р. Чаткал, бассейн р. Кызылсу (амударьинской), бассейн р. Тарим (включающий бассейны рек Сарыджаз, Чонузенгетуш, Аксай и Коксу и оз. Чатыр-Куль), бассейн оз. Иссык-Куль (включая на востоке небольшой участок бассейна оз. Балхаш, обособление которого практически не имеет смысла), бассейн р. Чу и бассейн р. Талас (сюда относится и прилегающий на западе небольшой участок бассейна р. Асса).

Нарынский бассейн. Это крупный бассейн, вытянутый в широтном направлении, с максимальным расширением в средней части, занимающий центр республики — Внутренний Тянь-Шань без юго-восточной окраины. Нижние притоки Нарына со своими бассейнами [р. Карасу (правая) и ряд других мелких притоков] по сходству природных условий правильнее относить к Ферганскому бассейну, который пересекает и сама р. Нарын. Границы Нарынского бассейна в таком его виде будут проходить по водораздельным гребням хребтов Акшийрак, Борколдай, Джанги-Джер, Атбаши, Торугарт, Ферганский, по отрогам Ферганского и Атойнокского хребтов, включая водосбор р. Карасу (левая) и исключая водосбор р. Карасу (правая). Далее она проходит по Атойнокскому, Чаткальскому, Таласскому и Киргизскому хребтам, по хребтам и отрогам Джумгалтау, Сон-Куль-Тау, Кара-Джорга, Уч-Эмчек и переходит к Терскей-Алатау. На долю Нарынского бассейна в рассматриваемых контурах приходится свыше четверти всей территории республики. Площадь его составляет 53 тыс. км^2.

Вполне понятно, что при столь больших размерах бассейна природные условия в различных частях его подвержены значительной изменчивости. Высокогорные условия, целиком господствующие в восточной части бассейна, с ее могучими, сильно оледененными хребтами, сыртовыми нагорьями и троговыми долинами, постепенно к центральным и западным частям бассейна сменяются среднегорными. В этом отношении показательны следующие сведения. Если средневзвешенные высоты бассейнов составляют для р. Большого Нарына 3770 м и р. Малого Нарына 3500 м, то для р. Атбаши она снижается до 3050 м, для р. Алабуга — до 3020 м, для р. Узунахмата — до 2370 м; для всего Нарынского бассейна средневзвешенная высота в связи с значительным снижением высот частных бассейнов к западу равна лишь 2860 м. Если площади, лежащие выше уровня 4000 м, составляют в бассейне р. Большого Нарына 24% всей площади бассейна, а в бассейне р. Малого Нарына — 14%, то для бассейнов рек Атбаши и Алабуга они уменьшаются до 7%, а для всего Нарынского бассейна — до 5%. Из этого следует, что несмотря на

внутреннее положение бассейна в Тянь-Шаньской горной системе в соответствии с сосредоточением наиболее высоких хребтов с наиболее значительным оледенением на востоке и по северным и южным окраинам этой страны Нарынский бассейн уже в среднем своем течении, вскоре после слияния Большого Нарына и Малого Нарына, начинает терять характер явно выраженного высокогорного бассейна.

В Нарынском бассейне находится ряд крупнейших рек Киргизии. Главная река бассейна — Нарын, самая большая из киргизских рек, имеющая протяженность около 600 км, считая от слияния рек Большого Нарына и Малого Нарына, откуда река получила свое название, и до слияния с р. Карадарья, и около 800 км, считая от истоков Большого Нарына. Принимая большое число крупных и малых притоков (до 130 рек), последовательно несущих сток межгорных впадин Внутреннего Тянь-Шаня, Нарын постепенно обращается в главную водную артерию, не имеющую себе равных в Киргизии. Многолетние средние годовые расходы, составляющие после впадения притока Кекджерты (при общей площади водосбора 14 900 км^2) 106 м^3/сек., в устье р. Кекирим (при общей площади водосбора 34 600 км^2) увеличиваются до 207 м^3/сек., а при выходе в Ферганскую долину достигают уже 400 м^3/сек., ниже по течению превосходя и эту величину. До устья р. Кекирим распределение стока по месяцам характеризуется максимумом в июле и минимумом в январе — феврале. Многолетний средний июльский расход для устья р. Кекирим составляет 445 м^3/сек., январский — 86,4 м^3/сек. В пункте Карасуйская максимум приходится на июнь (943 м^3/сек.), минимум — на декабрь (100 м^3/сек.).

За исток р. Нарына принято считать исток р. Кумтор, берущей начало на высоте 3730 м, на самом востоке Внутреннего Тянь-Шаня, из озера, к которому обрывается ледник Петрова, один из крупнейших ледников Тянь-Шаня. Река Кумтор и ее притоки представляют собой спокойные потоки, часто дробящиеся на рукава, протекают по местности, мало тронутой эрозией, в окружении сыртового и трогового ландшафтов с древними и современными моренными отложениями и заболоченной поверхностью. После впадения притока Арабель река называется Тарагай, а после впадения р. Карасат именуется уже Большим Нарыном. Большой Нарын на значительном протяжении сохраняет характер широкого и спокойного потока, принимает притоки Восточный Каракол, затем Улан. После этого в виде типичной горной реки с большим падением прорывается по ущелью в Средне-Нарынскую впадину и сливается с Малым Нарыном, протекающим в условиях, сходных с Большим Нарыном, в таком же прорывном ущелье в нижнем течении.

Большой Нарын и Малый Нарын — весьма значительные реки. Их протяженность соответственно составляет 188 и 144 км, площади водосборов — 5710 и 3870 км^2, а многолетние средние расходы воды 48,3 и 43,0 м^3/сек. Максимальные средние месячные расходы в многолетнем разрезе приходятся на июль (Большой Нарын — 119 м^3/сек.,

Малый Нарын — 125 м³/сек.), минимальные — на январь (Большой Нарын — 13,7 м³/сек.) и февраль (Малый Нарын — 7,90 м³/сек.).

В пределах Средне-Нарынской впадины р. Нарын протекает в широких долинах, имея вид спокойного потока и дробясь местами на рукава. Приняв здесь ряд притоков, наиболее значительными среди которых являются реки Атбаши и Алабуга, Нарын по 50-километровому ущелью достигает Тогуз-Тороуской впадины. После впадения притока Кекирим река узким 40-километровым ущельем прорывается через горы на север, принимает приток Кёкёмерен, снова течет в широтном направлении и выходит в Кетмень-Тюбинскую впадину. Здесь река вновь разбивается на рукава и образует широкую пойму, достигающую 5—7 км в поперечнике. После впадения притоков Чичкан и Узунахмат Нарын течет в юго-западном направлении и 100-километровым ущельем между Ферганским и Атойнокским хребтами выходит в Ферганскую долину, принимая на этом участке приток Карасу (левая), а затем, уже в Приферганье, Карасу (правая).

Самым значительным притоком р. Нарына является Кёкёмерен. Это правобережный приток с разветвленным бассейном. В створе ниже впадения р. Джумгол площадь бассейна составляет 8440 км², а многолетний средний расход воды — 80,3 м³/сек. Наибольший месячный расход проходит в июне (215 м³/сек.), наименьший — в марте (29,7 м³/сек.). Устьевой расход реки (полная величина бассейна — 10 360 км²) несомненно больше. По имеющимся сведениям, он может быть оценен в 98 м³/сек. [13]. Таким образом, Кёкёмерен после Нарына, Карадарьи и Сарыджаза является четвертой по водоносности рекой Киргизии.

Истоки р. Кёкёмерен лежат в Сусамырской и Джумгальской впадинах, на склонах Таласского, Киргизского, Джумгальского и других хребтов. В Сусамырской долине протекают, направляясь навстречу друг другу, реки Сусамыр и Западный Каракол, следуя в низких заболоченных берегах и местами распадаясь на ряд протоков. Слияние этих рек и образует Кёкёмерен. Последняя, следуя в юго-восточном направлении узким и глубоким ущельем, прорывается в Джумгальскую впадину, где принимает левобережный приток Джумгол, также протекающий в заболоченных берегах с востока на запад и юго-запад, вдоль одноименной долины. Далее Кёкёмерен, вновь пересекая узким ущельем горы, выходит к Нарыну и сливается с ним.

Одним из крупных притоков Нарына является р. Атбаши, берущая начало в виде рек Джангиджер и Улан со склонов Нарынтау и хребта Борколдай. В среднем течении река разбивается на рукава и протекает в заболоченных берегах по широкой долине Атбашинской впадины. Приняв с юго-запада приток Каракуюн, река узким и глубоким ущельем в виде стремительного горного потока пересекает в северном направлении горы Кара-Тау, выходит в Средне-Нарынскую впадину, где и впадает в р. Нарын. Протяженность реки 180 км, площадь бассейна 5540 км², многолетний средний рас-

ход воды равен 33,2 м³/сек., июньский — июльский (максимальный месячный) — 47,6 м³/сек., февральский — мартовский (минимальный месячный) — 23,9 м³/сек.

Река Алабуга, являющаяся так же как и Атбаши крупным левобережным притоком Нарына, берет начало со склонов Атбашинского хребта, вблизи истоков р. Каракуюн, стекающей в противоположную сторону. В верховьях река носит название Арпа и течет в западном направлении по одноименной впадине в заболоченной местности. Прорвавшись ущельем между Ферганским хребтом и хребтом Джамантау, река под названием Алабуга следует в широкой долине на северо-восток и впадает в р. Нарын. Протяженность реки 180 км, площадь бассейна 5791 км². Средний многолетний расход составляет свыше 29 м³/сек. [13].

Довольно значительны и реки Чичкан и Узунахмат, являющиеся правыми притоками р. Нарына и впадающие в него в нижнем конце Кетмень-Тюбинской впадины, всего на расстоянии 1 км друг от друга. Это горные реки, стекающие с южных склонов Таласского хребта и лишь в нижних течениях, по выходе в Кетмень-Тюбинскую впадину, приобретающие характер равнинных рек. Протяженность р. Чичкан оценивается в 80 км с лишним при площади бассейна 1260 км² и среднем многолетнем расходе 19 м³/сек. По имеющимся сведениям, длина р. Узунахмат достигает 90 км, площадь бассейна 1790 км², а многолетний средний расход составляет 29,5 м³/сек.

Остальные притоки Нарына в сравнении с рассмотренными менее значительны, хотя будучи многочисленными, они, конечно, играют немалую роль в общем водном балансе бассейна. Среди них следует упомянуть реки Онарча, Джергитал, Кекджерты (вытекает из оз. Сон-Куль), Куртка, Актала, Терек, Кекирим, Торкент, Карасу (левая) и др. Один из главных притоков Нарына — р. Карасу (правая), отнесенная к Приферганскому бассейну, здесь не рассматривается.

Воды р. Нарына и ее притоков используются для орошения прилегающих удобных для сельскохозяйственного возделывания земель, рассредоточенных по всем межгорным впадинам бассейна. Относительно крупные массивы орошаемых земель находятся в Средне-Нарынской, Атбашинской, Джумгальской и Кетмен-Тюбинской впадинах. Общая площадь орошаемых земель исчисляется в 226 тыс. га. Для орошения этих земель используется лишь небольшая часть наличного стока. За вычетом этой небольшой величины сток бассейна частично используется для орошения в Узбекистане, Таджикистане и Казахстане и частично идет на неиспользуемый сброс в Аральское море. В настоящее время решается задача регулирования стока и использования гидроэнергетических ресурсов бассейна.

Приферганский бассейн представляет киргизскую часть Ферганской депрессии, имеет подковообразный вид и охватывает почти всю (за исключением Кураминского хребта) горную, а отчасти и предгорную периферию этой депрессии: полностью все простира-

ние обращенных к центру депрессий склонов Чаткальского, Ферганского, Алайского и Туркестанского хребтов и местами неширокую полосу предгорий. Приферганский и Нарынский бассейны входят в большой бассейн Сырдарьи, второй из двух крупнейших рек Средней Азии, являясь головными частями последнего. В то же время они сильно отличаются как по обособленному гидрографическому строению, так и по своим гидрологическим и природно-ландшафтным условиям, что делает целесообразным их разделение на два самостоятельных бассейна.

По величине площади водосбора, составляющей около 58 тыс. км², Приферганский бассейн превосходит Нарынский и является первым бассейном Киргизии (на долю этих двух бассейнов вместе приходится бóльшая половина поверхности республики). По суммарному стоку своих рек он стоит на первом месте среди всех гидрографических бассейнов [при этом сток самого Нарына, за исключением стока р. Карасу (правая) и других притоков в нижнем течении Нарына, не включается в расчет стока Приферганья]. В отличие от Нарынского и всех остальных бассейнов республики, за исключением Иссык-Кульского и Таримского, здесь нет главной реки, которая служила бы общим коллектором стока для всего бассейна. Реки бассейна, стекая концентрически со склонов, окружающих Ферганскую долину горных хребтов и фактически или потенциально являясь притоками Карадарьи, Нарына или Сырдарьи, остаются самостоятельными в пределах Киргизии (по существу, они и в последующем самостоятельные, поскольку в результате потерь воды на фильтрацию и забор в ирригационные каналы эти реки в большинстве своем пересыхают и теряются, не доходя до Сырдарьи, Нарына и Карадарьи). Общее число рек, выходящих из горного окружения в Ферганскую долину, превышает 100.

Чаткальский хребет, представляющий северное обрамление Ферганской долины, в общих масштабах Тянь-Шаня невысок и лишь отдельные вершины поднимаются до 4000 м на западе и до 4500 м на востоке. Характеризуется плоскогорным строением на западе и островерхим — на востоке. Из числа рек, стекающих с этого хребта, значительными являются реки Гавасай, Кассансай и Падшаата. Но и они сравнительно небольшие, со средними многолетними годовыми расходами в 7,0—9,0 м³/сек.

Наиболее крупной здесь является река Карасу (правая), отличающаяся сильно разветвленным бассейном и впадающая в р. Нарын. Образующие ее реки в верхних течениях протекают по глубоким ущельям, собирая воды со склонов Чаткальского и Атойнокского хребтов. В средних и нижних течениях они текут в широких долинах в окружении низкогорного ландшафта с мягкими формами рельефа, мощным почвенным покровом и богатой лесной, кустарниковой и травяной растительностью. Протяженность главной реки достигает 70 км. Площадь бассейна составляет 2740 км²; средний многолетний расход — 41,2 м³/сек. (при максимальном месячном расходе в мае 106 м³/сек. и минимальном — в январе 14,2 м³/сек.).

Ферганский хребет, поднимающийся на востоке долины, имеет 200-километровое протяжение и также является в общем невысоким хребтом, характеризующимся при сложном строении пологим и растянутым спуском к долине и мягкими, сглаженными формами рельефа. Сильная расчлененность присуща лишь гребневой части хребта, где много ледниковых долин и моренных нагромождений. К юго-востоку высоты постепенно возрастают, достигая 4800—4900 м. Современные ледники представлены небольшими изолированными ледниковыми образованиями без значительных областей питания. Развитие ледников и их гидрологическое значение возрастают и становятся существенными лишь в юго-восточной части хребта.

По долинам, лежащим между отрогами Ферганского хребта, стекают реки, образующие р. Карадарью. Теряя в нижних течениях воду на фильтрацию и на забор каналами, притоки в летнее время обычно не доходят до Карадарьи или ее притоков первого порядка. В связи с тем что Ферганский хребет находится в весьма благоприятных в отношении доступа влагонесущих воздушных масс условиях, склоны его получают сравнительно много осадков, а сток рек Ферганского хребта занимает существенное место в общих водных ресурсах долины и интенсивно используется для орошения прилегающих земель в Киргизии и Узбекистане.

Наиболее значительными реками здесь являются следующие. Река Майлису, потенциально являющаяся притоком р. Тентяксай, с многолетним средним расходом в створе гидрометрического поста в 8,75 м³/сек. Река Тянтяксай (Караунгур) — самая крупная среди рек северо-западной части Ферганского хребта (площадь водосбора до поста Чарвак — 1300 км²). Многолетний средний расход воды ее оценивается в 29,1 м³/сек., средний майский (наибольший месячный) 85,7 м³/сек., средний январский (наименьший месячный) 9,64 м³/сек. Река Кугарт (площадь водосбора до поста Михайловское 1010 км²) имеет средний расход в 18,3 м³/сек.

Несколько особое положение в орографическом и гидрографическом отношении занимает юго-восточная часть склона Ферганского хребта. Здесь Ферганский хребет смыкается с Алайским, высоты становятся более значительными. Средневзвешенные высоты бассейнов, составляющие 1700—2500 м для северных рек, возрастают до 2600—3000 м и более для рек юго-востока. Реки здесь образуют единый древовидной формы бассейн р. Карадарьи. Карадарья образуется от слияния рек Тар и Каракульджа, затем она принимает два наиболее значительных притока — Яссы и Куршаб. Самой крупной рекой среди образующих Карадарью является р. Тар. Она собирает воды в основном со склонов восточной оконечности Алайского хребта. Средневзвешенная высота бассейна превышает 3000 м. Площадь бассейна составляет 3840 км², из них 57,7 км² занято ледниками. Выше снеговой линии (4200 м) находится 190 км² [37]. Средний многолетний годовой расход равен 45,7 м³/сек. Наиболее значи-

телен сток в июне, средний многолетний расход 118 м³/сек., наименьший сток наблюдается в феврале (12,5 м³/сек.).

Река Каракульджа имеет узкий бассейн, вытянутый широтно, располагающийся на склонах Ферганского хребта севернее бассейна р. Тар и характеризующийся следующими показателями: площадь водосбора 907 км², средневзвешенная высота бассейна 3250 м, ледники занимают 39 км². Многолетний средний расход реки составляет 21,5 м³/сек., максимальный средний месячный расход приходится на июнь — июль (52,7; 50,9 м³/сек.), минимальный — на февраль (5,42 м³/сек.).

Крупную реку в системе Карадарьи представляет правобережный приток Яссы, с развитым бассейном значительной площади (2620 км²) и небольшой средневзвешенной высотой (2150 м). Многолетний средний расход реки в устье составляет 34,2 м³/сек., максимальный месячный расход приходится на май 105 м³/сек.), минимальный — на январь (11,3 м³/сек.). Основными притоками Яссы являются реки Зергер, Кульдук, Донгузтау и Каратюбе. Четвертой из главных рек Карадарьинского бассейна является левобережный приток — р. Куршаб, в верховьях носящая название Гульча. Бассейн Куршаба характеризуется площадью свыше 3240 км² и средневзвешенной высотой в 2720 м (по посту Кочкор-Ата). Многолетний средний расход равен (в том же створе) 24,6 м³/сек., наибольший месячный расход проходит в июне (58,6 м³/сек.), наименьший — в феврале (10,9 м³/сек.).

Карадарья, после впадения в нее справа р. Яссы и слева р. Куршаб (устья их близки), представляет самую большую реку Приферганского бассейна и вторую реку Киргизии. Ее водосборная площадь составляет (по посту Кампыр-Рават, учитывающему киргизскую часть бассейна реки) 12 400 км², многолетний средний расход — 121 м³/сек. с максимальным месячным средним расходом в июне (295 м³/сек.) и минимальным — в феврале (43,0 м³/сек).

Алайский хребет, с северных склонов которого стекает бо́льшая часть притоков р. Тар, р. Куршаб и ряд других рек вплоть до р. Сох, является наиболее мощным хребтом в горном окружении Ферганской долины. Имея широтное направление, он протягивается на 480 км, характеризуется резкой расчлененностью и большими высотами. Преобладающими высотами в гребневой зоне являются высоты свыше 4000 м. Многие вершины поднимаются до 5000 м, а высшая точка достигает отметки 5880 м. Северный склон хребта, обращенный к Ферганской долине, отличается чередованием в поперечном направлении продольных межгорных долин и второстепенных гребней. Продолжение Алайского хребта к западу от бассейна р. Сох (горного узла Матча) носит название Туркестанский хребет. Последний по орографическому строению весьма близок к Алайскому хребту.

Наиболее значительными реками, стекающими с северных склонов Алайского хребта, наряду с реками Тар и Курбаш, являются Акбура, Аравансай, Исфайрам, Шахимардан и Сох.

Река Акбура, как и остальные реки Алайского хребта, является высокогорной, со значительным оледенением в верхней части бассейна и средневзвешенной высотой 3000 м и более. Площадь бассейна р. Акбуры (по посту Тулекен) составляет 2430 км². Многолетний средний расход воды — 21,4 м³/сек. Наиболее интенсивный сток приходится на июль (48,6 м³/сек.), наиболее низкий — на февраль (8,64 м³/сек.). В результате разбора воды каналами севернее г. Ош река пересыхает. Река Аравансай с площадью водосбора 1680 км² (в устье р. Косчан) дает многолетний расход в 10,4 м³/сек. Наибольший сток проходит в июне — июле (19,8; 21,4 м³/сек.), наименьший — в марте (5,75 м³/сек.).

Река Исфайрам в верхней части бассейна имеет значительное оледенение. Талые воды ледников зарегулированы в моренных толщах и высокогорных озерах. Площадь водосборного бассейна реки до пункта Уч-Коргон равна 2220 км², многолетний расход — 22,0 м³/сек. Наибольший месячный сток приходится на июль (50,5 м³/сек.), наименьший — на март (10,1 м³/сек.). Воды р. Исфайрам, как и других рек южного Прифергапья, полностью разбираются на орошение. Река Шахимардан (пункт Паульган) имеет водосборную площадь в 1300 км². Многолетний годовой расход воды равен 9,84 м³/сек. Максимальный месячный сток приурочен к июлю (19,5 м³/сек.), минимальный — к апрелю (5,65 м³/сек.). Сток Шахимардана сильно зарегулирован в рыхлых покровных толщах. Здесь отмечаются значительные по площадям частные бассейны, не дающие поверхностного стока в основную реку.

Крупнейшей рекой, стекающей с Алайского хребта (принимая во внимание, что р. Тар питается частично с Ферганского хребта) является р. Сох. Эта река примечательна во многих отношениях. Ее бассейн в сравнении с другими бассейнами Прифергапья является наиболее оледененным. 99 имеющихся здесь ледников занимают в общем 170 км², или почти 7% площади до поста Сары-Канда (вся площадь этого бассейна составляет 2480 км²). Это высокогорный бассейн с относительно большой долей талого ледникового стока. Многолетний годовой расход равен 41,9 м³/сек. (по посту Сары-Канда). Максимальный месячный сток проходит в июле — августе (124 и 118 м³/сек.), минимальный — в марте (10,7 м³/сек.). По выходе из гор в Ферганскую долину река образует классический по форме конус выноса.

Среди рек, стекающих со склонов Туркестанского хребта, заслуживают внимания реки Исфара и Ходжабакирган. Первая из них, при площади бассейна в 1560 км² (по посту Таш-Курган), имеет многолетний расход в 14,6 м³/сек. (месячный максимум в июле и августе — 42,9 и 43,4 м³/сек., минимум — в марте 3,93 м³/сек.), вторая, с площадью бассейна в 1740 км² (кишлак Андархан), дает многолетний средний годовой расход в 10,5 м³/сек. (максимальный месячный сток в июле — 24,4 м³/сек., минимальный в марте — 4,76 м³/сек.).

Реки Приферганья, в особенности Восточного и Южного (Ферганский и Алайский хребты), имеют огромное народнохозяйственное значение. Они наряду с р. Нарын служат для орошения такого важного земледельческого района Средней Азии, как Ферганская долина. Только в киргизской части Ферганской долины орошается около 300 тыс. га земель, а всего в Ферганской долине — свыше 1 млн. га. Здесь начиная с давних времен проложены многочисленные ирригационные каналы, в том числе такие крупнейшие и современные, как Большие Ферганские каналы. Созданные и вновь создаваемые водохранилища сделают в ближайшем будущем возможным более рациональное и полное использование водных ресурсов Приферганья, позволят повысить водообеспеченность существующих земель с оросительной сетью и освоить под орошаемое земледелие массивы новых земель.

Чаткальский бассейн раполагается на западе Киргизии между хребтами Таласским, Чаткальским и Пскемским, делится Сандалашским хребтом на две части и является, наряду с Нарынским и Приферганским бассейнами, одной из составляющих общего Сырдарьинского бассейна. Горы здесь не отличаются большими высотами, даже самые высокие вершины не превышают 4500 м. Поэтому и оледенение представлено слабо. В связи с весьма благоприятными условиями увлажнения главная река бассейна Чаткал с площади свыше 5520 км² в пределах Киргизии собирает значительный сток, оцениваемый в среднем в 85,7 м³/сек. Это одна из крупных рек Киргизии, пятая после Нарына, Карадарьи, Сарыджаза и Кёкёмерена. Месячный максимум стока приходится на июнь (многолетний средний расход 232 м³/сек.), минимум — на февраль (27,2 м³/сек.). Наиболее значительны притоки Сандалаш (площадь водосбора 1068 км², средний расход 17,4 м³/сек.) и Терс (площадь водосбора 547 км², средний расход 9,05 м³/сек.). Сток Чаткала частично идет на орошение Чаткальской долины, главным же образом используется в ирригационных и гидроэнергетических целях в Узбекистане, где слившись с Пскемом образует р. Чирчик.

Кызылсуйский бассейн (Амударьинский) представляет головной участок бассейна р. Амударьи, крупнейшей по водоносности реки Средней Азии. Вытянутый в широтном направлении бассейн располагается на юго-западе Киргизии, южнее Приферганского бассейна, включает Алайскую долину, южные склоны Алайского и северные склоны Заалайского хребтов, этих двух протяженных, высокоподнимающихся и сильно оледененных исполинов. Алайская долина — высокогорная впадина со средними высотами порядка 3000 м. Река Кызылсу собирает воды со склонов Алайского и Заалайского хребтов, стекающие к ней в виде многочисленных небольших правых и левых притоков. Площадь бассейна в границах Киргизии составляет около 9 тыс. км². Средний многолетний расход воды в реке на границе с Таджикистаном оценивается в 56 м³/сек. [9].

Таримский бассейн. К этому бассейну относятся водосборы рек Сарыджас, Чонузенгегуш, Аксай, Кёксу и оз. Чатыр-Куль, каждый

из которых в пределах Киргизии представляет изолированный гидрографический бассейн. Однако малые размеры некоторых и очень слабая гидрологическая изученность всех этих бассейнов делает целесообразным их объединение в рамках одного бассейна.

Наиболее значительным здесь является бассейн р. Сарыджас, который, имея площадь в 11 175 км² и располагаясь на самом востоке республики, в центральном Тянь-Шане, представляет область высочайших хребтов, сыртовых поверхностей и выдающихся ледников и фирновых полей. Считается, что ледниками и снежниками здесь занято около 40% поверхности. Это наиболее возвышенный и наиболее оледенелый район Киргизии. Главную реку бассейна представляет Сарыджас, которая на своем 200-километровом протяжении по Киргизии принимает ряд крупных и малых притоков (Иныльчек, Каинды, Куюкап, Учкуль, Акшийрак и др.) и образует мощную речную систему. К сожалению, гидрометеорологическая изученность бассейна очень слабая. Считается, что средний сток р. Сарыджас у государственной границы с Китаем, которую она пересекает, достигает 100—120 м³/сек. [74], а по другим данным, он составляет 105 м³/сек. [13]. Сарыджас после Нарына и Карадарьи стоит на третьем месте среди крупнейших рек Киргизии.

К юго-западу от бассейна Сарыджаса, соприкасаясь с ним, располагается сначала бассейн р. Чонузенгегуш, затем р. Аксай. Площади этих бассейнов составляют соответственно 2860 и 7953 км². Природные условия этих бассейнов близки к условиям бассейна р. Сарыджас. Эти бассейны являются продолжением сыртовой физико-географической подобласти Внутреннего Тянь-Шаня [74] с высокоподнятыми выровненными денудационными поверхностями, окруженными высокими и сильно оледененными хребтами (Кокшаал, Борколдай), и суровыми климатическими условиями.

На государственной границе с Китаем средний сток р. Чонузенгегуш оценивается в 27,2 м³/сек. и р. Аксай (Кокшаал) — в 71 м³/сек. [13].

На западе от Аксайского бассейна располагается небольшой замкнутый бассейн оз. Чатыр-Куль.

Пятая, также небольшая часть Таримского бассейна, представляющая верховья бассейна р. Кёксу (реки Кёксу, Кызылсу и Нура) лежит особняком от основной части Таримского бассейна, на востоке от бассейна Амударьинского Кызылсу. Средний сток этой реки на государственной границе с Китаем при площади бассейна в 708 км² составляет около 10 м³/сек.

Иссык-Кульский бассейн — замкнутый внутри границ Киргизии гидрографический бассейн, занимающий Иссык-Кульскую котловину. Общая площадь бассейна, составляющая около 22 000 км², близка к площади Чуйского бассейна; без учета площади поверхности оз. Иссык-Куль она равна 16 000 км². С горной периферии котловины, представленной склонами Терскей-Алатау (на юге) и Кунгей-Алатау (на севере) и их отрогами, к центру котловины, занятому озером Иссык-Куль, стекает около 80 рек. Этот бассейн,

как Ферганский и Таримский, не имеет главной реки, которая бы концентрировала сток всех рек бассейна.

В связи с тем что в этом бассейне равнинная часть, по существу, отсутствует, будучи представленной лишь узким кольцом прибрежной равнины, реки не достигают большого развития ни по протяженности, ни по водосборным площадям и мощности водного потока. Протяженность рек определяется лишь шириной горного склона, так как по выходе из гор реки вскоре впадают в Иссык-Куль. По этой же причине здесь нет условия для слияния рек и образования крупных водотоков, какие были в других гидрографических бассейнах. Для подтверждения сказанного можно сослаться на данные В. Л. Шульца [108]: здесь лишь четыре реки имеют протяженность свыше 50 км и лишь 12 рек при выходе из горной области несут расходы, превышающие 3 $м^3$/сек. При всем этом нельзя не заметить и определенных гидрографических различий внутри бассейна между его отдельными участками.

Природные условия бассейна весьма своеобразны. Орографическое строение периферии бассейна характеризуется большими высотами хребтов Терскей-Алатау, наиболее значительные из которых приурочены к участку против центральной части и против восточной оконечности озера, и Кунгей-Алатау — на участке против западной части озера. Кунгей-Алатау и главным образом Терскей-Алатау на обращенных к Иссык-Кулю склонах имеют значительное оледенение, общая площадь которого оценивается в 600 $км^2$, из которых лишь 10% приходится на долю Кунгей-Алатау и 90% — на долю Терскей-Алатау (северные склоны). Особенно интенсивное оледенение присуще названным возвышенным участкам хребтов.

В Иссык-Кульской котловине наряду с общим для всего Тянь-Шаня изменением количества осадков по вертикали по мере увеличения высоты горного склона большое значение имеет их изменение и в горизонтальном направлении. Восточная часть котловины, как отмечалось в главе I, находится в отличных условиях орошения, в то время как ее западная часть получает очень малое количество осадков.

Определенное значение для гидрографии рек бассейна имеет и то обстоятельство, что на востоке приозерная равнина достигает наибольшей ширины и наибольшего развития.

В соответствии с отмеченными особенностями географического строения и условий здесь наиболее протяженные и наиболее многоводные реки сосредоточены к востоку и юго-востоку от озера. Имеются и реки с высокогорными бассейнами, находящиеся к юго-востоку от озера и к северу и югу от его центральной части, и реки с низкогорными бассейнами, находящиеся к северо-западу и к востоку от озера.

Крупнейшую реку бассейна представляет р. Джиргалан. В верхнем течении (пост Советское) Джиргалан — небольшая низкогорная река с площадью водосбора в 250 $км^2$ и средним многолетним расходом в 4,56 $м^3$/сек. при максимальном месячном стоке в мае —

июне (11,2 и 10,8 м³/сек.) и минимальном — в феврале (1,26 м³/сек.). Она берет начало в отрогах Терскей-Алатау. Протекая значительное расстояние (общая протяженность реки около 100 км) по восточному, пологому и длинному, склону Иссык-Кульской котловины, Джиргалан в последующем принимает с левого берега ряд значительных притоков, стекающих с крутых склонов высокой части Терскей-Алатау (Тургеньаксу, Бозщук, Джергес, Аксу). Ввиду приращения площади водосбора и размеров стока за счет левых высокогорных притоков р. Джиргалан, хотя сама и продолжает течь в низкогорных условиях, тем не менее в среднем и нижнем течении приобретает черты значительной высокогорной реки. Площадь бассейна ее к устьевому посту Михайловка возрастает до 2060 км², средний многолетний сток — до 22,3 м³/сек. Максимальный месячный сток здесь приходится уже на август (45,0 м³/сек.), а минимальный — на февраль — март (12,9 м³/сек.).

Обычно высокогорная река вниз по течению превращается в менее высокогорную, порой даже низкогорную: вниз по течению реки приращение площади водосборного бассейна обычно совершается за счет площади, расположенной на более низких высотах, чем в верховьях реки. Строение бассейна р. Джиргалан противоречит этой схеме и представляет интересное и редкое отклонение от общего правила.

Остальные реки Иссык-Кульского бассейна сильно уступают Джиргалану. Второй по значимости рекой здесь является р. Тюп, которая протекает севернее Джиргалана, по самой пониженной и пологой в бассейне местности, лежащей между низкими восточными отрогами Кунгей-Алатау и Терскей-Алатау. Протяженность реки превосходит 100 км. Средний многолетний расход по устьевому посту с. Тюп равен 10,4 м³/сек., а площадь водосбора достигает 1130 км². Максимальный месячный сток проходит в мае (23,9 м³/сек.), минимальный — в январе (4,44 м³/сек.).

Ряд значительных высокогорных рек, как и притоки Джиргалана, стекают с наиболее высокой и оледененной части Терскей-Алатау на юго-востоке котловины. Река Каракол, имея площадь водосбора в 325 км², дает средний многолетний расход в 6,53 м³/сек. с наибольшим месячным расходом в июле и августе (18,2 и 17,2 м³/сек.) и наименьшим — в марте (1,66 м³/сек.). Река Джетыогуз имеет площадь бассейна в 330 км² и средний многолетний расход в 6,03 м³/сек. при максимальном месячном стоке в июле (15,3 м³/сек.) и минимальном — в марте (1,66 м³/сек.). Река Чонкызылсу собирает воды с площади в 302 км² и выносит в среднем многолетнем разрезе сток в 4,70 м³/сек. с месячным максимумом в июле (13,4 м³/сек.) и минимумом в феврале — марте (1,11 м³/сек.). Река Джууку при площади бассейна в 516 км² имеет средний расход в 6,26 м³/сек. Наиболее интенсивный сток в августе (средний расход 18,7 м³/сек.), наименее — в марте (1,65 м³/сек.).

Наряду с менее значительными реками в оз. Иссык-Куль с юга впадают высокогорные реки Барскаун и Актерек. Первая имеет

бассейн площадью 346 км² и приносит средний расход в 4,07 м³/сек. с месячным максимумом в июле и августе (12,5 и 12,7 м³/сек.) и минимумом в апреле (0,57 м³/сек.). Вторая, при площади в 596 км², имеет средний расход в 4,52 м³/сек. с максимумом в августе (7,49 м³/сек.) и минимумом в феврале (3,73 м³/сек.).

Из числа рек, стекающих в оз. Иссык-Куль с севера, заслуживает внимания высокогорная река Чонаксу с площадью водосбора в 309 км² и средним расходом 5,06 м³/сек. Наибольшие месячные расходы здесь проходят в августе (13,0 м³/сек.), наименьшие — в марте (1,80 м³/сек.).

Водами этих и других рек Иссык-Кульской котловины орошается значительный массив земель с суммарными размерами в 153 тыс. га. Эти земли находятся в полосе приозерной равнины, отчасти и во внутригорных долинах, но главным образом сосредоточены на востоке котловины, где удобный для земледелия равнинный рельеф достигает наибольшего развития.

Остается добавить, что на крайнем востоке Иссык-Кульского бассейна протекает р. Каркара, одна из составляющих р. Чарын Балхашского бассейна. Средний многолетний расход этой реки оценивается в пределах Киргизии в 10 м³/сек. [10].

Чуйский бассейн имеет сложное строение и в этом отношении напоминает Нарынский бассейн. Сюда входят Кочкорская впадина, небольшая часть Иссык-Кульской котловины, Чонкеминская долина, обширная Чуйская долина и связывающие их ущелья. Общая площадь бассейна в рамках Киргизии составляет около 20 тыс. км².

Кочкорская впадина — одна из впадин Внутреннего Тянь-Шаня площадью свыше 5 тыс. км². Она окружена хребтами Киргизским, Терскей-Алатау, Джумгальским и их отрогами, поднимающимися вершинами до 4000—4500 м. Реки, стекающие с горных склонов, на западе впадины образуют р. Кочкор с невысокогорным бассейном, а на юге и востоке — р. Джуанарык с высокогорным бассейном. Слияние этих рек и образует р. Чу.

Из рек Кочкорской впадины должны быть упомянуты также реки Восточный Каракол (средний сток — 4,75 м³/сек.), Восточный Суек (5,94 м³/сек.), Кызарт, Южный Шамси, образующие р. Кочкор, и реки Тюлек и Каракуджур (8,45 м³/сек.), образующие р. Джуанарык. Реки Кочкор и Джуанарык являются значительными реками со средними расходами в 12,6 и 11,3 м³/сек. и площадями бассейнов соответственно 2590 и 2240 км². Наибольший сток по его месячному распределению на Кочкоре приходится на июнь (средний расход 20,3 м³/сек.), на Джуанарыке — на июль (26,1 м³/сек.). Наименьший месячный расход на Кочкоре наблюдается в апреле (8,58 м³/сек.), на Джуанарыке — в январе (4,78 м³/сек.).

Река Чу в створе поста Кочкорка, перед ее выходом из Кочкорской долины, собирает воды с площади в 5370 км². Многолетний средний годовой расход ее составляет 28,1 м³/сек., максимальный сток приходится на июнь, июль и август (43,7; 44,0 и 42,9 м³/сек.).

минимальный — на апрель (18,3 м³/сек.). Характерным для Кочкорской впадины является обилие подземных вод, оказывающих сильнейшее влияние на режим стока рек.

Тесным и глубоким ущельем на стыке отрогов Терскей-Алатау и Киргизского хребта р. Чу прорывается из Кочкорской впадины в Иссык-Кульскую котловину. В середине этого ущелья в его расширении Орто-Токое ныне создано одноименное водохранилище для сезонного регулирования стока р. Чу. Пройдя по западной оконечности Иссык-Кульской котловины и приозерной равнины, на расстоянии нескольких километров от берегов озера, но не соприкасаясь с ним (еще в начале века часть Чуйских вод сбрасывалась в озеро по протоку Кутемалды), река снова вступает в ущелье (Боомское) и, разъединяя Кунгей-Алатау и Киргизский хребет, выходит в Чуйскую долину. В конце этого ущелья, перед выходом в Чуйскую долину, с правого берега впадает один из главных ее притоков — р. Чон-Кемин. Это довольно крупная река с водосборной площадью в 1890 км² и многолетним средним расходом в 21,6 м³/сек. при максимальном месячном стоке в июле и августе (средние расходы 46,3 и 43,6 м³/сек.) и минимальным — в марте (9,07 м³/сек.). Средний расход р. Чу при выходе в Чуйскую долину, после впадения р. Чон-Кемин, достигает 58,4 м³/сек.

Чуйская впадина наряду с Иссык-Кульской — крупнейшая после Ферганской впадины Тянь-Шаня. С юга она ограничена Киргизским хребтом, имеющим в особенности в центральной части вдоль Чуйской долины большие высоты и значительные площади оледенения. С северо-востока впадина окаймляется невысокими Чу-Илийскими горами. Долина, заключенная между этими горными образованиями, неширокая в начале, сильно расширяется к западу-северо-западу и понижается в том же направлении с 1300 до 500 м с небольшим в районе с. Камышановки, на границе Киргизии с Казахстаном. Будучи окраинной долиной, без каких-либо естественных рубежей Чуйская долина сливается с пустыней Муюнкум.

По выходе в Чуйскую долину река образует конус выноса, по которому на протяжении около 30 км стекает многочисленными непостоянными рукавами. Далее река собирается в одно русло, врез русла углубляется, устойчивость очертаний усиливается, характер реки постепенно приближается к равнинным потокам. Пройдя более 100 км за пределами Киргизии, в пустынях Муюнкум и Бет-Пак-Дала, река исчезает в заболоченных, покрытых камышовыми зарослями и озерами участках нижнего течения.

Со склонов Киргизского хребта и Чу-Илийских гор в Чуйскую долину стекает большое число рек. Самыми значительными и многоводными из них являются левосторонние притоки, стекающие с Киргизского хребта. Здесь следует отметить такие реки, как Шамси (с площадью горного бассейна в 457 км² и многолетним средним расходом воды в 5,02 м³/сек.), Иссыката (соответственно 546 км² и 7,06 м³/сек. с месячным максимумом в августе — 18,1 м³/сек., минимумом в марте — апреле — 3,17; 3,14 м³/сек.),

Аламедин (317 км² и 6,36 м³/сек., максимум в июле — августе — 18,4; 18,8 м³/сек., минимум в марте — апреле — 1,58; 1,60 м³/сек.), Алаарча (233 км² и 4,17 м³/сек.), Сокулук (353 км² и 5,14 м³/ сек.), Аксу 483 км² и 4,99 м³/сек.), Карабалты (577 км² и 5,26 м³/сек.), суммарный сток которых оказывается весьма существенным.

Необходимо особо отметить р. Красную. Она образуется в левобережной части долины, ниже полосы конуса выноса, в заболоченном массиве и, пройдя около 35 км параллельно р. Чу на небольшом удалении, впадает в нее. Эта река примечательна значительностью и высокой устойчивостью своих расходов (средний многолетний расход оценивается в 22,6 м³/сек.) и весьма умеренными колебаниями температуры воды. Это крупнейший по водоносности приток р. Чу.

Чуйская долина — важнейший район орошаемого земледелия в Киргизии. Площадь земель с ирригационной сетью в настоящее время здесь составляет 320 тыс. га. В перспективе намечается рост полностью водообеспеченных орошаемых площадей до 500 тыс. га и более. Кроме того, значительная площадь орошается в казахстанской части долины. Источниками орошения являются воды самой р. Чу и ее притоков. Большое количество магистральных каналов, в том числе и таких мощных, как Большие Чуйские (Восточный, Западный), Краснореченский, Атбашинский, не только полностью перераспределили сток р. Чу и ее притоков, но и существенно изменили всю гидрографию долины. В связи с этим режим рек в пределах долины, а во многих случаях и очертания гидрографической сети, являются ныне искусственными, нередко измененными до неузнаваемости.

Таласский бассейн находится на северо-западе Киргизии, ограничивается с севера и юга водораздельными гребнями Киргизского и Таласского хребтов, склоны которых спускаются к заключенной между ними Таласской долине. Имея широтное, более чем 200-километровое протяжение, бассейн к западу расширяется до 60—70 км. Киргизский хребет здесь невысок и обращен на юг, в то время как Таласский при северной ориентации поднимается почти до 4500 м и несет местами довольно значительное оледенение. Сама долина, суженная и исчезающая на востоке, на западе расширяется до 20 км, понижаясь в том же направлении с 1500 до 900—800 м.

Истоками р. Талас, главной реки бассейна, являются реки Каракол и Учкошой, берущие начало в районе горного узла Киргизского и Таласского хребтов и разделенные невысоким продольным хребтом Орто-Тау. Это значительные в рамках бассейна реки с водосборными площадями соответственно в 1160 и 1210 км², длиной в 100 и 80 км и многолетними средними расходами воды в 7,64 и 9,19 м³/сек. Максимальный месячный сток на р. Каракол проходит в июле (средний расход 18,4 м³/сек.), на р. Учкошой — в июне и июле (22,9 и 23,0 м³/сек.), минимальный — в марте (соответственно 3,01 и 3,06 м³/сек.).

После слияния рек Каракол и Учкошой в начале Таласской долины река получает название Талас и постепенно приобретает черты долинного потока с относительно спокойным течением и широкими террасированными и заболоченными берегами, разбивается на рукава, приносит и откладывает гравийно-песчаные наносы.

Свои основные притоки Талас принимает с левого берега. Эти притоки спускаются со склонов Таласского хребта. Начинаются они в высокогорной зоне вблизи имеющихся здесь ледников, в широких троговых долинах, покрытых моренами и небольшими озерами. Протекая далее по дну глубоких, тесных ущелий, эти реки представляют типичные горные потоки. По выходе из гор в Таласскую долину воды рек забираются каналами, и бóльшую часть года русла рек на долинном участке, за исключением р. Урмарал, остаются практически сухими, обводняясь лишь при прохождении паводков. Главными из этих рек являются Бешташ, Урмарал, Кумыштаг и Карабура. Наиболее значительной среди них является р. Урмарал, имеющая развитый бассейн и представляющая, по существу, объединенный стоковый канал нескольких обособленных и примерно равноценных высокогорных рек. Протяженность реки составляет 75 км, площадь горного бассейна — 1120 км². Многолетний средний годовой расход равен 8,70 м³/сек., месячный максимум стока проходит в июле (средний расход 25,8 м³/сек.) и минимум — в марте (2,20 м³/сек.). Остальные притоки сильно уступают Урмаралу как по размерам водосборной площади, так и по стоку: Карабура имеет средний расход в 3,66 м³/сек., а Бешташ — 3,55 м³/сек.

На правобережной части бассейна нет значительных притоков. Здесь заслуживает упоминания лишь р. Кенкол с развитым низкогорным бассейном и многолетним расходом в 2,39 м³/сек.

Протекая по долине и принимая сток притоков, Талас становится значительной рекой. Для поста Кировское, расположенного перед выходом реки из долины, невдалеке от границ Киргизии с Казахстаном, площадь бассейна реки достигает 7940 км², а средний сток возрастает до 32,7 м³/сек. Максимум месячного стока приходится на июль (средний расход 63,9 м³/сек.), минимум — на апрель (19,1 м³/сек.). Полная площадь бассейна р. Талас в пределах Киргизии равна 9000 км² при площади всего гидрографического бассейна, рассматриваемой совместно с прилегающей на западе частью бассейна р. Асса, около 10 000 км². По выходе на территорию Казахстана в результате интенсивного разбора воды каналами р. Талас постепенно теряет свой сток и подобно р. Чу затем исчезает в равнинных просторах.

На крайнем западе Таласской долины протекает р. Куркуреусу, стекающая с наиболее высокой и оледененной части Таласского хребта, но относящаяся, как уже отмечалось, не к Таласскому, а к самостоятельному замкнутому бассейну р. Асса. Площадь горного водосбора р. Куркуреусу составляет 454 км², многолетний средний расход воды — 5,98 м³/сек.

Таласская долина — один из крупных и важных районов орошаемого земледелия. Площадь орошаемых земель здесь 171 тыс. га. Кроме того, таласские воды орошают значительный массив земель в Южном Казахстане. В настоящее время проектируется создание в районе с. Кировского водохранилища емкостью около 600 млн. м³. В последующем, по-видимому, будут созданы водохранилища и в верховьях р. Талас. Эти меры значительно улучшат использование водных ресурсов бассейна как в Киргизии, так и в Казахстане.

Гидрометеорологические наблюдения. В отличие от других компонентов географической среды, характеризуемых замедленными изменениями во времени, гидрологические и метеорологические условия территории подвержены не только территориальной, но и интенсивной временной изменчивости. В связи с этим изучение гидрометеорологических условий носит особые черты. Важнейшее место в изучении гидрологического и метеорологического режимов занимает организация соответствующих наблюдений, представляющая первую стадию этого изучения. Эти наблюдения проводятся в ряде пунктов территории для освещения пространственного хода гидрометеорологических процессов регулярно, с определенной периодичностью во времени. Материалы таких наблюдений составляют основу гидрометеорологического анализа и служат для обоснованной оценки водных ресурсов и климатических условий, для их повседневного учета и использования. Поэтому состояние и полнота гидрометеорологических наблюдений являются одним из важных показателей изученности природы местности и предпосылкой использования ее природных богатств и возможностей.

Гидрологические наблюдения на киргизских реках, как и использование их водных ресурсов, насчитывают многовековую историю. Средняя Азия — территория древнейшей ирригационной культуры. Достойно сожаления, что эта история должным образом не изучена. Первые гидрологические станции (посты) возникли в середине второй половины XIX столетия (р. Ходжабакирган — 1869 г., Акбура — 1881 г.), в конце XIX и начале XX столетий (реки Шахимардан и Сох — 1896 г., Чу — 1899 г., р. Джиргалан — 1903 г.). К этому же времени относится начало систематических метеорологических наблюдений. Первые метеорологические исследования были начаты во второй половине 60-х годов XIX столетия и связаны с именем известного русского путешественника и географа Н. А. Северцева [99].

В 80 и 90-х годах открываются уже первые метеорологические станции постоянного типа (Пржевальск, Ош, Гульча — 1881 г., Нарын — 1885 г., Иркештам — 1889 г., Токмак — 1895 г., Пишпек — 1896 г.).

Период массового развития гидрометеорологических наблюдений приходится на первую половину 10-х годов XX столетия. В это время открывается серия новых метеорологических станций (Джер-

гитал — 1909 г., Падшаата — 1911 г., Байтык — 1912 г., Александровское, ныне Кировское,— 1912 г., Папан, Кочкорка — 1913 г.) и большое число гидрологических постов в Иссык-Кульском бассейне (на реках Тон, Чолпоната, Кичекызылсу, Тургеньаксу, Чонкойсу, Чонкызылсу, Чонаксу), в Чуйском бассейне (на реках Шамси, Кегеты, Иссыката, Аламедин, Чонкурчак, Алаарча, Кашкасу, Джаламыш, Сокулук, Аксу, Карабалты, Чон-Кемин, Кочкор) и в Приферганье (на реках Кугарт, Падшаата, Чаткал, Араван). Открытие гидрологических постов было связано, в частности, с проводившимися весьма ценными и перспективными исследовательскими и проектными работами по развитию ирригации и регулированию стока рек в окраинных долинах Киргизии и в особенности в Чуйском бассейне.

Гидрологические посты были открыты в нижнем конце горных участков рек, перед их выходом в межгорные долины, где начинается разбор воды ирригационными каналами. Этот принцип организации гидрологической сети, суть которого заключается в разграничении зон первичного формирования стока и последующего его естественного и искусственного изменения, является в данных условиях несомненно правильным и сохраняет свою силу до настоящего времени. Вообще, можно сказать, что в этот период были заложены прочные основы гидрологических работ в Киргизии, а в Чуйской долине была создана почти вся действующая ныне опорная сеть гидрологических постов.

Следующий этап в развитии гидрологических и метеорологических наблюдений относится к 20 и 30-м годам, когда в основном была полностью сформирована опорная наблюдательная сеть. Гидрологическими постами охватываются все существенные реки, главным образом по северным, западным и юго-западным окраинам Киргизии. Значительный прогресс получают состав и методы работ. Если прежде на большинстве постов регулярные гидрологические работы ограничивались лишь уровенными наблюдениями, то в это время повсюду начинают проводиться стоковые наблюдения. Расширяются программы работ, совершенствуется приборное хозяйство и оборудование. Развитие и совершенствование гидрологических и метеорологических наблюдений, естественно, продолжается и в дальнейшем. Постепенно, начиная со второй половины 40-х годов, сеть пополняется новыми станциями и постами, продолжается совершенствование приборов и методов наблюдений.

В настоящее время опорная речная гидрологическая сеть, находящаяся в ведении Гидрометеорологической службы, насчитывает около 150 постов (рис. 9). Девять озерных постов находятся на оз. Иссык-Куль. Опорная метеорологическая сеть состоит из 140 станций и постов, не считая гидрологических постов, на которых проводятся метеорологические наблюдения (рис. 10). Все эти станции и посты выполняют работы в установленном объеме с некоторыми дополнениями.

Кроме названной опорной государственной наблюдательной сети Гидрометеорологической службы существует небольшая сеть ведомственных метеорологических станций и очень большая сеть гидрологических постов (общим числом около 4000) водного хозяйства республики. Огромное большинство этих постов имеет лишь эксплуатационное назначение, но некоторая часть представляет и общегидрологический интерес. К последним будут относиться посты на ряде небольших рек и источников, где Гидрометеорологической службой наблюдения не проводятся, а также серия дополнительных

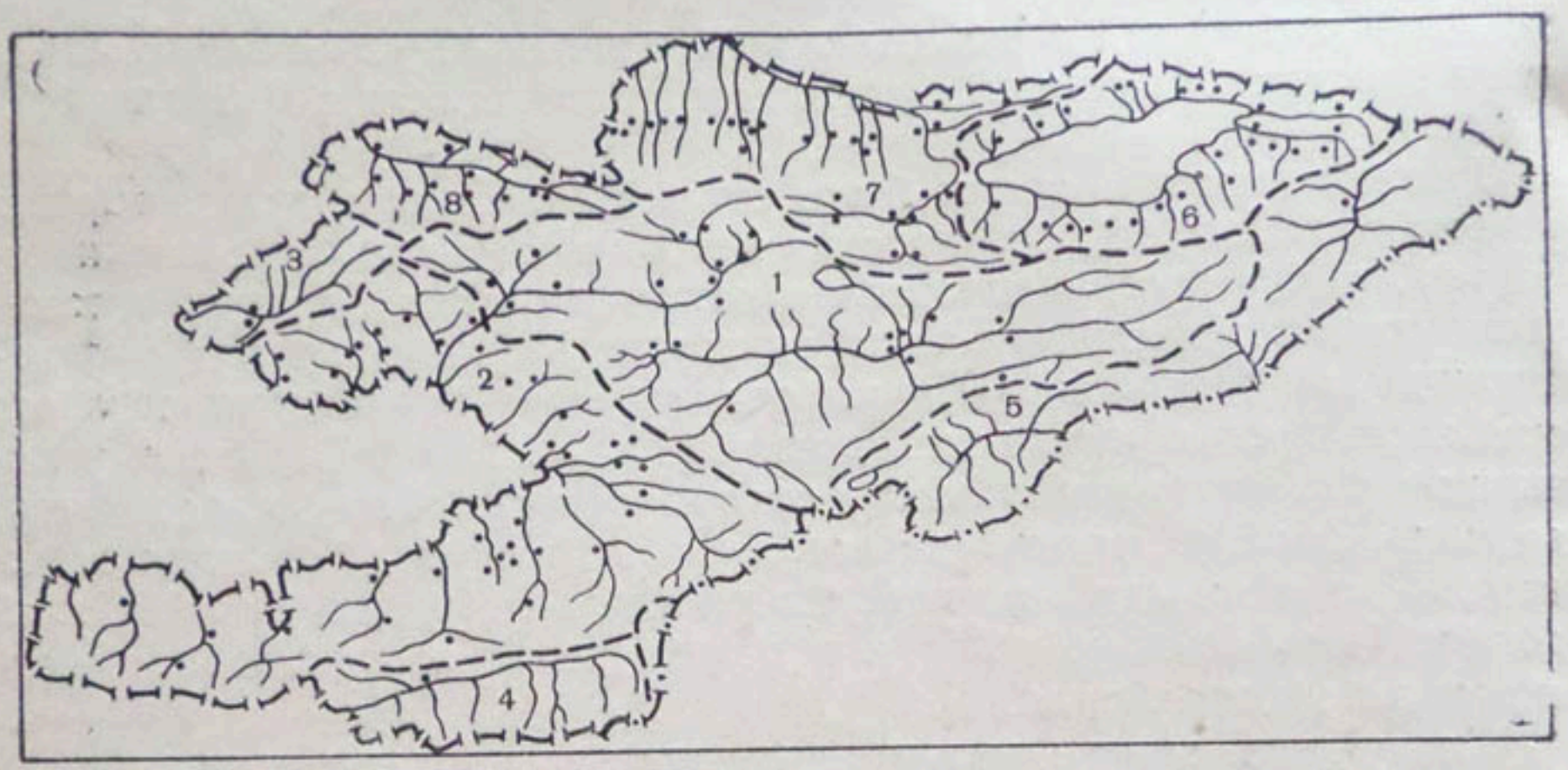

Рис. 9. Гидрографические бассейны и гидрологическая наблюдательная сеть.
Гидрографические бассейны:

1 — Нарынский, *2* — Приферганский, *3* — Чаткальский, *4* — Кызылсуйский (Амударьинский), *5* — Таримский, *6* — Иссык-Кульский, *7* — Чуйский, *8* — Таласский.

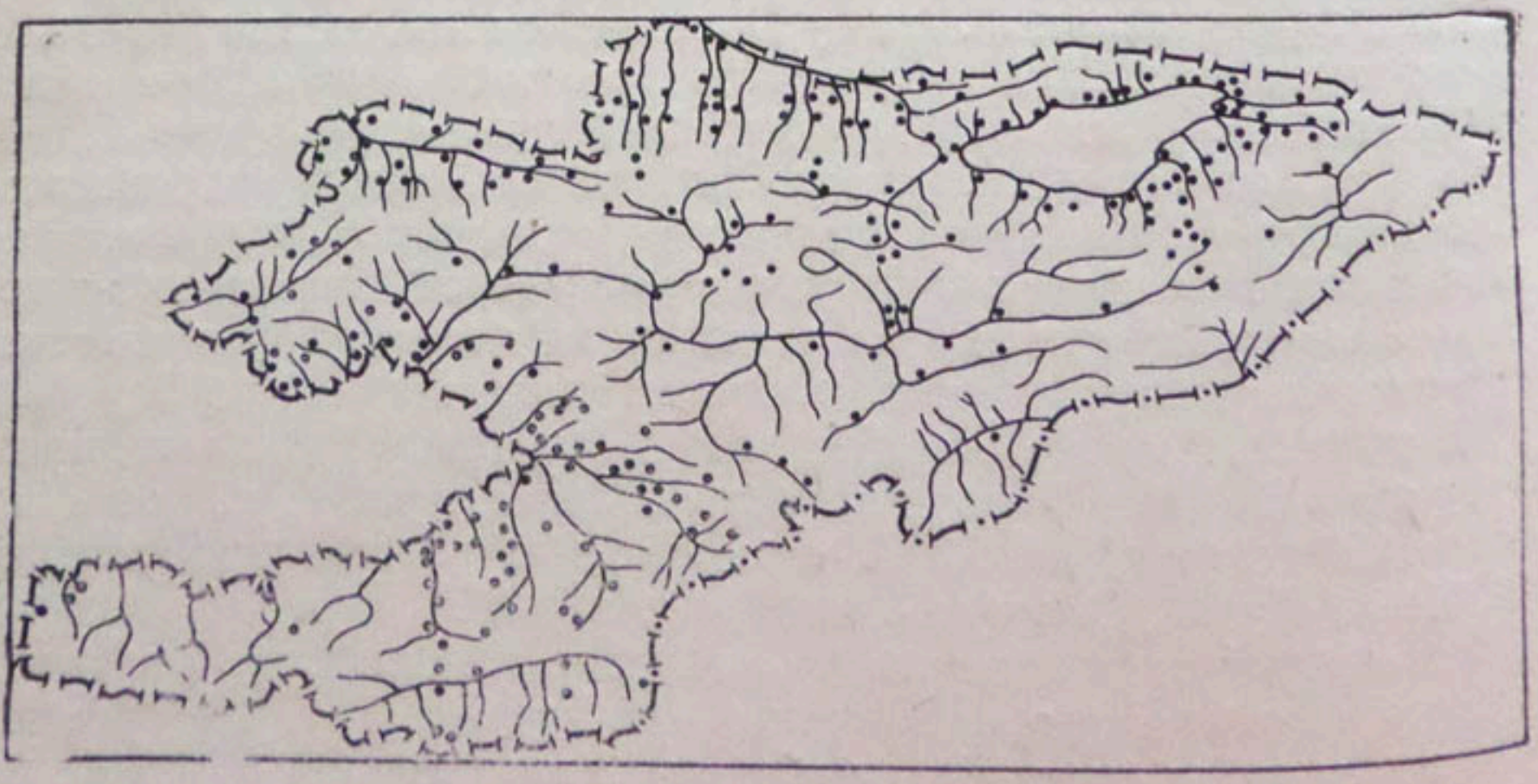

Рис. 10. Размещение метеорологической наблюдательной сети.

постов на ряде рек, в том числе и крупных, в водозаборных узлах, в головах магистральных ирригационных каналов, осуществляющих отвод воды из естественных источников или крупных каналов, и др.

Дополнением к сети метеорологических станций и постов служит сеть так называемых суммарных осадкомеров. Это приборы, предназначенные для установки в труднодоступных высокогорных районах, имеющие емкие резервуары, обеспечивающие длительную сохранность уловленных осадков. Измерение осадков, уловленных этими осадкомерами, производится один раз в месяц, а в условиях особой недоступности в зимнее время — лишь в конце зимы (в летнее время — каждый месяц). Первые суммарные осадкомеры в Киргизии появились еще в 1912 г. [38]. В настоящее время суммарные осадкомеры, значительно усовершенствованные в сравнении с первыми приборами, образуют развитую сеть из более чем 100 приборов и часто с успехом служат для оценки атмосферных осадков в высокогорных областях.

Для измерения зимних осадков в горных бассейнах применяется также метод маршрутных снегомерных съемок. Снегомерный маршрут пролегает по дну достаточно широких горных долин и состоит из серии стационарных снегопунктов, в каждом из которых на площадках различной ориентации и уклона производится измерение высоты и плотности снега. Такие работы обычно проводятся один раз в месяц в течение периода с устойчивым снежным покровом. Число снегомерных маршрутов в настоящее время в Киргизии превышает 30. Специальные наблюдения проводятся на ледниках с целью освещения вопросов накопления осадков, их видоизменения, таяния, движения льда. В районах, характеризуемых сходом снежных лавин и представляющих определенный практический интерес, производятся наблюдения за выпадением снега, изменением физических свойств снежного покрова, за условиями, предшествующими и сопровождающими обрушение лавин.

Наряду со стационарными следует упомянуть и такие виды гидрометеорологических наблюдений, как экспедиционные работы, которые находят применение в Киргизии. Такие работы проводятся как Гидрометеорологической службой, так и другими исследовательскими и проектными учреждениями. Программы и задачи экспедиционных работ в зависимости от преследуемых целей могут быть самыми разнообразными. В частности, экспедиционными методами выполняются гидрографические исследования, изучение следов прошедших селей и снежных лавин и другие работы.

Сделанный обзор показывает, что основные гидрометеорологические наблюдения в Киргизии ведутся длительное время на значительной сети, в результате чего накоплен в общем достаточно большой материал, необходимый для гидрометеорологического анализа и общей обрисовки гидрометеорологического режима территории. Вместе с тем нельзя не отметить и некоторых недостатков в постановке наблюдений.

Гидрологические посты в основном сконцентрированы по северным, западным и юго-западным окраинам республики. И если здесь охват рек наблюдениями может считаться удовлетворительным, то во Внутреннем Тянь-Шане он таким не является. Здесь до сих пор наблюдения не организованы даже на таких значительных реках, как Алабуга, нижнее течение Кёкёмерена, Карасу (левая), не говоря уже о множестве других, менее значительных притоках Нарына. Почти совершенно гидрологические наблюдения не ведутся в Центральном Тянь-Шане и на юго-восточной периферии республики, в бассейне р. Тарима. Таким образом, восточные и юго-восточные окраины республики продолжают оставаться плохо освещенными в гидрологическом отношении. Нельзя признать удовлетворительными состав и объем наблюдений на существующей сети. Особо следует подчеркнуть плохую постановку наблюдений за твердым стоком — наблюдения за влекомыми наносами полностью отсутствуют. В то же время в природных условиях горной местности значение твердого стока очень велико.

По-видимому, следует отказаться от некоторых устаревших видов наблюдений, как, например, длительных наблюдений на снегомерных маршрутах. Сейчас ясно, что в большинстве случаев они не дают ценных результатов и во всяком случае могут быть с пользой заменены прямыми наблюдениями над выпадением и накоплением зимних осадков с помощью осадкомеров.

Главным недостатком метеорологических наблюдений является все еще недостаточная освещенность собственно горных территорий. В горных областях изменчивость метеорологических элементов очень велика, и для ее обрисовки требуется значительно более плотная сеть наблюдательных пунктов, чем это нужно для равнинных территорий. Такой сети в настоящее время нет.

Таким образом, дальнейшее развитие гидрометеорологических наблюдений в Киргизии должно состоять в распространении наблюдений в недостаточно освещенных районах, в разработке современных организационных принципов производства гидрометеорологических наблюдений в горных странах и в модернизации средств и способов гидрометеорологических наблюдений и информации.

Подлежит значительному развитию изучение селей и различных вопросов стокообразования. Наряду с автоматическими и дистанционными приборами широкое применение в системе гидрометеорологических наблюдений должны найти радиолокация, аэрофотосъемка и другие современные методы исследования.

ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА И ВОДНЫЙ БАЛАНС ТЕРРИТОРИИ

Глава IV

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ СТОКА ГОРНЫХ РЕК СРЕДНЕЙ АЗИИ

Формирование речного стока представляет сложный процесс. Он включает выпадение атмосферных осадков и их накопление в зимнее время, таяние снега и ледников, поступление талых и дождевых вод в русловую сеть, образование подземных вод, осуществление руслового стока, возникновение паводков. По существу, в понятие формирования стока входит весь комплекс гидрометеорологических процессов, приводящих к образованию стока и оформлению всей совокупности гидрологического режима территории. Поэтому вопросы формирования стока составляют главное содержание теоретической гидрологии.

Процесс формирования стока по разному проявляется в горной и равнинной (долинной) частях территории. Зону первичного формирования стока составляет собственно горная территория. Равнинные участки представляют зону изменения и переформирования стока.

Сток в общем случае является постоянно действующим и самовозобновляющимся процессом. Следовательно, для осуществления стока должен иметь место постоянный приток воды в русловую сеть, т. е. питание реки.

Источниками питания горных рек Средней Азии, как это следует из непосредственных наблюдений и общих географических условий территории, служат талые ледниковые воды и воды высокогорных снегов, талые воды сезонного снега, дождевые воды, а при рассмотрении водного баланса за конечные, и не слишком длительные отрезки времени, и всевозможные подземные воды (рис. 11). Таким образом, питание горных рек оказывается более сложным явлением, чем это имеет место в равнинных условиях, где из приведенного перечня выпадают высокогорные снега и ледники.

Названные источники питания в конечном счете сами существуют за счет атмосферных осадков, и, казалось бы, можно обойтись без сделанной детализации. Однако такая детализация оказывается необходимой: каждый из названных источников по особому участвует в питании реки и придает последнему свои особые черты.

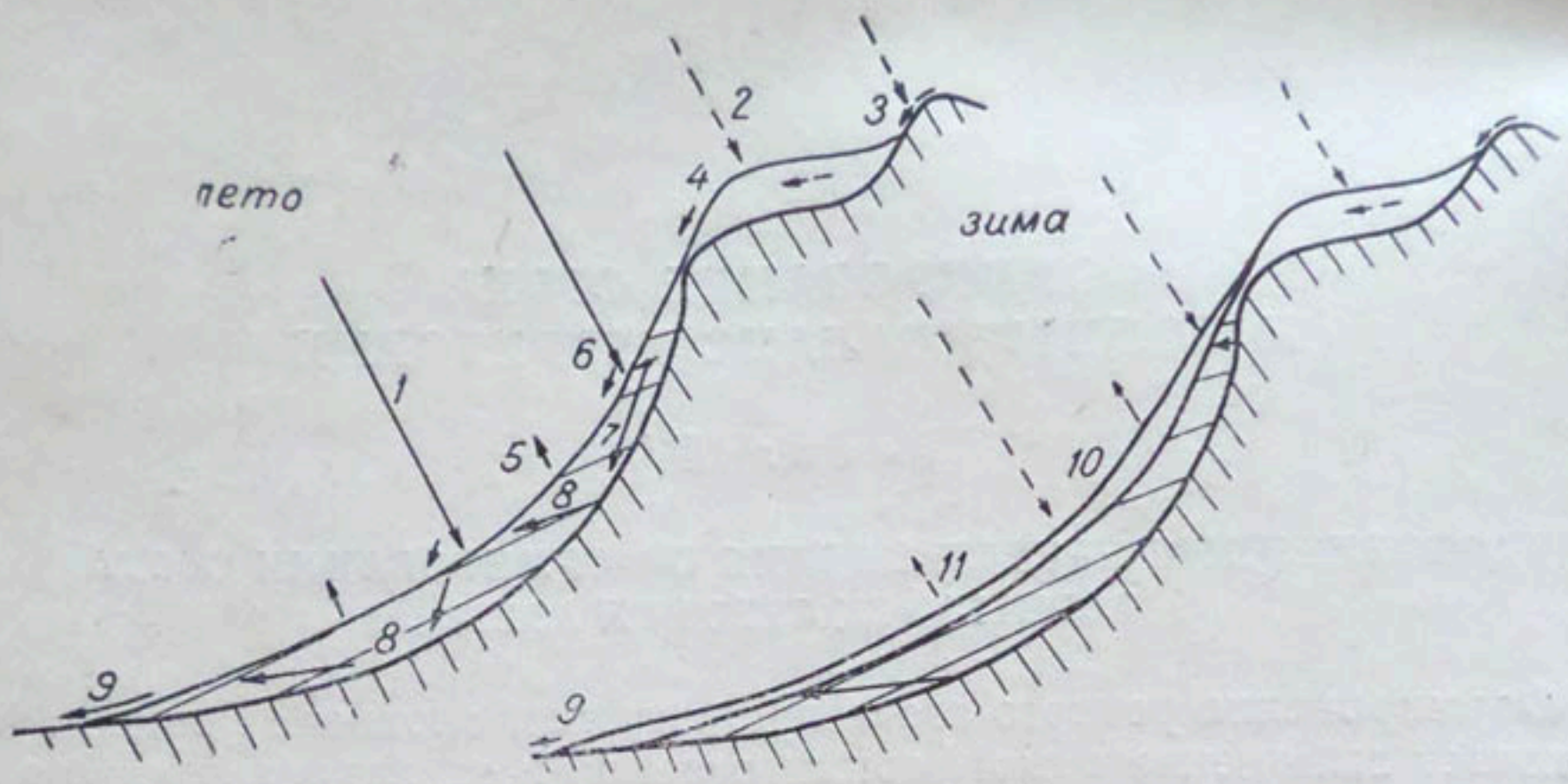

Рис. 11. Схема водного баланса горного бассейна в летний и зимний периоды.

1 — жидкие осадки, *2* — твердые осадки, *3* — снежные лавины, *4* — талые воды, *5* — испарение с поверхности бассейна, *6* — поверхностный сток талых и дождевых вод, *7* — впитывание дождевых и талых вод, *8* — поступление на поверхность подземных вод, *9* — русловый сток, *10* — снежный покров, *11* — испарение с поверхности снега.

В зависимости от конкретных условий водосборных территорий возможны различные сочетания источников питания рек. На действующий состав источников питания в первую очередь влияет высотное положение водосборных бассейнов.

Наиболее высокое положение среди источников питания занимают ледники и вечные снега, приуроченные к высотам, расположенным выше климатической снеговой линии. Если водосборы расположены выше уровня снеговой линии, в бассейне появляются ледники и вечные снега, и их тем больше, чем значительнее площадь водосбора выше этого уровня [1]. В этом случае состав источников питания пополняется ледниковыми водами и водами горных вечных снегов, не участвующими в питании рек с более низкими водосборами. Питание рек дождевыми водами приурочено к водосборам, занимающим наиболее низкое высотное положение, поскольку именно на небольших высотах продолжительность летнего

[1] Автор не уточняет, какую снеговую линию имеет в виду: климатическую или орографическую (*ред.*).

периода значительна, в связи с чем здесь возникают условия, благоприятные для выпадения большей части осадков в жидком виде. При прочих равных условиях за счет удлинения продолжительности теплого периода в нисходящем по горным склонам направлении роль дождевого питания будет тем больше, чем ниже высотное положение водосборного бассейна.

Таким образом, в зависимости от условий местности и в первую очередь от высотного распределения частных площадей водосбора в питании рек могут принимать участие или все названные выше источники питания, или лишь некоторые из них. При этом соотношение роли различных источников в общем питании рек несомненно будет изменяться как от реки к реке, так и на протяжении одной и той же реки, накладывая тем самым определенный отпечаток на весь процесс и режим стока.

Задача количественной оценки роли отдельных источников питания в образовании стока горных рек важна в связи с тем, что именно на ней основываются практические выводы гидрологических расчетов и прогнозов. В то же время решение этой задачи сопряжено со значительными трудностями. Эти трудности обусловлены тем, что в природе все эти источники почти никогда не выступают в одиночку, всегда участвуя в питании рек в различных сочетаниях друг с другом. Современное же состояние гидрометеорологических наблюдений не всегда позволяет дифференцировать источники питания. Такое положение и побудило исследователей предпринять различные косвенные попытки для оценки отдельных источников в питании рек Киргизии и всей Средней Азии в целом.

Питание рек. Первая попытка количественной оценки роли источников питания принадлежит М. И. Львовичу [73]. Рассматривая вопрос классификации рек, он останавливается и на питании рек как на одной из основ предложенной им типизации. Для количественной оценки роли различных источников питания он пользуется известным методом вертикального и горизонтального расчленения гидрографа стока, широко применяемым и другими исследователями. Суть этого метода можно выразить следующим образом. Путем прямолинейной или какой-либо плавной криволинейной срезки верхней части гидрографа, лежащей выше уровня меженного состояния, в нижней части гидрографа отделяется площадь, соответствующая стоку, осуществляемому за счет грунтового или подземного питания. В оставшейся после такой срезки верхней части гидрографа выделяется выпуклый участок весеннего половодья, который принимается соответствующим стоку талых снеговых вод, снеговому питанию, а периодические, обычно резко выраженные кратковременные подъемы, наблюдающиеся в период прохождения половодья, относятся к дождевому питанию. Выполнение такого расчленения, как замечает Львович, нередко наталкивалось на осложнения, преодолеть которые стандартным путем не удалось. Так, оказывалось трудным выделить дождевые паводки, образующиеся на фоне половодья, а на горных реках в связи с большим

удлинением периода талого стока и добавлением талых ледниковых вод возникли серьезные затруднения в разграничении талого снегового, талого ледникового и дождевого стока. Для последнего случая Львовичем было принято следующее решение: грунтовое питание круглый год считать равным уровню зимнего стока; сток за период от начала таяния до некоторого момента, наступающего несколько позже исчезновения с горных склонов сезонного снега, лежащего ниже зоны вечного снега и ледников, относить к снеговому стоку. Далее, исходя из представления о плавном характере изменения талого стока, снегового или ледникового, посредством срезки отдельных паводков по их основанию, представляющему более или менее плавный генеральный ход гидрографа, получать суммарно общий сток дождевых вод, принимая остаток, после всего произведенного подобным образом расчленения, за ледниковый сток.

М. И. Львович совершенно правильно отмечает, что изложенный путь выделения составляющих стока не может быть признан свободным от субъективизма, хотя, как он считает, примерное совпадение полученных результатов с данными других исследователей свидетельствовало в пользу приемлемости использованных положений.

Необходимо отметить, что большие трудности при применении метода расчленения гидрографа к некоторым типам рек не преодолены и в настоящее время. Как указывает Н. Н. Дрейер [28], значительные осложнения возникают для периода летних паводков, формирующихся в результате таяния ледников и высокогорных снегов или образующихся слившимися дождевыми паводками. Именно такие условия характерны для многих рек Киргизии. В таких трудных случаях, по мнению Дрейера, уверенное расчленение стока оказывается возможным лишь для отдельных лет в результате тщательного предварительного анализа.

В результате анализа рек Средней Азии М. И. Львовичем были сделаны следующие выводы. Основными источниками питания этих рек являются ледниковые и снеговые талые воды. В отличие от горных рек Кавказа, реки Средней Азии характеризуются незначительным дождевым питанием, меньшей ролью снегового и большей ролью подземного питания. Дождевое питание рек востока Средней Азии, куда входит и Киргизия, Львович принимает равным нулю из-за его незначительности.

В. Л. Шульц [110, 111], также основываясь на результатах, полученных с применением метода расчленения гидрографа (при более совершенном применении этого метода), делает следующие заключения. Для большинства высокогорных и среднегорных рек ледниково-снегового и снегово-ледникового питания) дождевое питание совершенно незначительно и составляет всего лишь 1—2% их общего стока. Для низкогорных рек (снегового и снегово-дождевого питания), где создаются исключительно благоприятные условия для выпадения дождевых осадков, дождевое питание не превышает 10%

общего стока и лишь в отдельные годы поднимается до 20%. При всей незначительности в общем годовом стоке роль дождевого питания оказывается очень важной в формировании максимальных расходов: образование мощных, хотя и кратковременных, паводков связано с участием, нередко доминирующим, стока дождевых вод.

В. Л. Шульц использует и другой путь для оценки роли снеговых и дождевых осадков в питании рек Средней Азии. Он рассматривает соотношение твердых и жидких осадков по данным довольно большого числа метеорологических станций, показывающее преобладание в году твердых осадков для станций, расположенных на высотах свыше 3000 м, и преобладание жидких осадков для станций, расположенных более низко. Далее, основываясь на имеющихся сведениях, он делает некоторые заключения в отношении коэффициентов стока талых и дождевых вод. Согласно этим сведениям, сток дождевых вод практически имеет место лишь весной и осенью в условиях высокой влажности почв, в остальное же время, при сухой почве, дождевые и даже ливневые осадки, по существу, не дают стока. По наблюдениям на Московской агролесомелиоративной станции, средний коэффициент стока талых вод оказался равным 0,59, а средний коэффициент стока дождевых вод — 0,02. Чрезвычайно малое значение коэффициента стока дождевых вод показали также наблюдения на Валдайской гидрологической станции и Сукокской горномелиоративной станции в бассейне р. Чирчик. Наблюдения последней станции также дали значения коэффициента стока дождевых вод 0,02, реже 0,01.

Опираясь на приведенные сведения и учитывая подземную часть стока, Шульц принимает значения коэффициентов стока талых и дождевых вод для условий Средней Азии соответственно 0,70 и 0,05. Это соотношение коэффициентов наглядно показывает несущественность стока дождевых вод. Полная оценка талой и дождевой составляющих стока по величинам твердых и жидких осадков по данным метеорологических станций и значениям соответствующих принятых коэффициентов стока также подтверждает незначительность дождевого питания даже при условии преобладания дождевых осадков. Таким образом, и эти соображения оправдывают изложенный выше и полученный на основе расчленения гидрографа вывод Шульца о незначительной роли дождевого питания в образовании стока рек Средней Азии.

В отношении роли ледникового питания в общем объеме стока Шульц приходит к заключению, что при выходе среднеазиатских рек на равнины, где располагаются гидрометрические пункты, данные которых носят интегральный по всей площади водосбора характер, ледниковое питание даже на самых оледененных реках (таких, например, как Сох и Исфара) не превышает 35% их годового стока. При этом ледниковое питание Шульцем трактуется как сток чисто ледниковых вод, без учета талых вод за счет лежащего на ледниках снега, а определение размеров ледникового питания производится

по принципу связи стаивания ледника с суммой положительных температур за время таяния ледника.

Таким образом, если не иметь в виду приледниковые участки рек (где, кстати, прежде и не было наблюдений), существовавшее ранее представление о преобладающей роли ледникового стока в питании рек Средней Азии является несостоятельным.

Основываясь на представлении, что роль дождевых вод в питании подземного стока не может быть на много больше, чем в питании поверхностного стока, Шульц считает необходимым рассматривать подземный сток в основном как часть талых вод, прошедшую определенный отрезок пути подземным образом. При этом он отмечает, что это не противоречит выделению подземного питания в самостоятельную категорию как имеющего значительные особенности и отличия от поверхностного стока талых вод.

Подводя итоги, можно констатировать, что в общем, согласно установившимся в настоящее время взглядам, в питании рек Средней Азии преобладающее над всеми остальными источниками питания положение занимают талые воды сезонных снегов, а затем, хотя они довольно незначительны, талые ледниковые и дождевые воды. В общем стоке Средней Азии, поступающем на ее равнинную часть, по оценке Шульца [111], доля ледникового стока (принимая во внимание только таяние чистого льда без таяния лежащего на ледниках снега) составляет 8—9%, а дождевого (без учета части дождевого питания, входящей в базисный сток) — не превышает 5—6%. При этом по мере уменьшения высотного положения бассейна (что принято характеризовать сердневзвешенными высотами водосборов в абсолютных отметках) происходит интенсивное сокращение роли ледникового питания и менее интенсивное возрастание роли дождевых вод. Подземное питание принято выделять посредством срезки половодья и паводков на гидрографе стока и генетически относить к снеговому питанию. Следует отметить, что на способ выделения подземного питания посредством срезки гидрографа стока до настоящего времени нет единого взгляда.

Все изложенное должно быть признано справедливым. Нельзя, например, не согласиться с Шульцем [110], когда он утверждает, что «...основным источником питания рек Средней Азии... являются талые снеговые воды, образующие главную массу поверхностного и подземного стока рек. Отсюда внимание гидрологов Средней Азии должно концентрироваться на изучении снежного покрова, его режима, процессов таяния, стока и инфильтрации талых снеговых вод, не забывая, конечно, об исследованиях ледников и дождевого стока, которым в некоторых гидрологических явлениях и в некоторых местах принадлежит значительная роль».

О. П. Щеглова [115], специально занимавшаяся исследованием условий питания рек Средней Азии, подтверждает «правильность общего вывода В. Л. Шульца о подавляющей для всего среднеазиатского массива в целом роли талых вод в формировании речного стока».

Такова общая картина питания рек Средней Азии. Вполне естественно, что в отдельных составных частях этой территории количественные соотношения источников питания могут отклоняться, и даже значительно, от изложенной общей картины. В частности, указывая на подобные отклонения в некоторых местах, Шульц в первую очередь имеет в виду северо-восток Средней Азии, в том числе районы Северной Киргизии и Иссык-Кульской котловины. Он считает, что ввиду значительного преобладания в этих районах летних осадков доля дождевого стока здесь несколько превосходит 10% общего стока и в 2—4 раза больше, чем в более южных частях Средней Азии. Он также отмечает некоторую повышенность дождевого стока по тем же причинам и для Сырдарьинского бассейна, где его доля в общем стоке достигает 6% [111].

Вполне понятно, что изложенные выводы о составляющих стока рек всей горной части Средней Азии или ее отдельных крупных частей, как уже отмечалось, в рамках отдельных речных водосборов могут претерпевать определенные изменения. Отчасти эти изменения будут рассмотрены в следующей главе. Здесь же ограничимся упоминанием лишь следующих двух работ.

Весьма интересные результаты получены Т. С. Абальян [1], выполнившей расчет составляющих стока р. Большой Алмаатинки, стекающей с северных склонов Заилийского Алатау. Сток с зоны вечного снега и ледников, лежащей выше снеговой линии (3800 м), вычислялся исходя из коэффициента стаивания, принятого равным 4 мм на 1° положительной средней суточной температуры воздуха, и коэффициента стока, принятого ввиду исключительной благоприятности здесь условий стокообразования равным 1,0. Площадь таяния в этой зоне была принята равной 25% площади всего бассейна, а температура определялась согласно градиентным расчетам.

Средняя величина стока с этой зоны (за период 1937—1954 гг.) была получена равной 151 мм (в расчете на всю площадь бассейна), или 28% общего стока бассейна (536 мм), при крайних значениях 233 и 78 мм (из 18-летнего ряда).

Сток талых вод сезонных снегов в зоне, лежащей ниже снеговой линии, был получен по наблюдениям за осадками на пяти метеостанциях, размещенных в различных частях бассейна и на разных высотных уровнях, и по принятому значению коэффициента стока в 0,8. Средняя величина этого стока оказалась равной 34% годового стока. Таким образом, на долю дождевых вод остается 38% общего стока, а коэффициент стока дождевых вод получается равным 0,28.

Т. С. Абальян также выполнил анализ составляющих стока р. Сокулук. В связи с отсутствием метеорологических наблюдений в самом бассейне Т. С. Абальян использует различные относительные характеристики и косвенные соображения. Сток с высокогорной зоны, как и в бассейне Большой Алмаатинки, был найден посредством температурных расчетов исходя из соотношения 4 мм на 1° положительной средней суточной температуры воздуха. Доля

стока с высокогорной зоны оказалась равной 23%, при крайних значениях 13 и 35%. Количество зимних осадков было определено по данным метеорологических станций, имеющихся на характерных высотах в данном и других бассейнах. Путем сопоставления стока с зоны сезонного снега (разность общего стока и стока высокогорной зоны) с зимними осадками и увязывания отклонения от этой зависимости с летними осадками было обнаружено влияние на сток наряду с зимними осадками также и летних осадков.

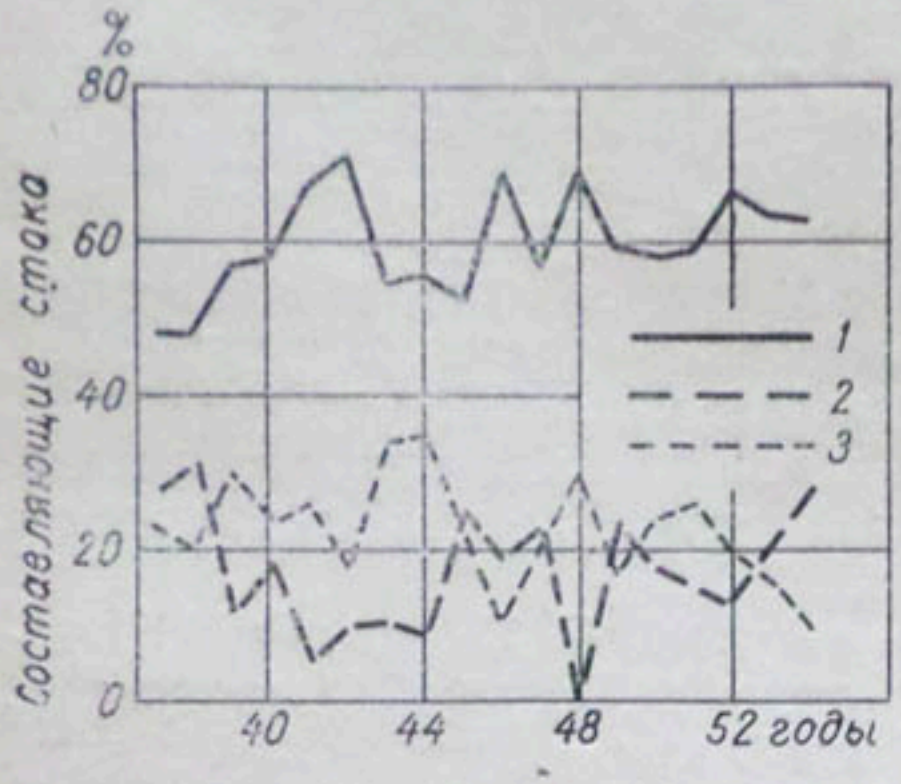

Рис. 12. Доля талых снеговых вод (*1*), талых вод зоны ледников и вечного снега (*2*) и жидких осадков (*3*) в годовом стоке р. Сокулук в процентах от общего стока.

При переходе от относительных характеристик зимних осадков к абсолютным (согласно соотношению для года с незначительными летними осадками) было установлено главенствующее место в стоке реки талых вод сезонного снега, составляющих 50—70% всего стока. На втором месте находятся талые воды высокогорной зоны и на третьем — дождевые воды. Доля последних, тем не менее, оказалась довольно значительной — 17%. При этом выявилась интересная деталь: изменения по годам стока дождевых вод и стока высокогорной зоны представляют зеркальные отражения один другого (рис. 12). Именно в этом, в существовании взаимной компенсации колебаний этих двух составляющих стока, Абальян видит причину относительно высокой многолетней устойчивости стока высокогорных рек.

Таким образом, результаты, полученные Абальян, служат хорошей иллюстрацией к изложенным выше представлениям о питании рек Северной Киргизии: при доминирующей роли талых вод сезонных снегов и второстепенной роли высокогорного питания здесь обнаруживается сравнительно повышенная роль дождевого питания.

Зависимость между стоком вегетационного периода (очевидно и всего годового стока) и атмосферными осадками в бассейне рек северо-западной части Восточно-Ферганского гидрологического района, не имеющих заметного высокогорного питания [реки Яссы, Кульдук, Донгузтау, Чангет, Кугарт, Тентяксай (Караунгур), Шайдан, Майлису], по исследованиям автора, выразилась уравнением

$$Y' = A\left(0{,}60X_з' + 0{,}40X_л'\right) - B,$$

где $У'$ — сток вегетационного периода; $X_з$ — среднее количество суммарных зимних осадков (за период октябрь — март) по п. Чарвак и ст. Джергитал; $X_л$ — среднее количество суммарных летних

осадков (за период апрель — сентябрь) по тем же пунктам; A, B — постоянные.

Индексы при составляющих уравнение означают, что они взяты в обобщенном виде по принципу

$$Y' = \frac{Y'_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}}.$$

Это уравнение показательно в другом отношении. Из него следует, что при общей значительности в Киргизии летних осадков (как указывалось выше, на большей части ее территории летние осадки являются преобладающими) их роль в формировании стока является существенной. Даже в условиях Прифергапья, характеризующегося более или менее равномерным распределением осадков между зимним и летним полугодиями, роль летних осадков в формировании стока оказывается весьма существенной, хотя и уступает роли зимних осадков. Конечно, понятия зимние и летние осадки при этом нельзя отождествлять с понятиями твердые и жидкие осадки; в горных условиях расхождения между календарными и естественными сезонами года очень велики и жидкие осадки будут составлять лишь часть осадков летнего полугодия [1].

Роль подземных вод в формировании стока. Вопрос о подземном питании очень сложен. Поэтому нередко возникают противоречия в оценке подземного питания и в трактовке различных вопросов стокообразования и роли отдельных составляющих стока.

Т. С. Абальян [2] отмечает ошибочность распространенного представления о том, что в условиях горного рельефа с большими уклонами фильтрация в грунт незначительна и образование поверхностного стока почти совпадает по времени с поступлением воды на поверхность бассейна. Она указывает на существование многочисленных родников в горах и на значительную долю грунтовой составляющей стока рек как на свидетельства наличия вполне благоприятных условий для фильтрации в этих бассейнах. В качестве примера Т. С. Абальян ссылается на верхнюю часть бассейна р. Чу, где подземное питание определяет бо́льшую часть руслового стока и образованию заметного поверхностного стока предшествует значительный период, в течение которого поступающие на поверхность бассейна в результате таяния сезонного снега воды расходуются на пополнение запасов грунтовых вод.

О. П. Щеглова [113] также подвергает критике недоучет дождевого стока, когда при срезке дождевых паводков на гидрографе не принимается во внимание возможность продолжения дождевого стока в последующем, в форме подземного питания реки [2].

---

[1] На больших высотах почти все летние осадки могут быть твердыми, и тогда роль жидких осадков будет ничтожна. А важно выделить сток жидких и твердых осадков, так как именно они отличаются существенными особенностями (*ред.*).

[2] Если после дождевого пика при той же температуре воздуха расходы воды возвращаются к прежним значениям, то дождевой шлейф не играет существенной роли (*ред.*).

Выполненные ею на фактическом материале расчеты показали, что не весь объем жидких осадков стекает в виде явно выраженного дождевого паводка, частично он идет в подземный сток. Она подчеркивает наличие значительного внутрибассейнового регулирования стока, обусловленного не только внутриснежным и внутриледниковым стеканием, но и участием в стоке рек подземных вод всевозможных типов.

Необходимо отметить, что инфильтрация поверхностных вод и грунтовое или подземное питание принимают большое участие в процессах формирования стока рек. Это положение недостаточно учитывалось в прошлом не только в горных, но даже и в равнинных условиях. Значительная инфильтрация талых вод при благоприятных условиях, как и зависимость интенсивности инфильтрации в первую очередь от температурного режима зимы и от размеров осеннего увлажнения, была установлена автором [43] в результате исследования формирования весеннего половодья на малых водосборах Татарии и прилежащих областей. Он пришел к выводу (на первый взгляд даже пародоксальному, поскольку формирование весеннего половодья здесь совершается почти целиком за счет талых снеговых вод) о решающей роли именно инфильтрационных потерь талого стока в многолетней изменчивости весеннего половодья. В последующем этот вывод нашел подтверждение на примерах других районов. Например, ряд исследователей также констатирует решающую роль величины потерь талых вод в процессе формирования весеннего стока на территории Западной Сибири и Северного Казахстана [3].

Об этом свидетельствуют и данные американских гидрологов. Шерман [118] отмечает факт усиления подземного питания на реках США в результате выпадения ливней. Рисбол [117] на основе анализа стока малых водосборов оценивает подземное питание в 86% общего годового стока. Уайт и Томас [119] указывают на наличие определенной связи между русловым стоком и изменением уровня подземных вод, более тесной, чем аналогичная связь с атмосферными осадками.

С. Н. Боголюбов и З. П. Богомазова [9], отмечая существование разноречивых взглядов в отношении подземного питания, выражающихся в недооценке его роли в общем стоке рек, объясняют это как результат произвольности разделения стока на типы питания при расчленении гидрографа всеми известными способами. Значительная часть подземного стока после расчленения гидрографа относится к поверхностному стоку, чему в немалой степени способствует и высокая естественная динамичность подземных вод верхних зон: большие скорости потока, свойство быстрой разгрузки водных запасов. Лучшей иллюстрацией динамичности этих вод служит обнаруженный С. Н. Боголюбовым и З. П. Богомазовой на стоковых площадках суточный ход в подземном стоке, наблюдаемый в начальный период снеготаяния, когда приток воды еще недостаточно велик для того, чтобы сгладить этот ход.

Признанием неудовлетворительности результатов, получаемых в отношении оценки подземного питания обычным методом расчленения гидрографа, нужно считать и появление в последнее время ряда новых предложений по оценке подземного питания. Все эти предложения имеют целью более полный и физически более обоснованный учет подземного питания, и в результате их получены более значительные размеры подземного притока, хотя и не всегда согласующиеся друг с другом. К числу таких предложений относятся предложения Ф. А. Макаренко [75], З. В. Джорджио [26], Е. М. Козика [58], Г. П. Калинина и Т. С. Абальян [54] и др.

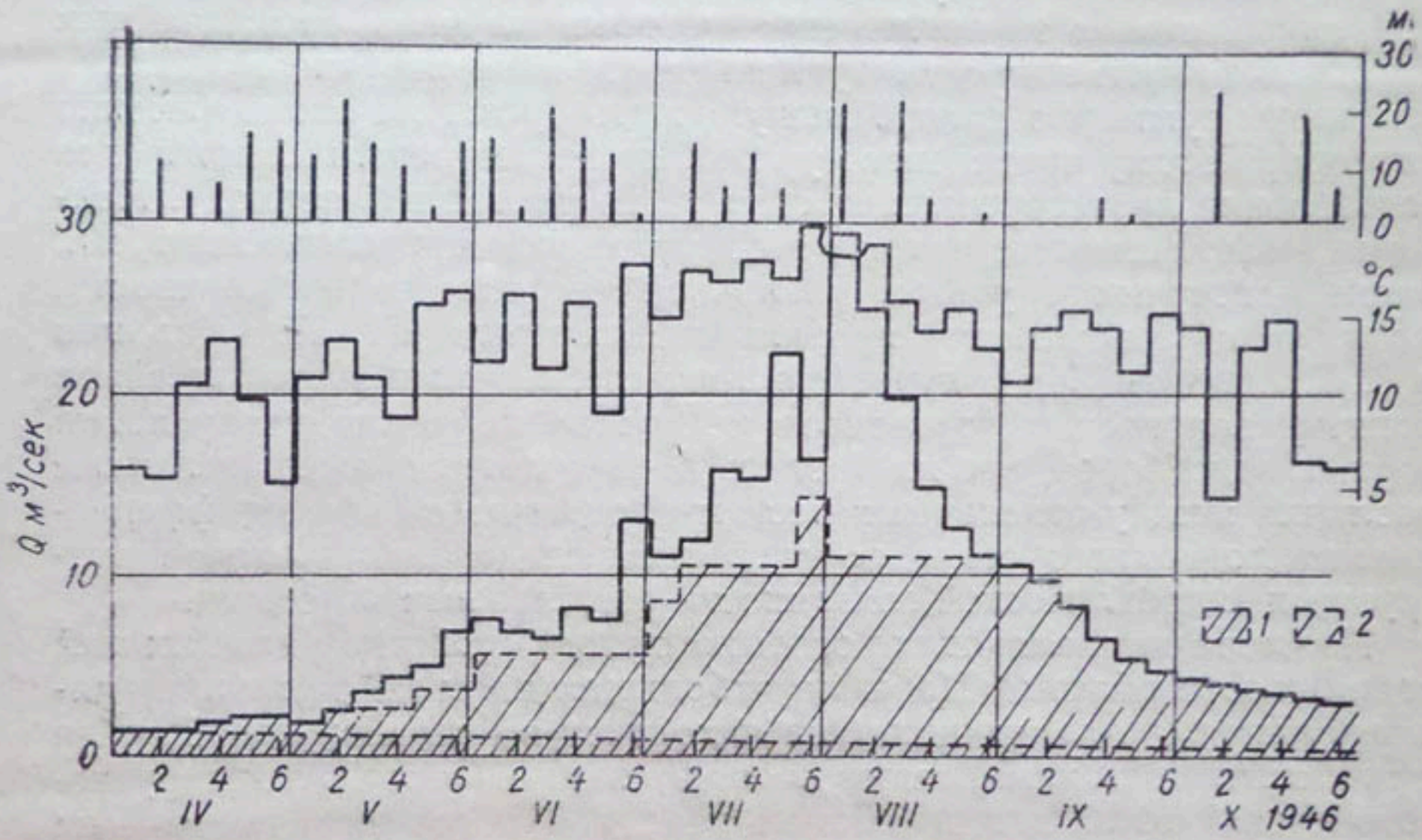

Рис. 13. Гидрограф стока р. Шамси (пост Лесной Кордон) с выделением устойчивой грунтовой (*1*) и сезонной грунтовой (*2*) составляющих стока. Температура воздуха и осадки взяты по метеостанции Байтык.

Автор [48] подошел к вопросу расчленения стока при рассмотрении целесообразности исследования сложных процессов формирования стока горных рек путем анализа водного баланса стока за короткие расчетные интервалы времени. На основе изучения стока некоторых высокогорных рек Киргизии (Чу, Чон-Кемин, Шамси, Иссыката, Аламедин, Алаарча) общий сток этих рек был последовательно расчленен (рис. 13) на ряд составляющих, различающихся по степени зависимости от температуры воздуха и атмосферных

осадков и общими закономерностями временной изменчивости. В результате уравнение водного баланса выразилось в виде

$$Y = \alpha t^\circ + Y_{\text{гр. уст}} + Y_{\text{гр. сез}} + Y_{\text{ал}} + Y_{\text{д}},$$

где Y — общий русловый сток в замыкающем бассейн створе за расчетный пентадный период времени; t° — показатель теплового баланса в виде средней пентадной температуры воздуха; α — коэффициент, учитывающий горизонтальную ширину зоны снеготаяния, величину запасов снега и другие географические условия образования поверхностного талого стока; $Y_{\text{гр.уст}}$, $Y_{\text{гр. сез}}$, $Y_{\text{ал}}$ — соответственно устойчивая, сезонная и аллювиальная грунтовые составляющие стока; $Y_{\text{д}}$ — дождевая составляющая стока.

В правой части этого уравнения три из пяти членов представляют подземный сток и за исключением особых случаев чрезвычайных паводков с интенсивным поступлением вод поверхностного стекания эти члены суммарно дают бóльшую часть руслового стока (именно благодаря этому приведенное уравнение может использоваться для составления краткосрочных прогнозов на пентадный период). Подземные составляющие стока в этом уравнении представлены тремя разновидностями с учетом различной степени их динамичности. Хотя, как совершенно правильно замечают Г. П. Калинин и Т. С. Абальян [54], полученные для условий равнинных бассейнов понятия водоносных горизонтов не вполне подходят для условий горных водосборов, все же и здесь обнаруживаются определенные различия между отдельными частями подземного стока, дифференциация подземного стока по скоростям следования, полноте разгрузки и гидравлической связанности с русловыми потоками.

Из числа составляющих подземного стока свойством наибольшей подвижности обладает (обычно небольшая по своей величине) аллювиальная составляющая. Она находится в гидравлической связи с русловыми потоками, имеет положительные (относительно руслового стока) значения на спадах паводков и отрицательные — на подъемах, приближаясь в сумме за весь половодный период к нулевому уровню. В этом выражается постоянно действующий в период паводков водообмен между русловым потоком и неширокой прибрежной зоной, сложенной легкопроницаемыми отложениями. Емкость этой полосы довольно значительная, и считаться с ее водорегулирующей способностью необходимо.

Сезонный грунтовый сток обладает меньшей степенью динамичности, чем аллювиальный. Его изменчивость, так же как и других подземных составляющих стока, непосредственно не зависит от температурных условий, но связана с общими запасами подземных вод в бассейне. Практически сезонный грунтовый сток (по существу, общие запасы подземных вод в бассейне) оказывается возможным оценивать по прямой связи с величиной общего руслового стока, осредненного за достаточный, но не слишком длительный, предшествующий период, продолжительностью порядка 1 месяца. Отсюда можно заключить, что формирование запасов подземных вод, по-

казателем которых и служит срок предшествующего периода, протекает одновременно с поступлением вод на поверхность бассейна. Таким образом, гидрограф стока грунтовых вод с некоторым сдвигом в сторону запаздывания повторяет в общих сглаженных чертах гидрограф руслового стока.

Наименее динамичным является устойчивый грунтовой сток. Очень медленные и плавные изменения его связаны со сравнительно малоподвижными запасами подземных вод, общие размеры которых в конечном счете также определяются поступлением вод на поверхность бассейна, но уже за более длительный период, чем для сезонного грунтового стока. Возможно, что на режиме этого стока так или иначе будет сказываться и характер поступления вод, как это было констатировано Калининым и Абальян [54] на примере р. Хопер.

Первый член в правой части уравнения выражает поверхностный сток, изменения которого стоят в зависимости от температурных погодных условий. Здесь нужно иметь в виду, что величина этого стока связана не с сопутствующей, а с предшествующей температурой воздуха. Между характерными, достаточно крупными, охватывающими период в несколько дней, элементами хода стока и температуры воздуха (как правило, определенная связь может быть установлена только в отношении таких форм) наблюдается однозначный интервал в 2—4 дня. С соответствующей сдвижкой должна браться температура воздуха и для оценки поверхностного стока по рассматриваемому уравнению. Это указывает на то, что не весь объем этого стока в буквальном смысле является поверхностным. Частично он также испытывает грунтовое регулирование, поскольку русловое и склоновое добегание в данных условиях может исчисляться лишь часами. Смешение признаков поверхностного и подземного добегания в этой составляющей показывает известную условность ее отнесения к поверхностному стоку. Оно служит хорошей иллюстрацией к следующим словам В. Л. Шульца [108]: «Если к подземному питанию отнести сток, прошедший под поверхностью земли путь хотя бы в несколько десятков метров, то тогда надо было бы почти весь сток считать питающимся за счет подземных вод». Последний член уравнения представляет дождевой сток, но не весь, а лишь поступивший в реку поверхностным путем. Другая часть дождевых вод идет на формирование подземного стока всех выделенных видов, представляющего часть талых и дождевых вод, временно обратившихся на известном отрезке своего течения в подземный сток.

В оценке подземной составляющей стока Калинин и Абальян [54] исходят из признания пропорциональности величин поверхностного стока и пополнения запасов подземных вод, т. е.

$$W_1 = W_0 + B\,Y_{\text{пов}} - Y_{\text{под}},$$

где W_1 — запас подземных вод в конце расчетного периода времени; W_0 — запас подземных вод в начале расчетного периода

времени; B — коэффициент пропорциональности; $Y_{пов}$ — поверхностный сток реки; $Y_{под}$ — грунтовый сток воды в реку.

За многолетний период (1936—1952 гг.) подземная часть стока, согласно расчетам Калинина и Абальян для р. Чу (с. Кочкорка), составила 70%, а для р. Алаарча, более типичной в этом отношении для большинства рек Киргизии,— 40%. Здесь важно отметить, что метод, предложенный Калининым и Абальян, несмотря на учет в основном лишь малоподвижных подземных вод, также указывает на значительность доли подземного питания в общем стоке рек, возрастание подземного питания в период половодья, известное подобие в формах гидрографов общего стока и его подземной составляющей (рис. 14).

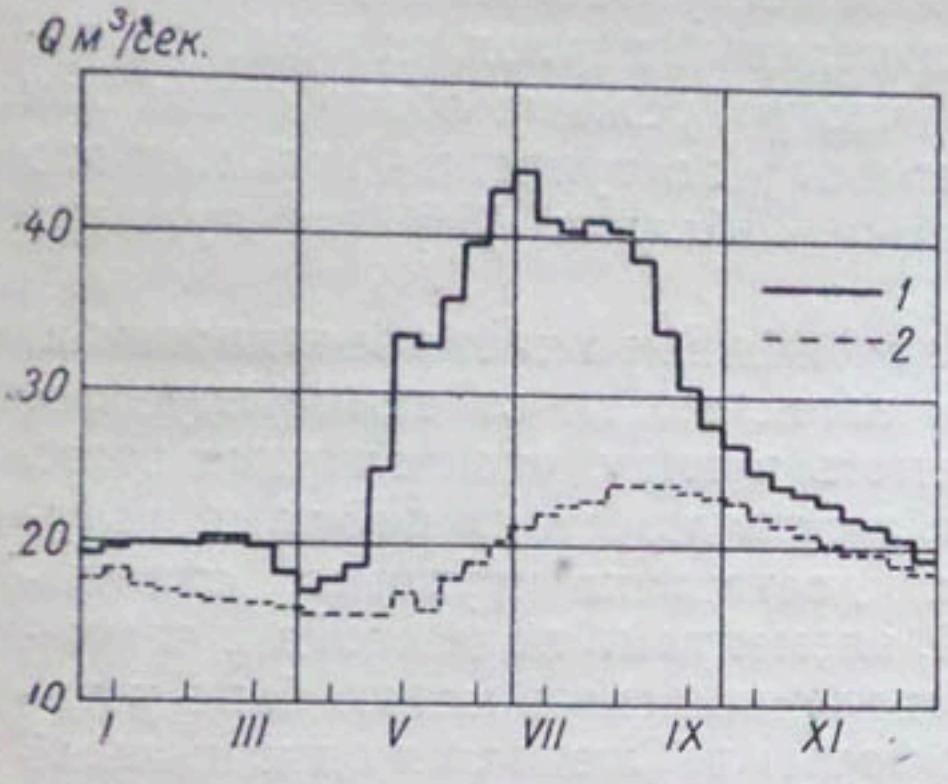

Рис. 14. Многолетние гидрографы общего (*1*) и подземного (*2*) стока р. Чу (пост Кочкорка).

Вопросы дождевого и подземного стока и их выделения рассматриваются О. П. Щегловой [115] в ее монографии, посвященной вопросам питания рек Средней Азии. Она также исходит из признания перспективности рассматривать сток по коротким интервалам времени и по его отношению к термическим условиям таяния. Суть предложенного ею термического анализа заключается в исследовании характера связи между стоком и температурой воздуха

$$Q = f(t^\circ).$$

Если при этом посредством применения скользящей температуры за тот или иной период их осреднения (Щеглова пользуется 5-дневным периодом) будут получены четко обозначенные, закономерно плавные выражения зависимости стока от температуры воздуха, станет возможным расчленение стока на его основные составляющие: талый поверхностный, подземный и дождевой сток. Таким путем Щеглова получает характерные, петлеобразные, хронологические кривые зависимости стока от температуры воздуха, закономерный плавный ход которых прерывается лишь в период дождевых паводков. Петлеобразный ход кривых, при котором, по существу, сток оказывается функцией не только температуры, но и предшествующего стока (при одной и той же температуре расходы после каждого паводка выше, чем до паводка), позволяет сделать определенные выводы в отношении условий формирования стока (рис. 15).

Следует отметить, что названные кривые удобны для анализа лишь тех рек, на которых преобладающим является талый сток. По

мере снижения высотного положения бассейнов (средневзвешенных высот) или в районах с вообще повышенной ролью дождевых осадков зависимость стока от температуры воздуха усложняется за счет все более частых нарушений его хода дождевыми паводками.

Отдельно дождевые паводки на кривой связи дают фигуры причудливой конфигурации, приуроченные к спадам температуры воздуха, так как выпадение дождевых осадков почти всегда происходит при ее понижении. Понятно, что под дождевым паводком здесь понимается именно поверхностная (или близкая к ней) часть дождевого стока, но некоторая часть дождевых вод, конечно, стекает подземным путем.

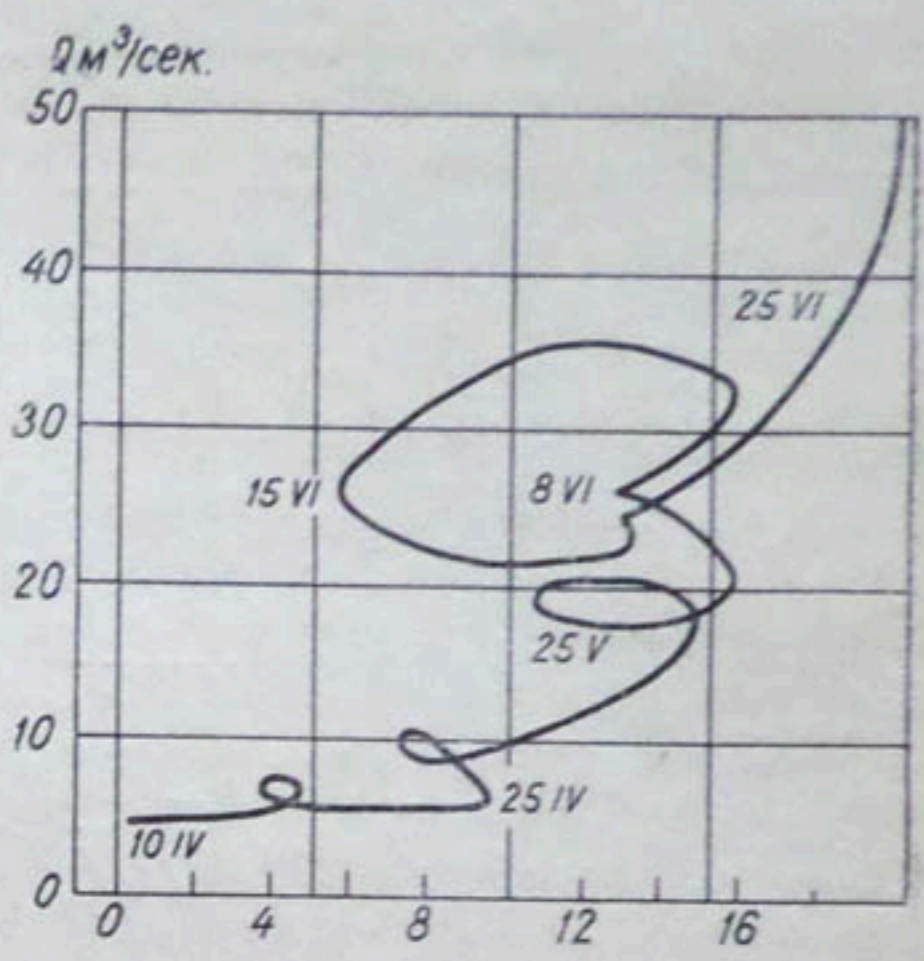

Рис. 15. Зависимость расходов р. Исфары (Таш-Курган) за апрель — июнь 1941 г. от тринадцатичасовой температуры воздуха по ст. Сары-Таш для скользящих пентад.

Ориентируясь на случаи нарушения связи стока с температурой воздуха, когда после прохождения талого или дождевого паводка расходы воды ведут себя независимо от температурных условий, и плавно соединяя на графике точки, соответствующие этим случаям, можно получить гидрограф подземного стока. В частности, подземный сток, выделенный таким путем Щегловой для р. Гузардарьи за 1951 г. (рис. 16), составил около 80% общего годового стока. Как замечает Щеглова, «построение зависимости $Q=f(t^\circ)$ дополняет и обосновывает применяемый иногда метод выделения подземного питания, согласно которому на гидрографе выявляются и последовательно соединяются прямыми линиями периоды относительного постоянства расходов».

О. П. Щеглова признает в известной степени условный характер деления стока на поверхностную и подземную составляющие. Она отмечает, что поверхностный сток в его чистом виде в горных условиях можно выделить лишь в довольно редких случаях, при стекании дождевых вод на скальных участках или на крутых, сильно эродированных частях склонов, непосредственно примыкающих к тальвегу. Во всех же остальных случаях часть стока проходит подземным путем.

Рассматривая условия стекания вод в речных бассейнах Прифергапья, И. А. Ильин [37] отмечает большую стокорегулирующую роль широко распространенных рыхлых моренных, пойменных, склоновых грунтов и озерных образований. В истоках многих рек сток талых и дождевых вод осуществляется путем фильтрации

сквозь моренные толщи при длине подземного пробега от нескольких сот метров до нескольких километров и продолжительности пробега (при расчетной длине пути в 0,5 км) от сравнительно небольшой в условиях рыхлых современных морен (со скоростями порядка 10—100 и более м/сутки) до 3—4 месяцев в условиях древних уплотненных морен (4—6 м/сутки). Как показали наблюдения на ручьях, берущих начало из родников на расстоянии 0,5—1 км от концов ледников, суточные колебания расходов воды в результате фильтрации через моренные толщи полностью сглаживаются.

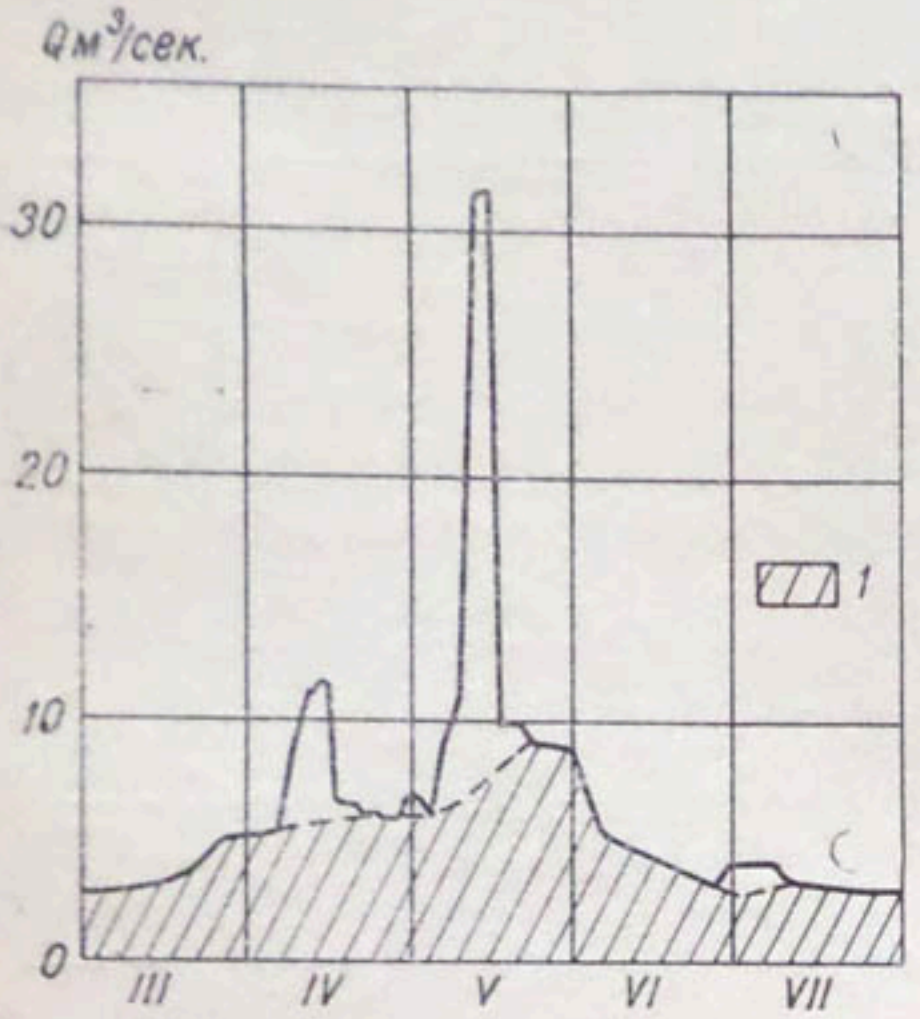

Рис. 16. Сглаженный по скользящим пентадам гидрограф р. Гузардарьи за летние месяцы 1951 г. с выделением подземного питания (*1*).

Подчеркивая большую емкость галечников пойм и различное строение осыпей и завалов, крупнокаменистых в областях распространения гранитов и известняков, мелкощебнистых и мелкоземлистых на сланцах, Ильин обращает внимание на такие же различия в скоростях и длительности фильтрации в осыпях и завалах, какие были констатированы для моренных толщ.

Огромная роль грунтовых вод в формировании стока, иногда положительная, иногда отрицательная, присуща не только условиям Киргизии или Средней Азии. Так, большую роль грунтовой зарегулированности стока отмечает А. М. Комлев [61], исходя из наблюдений в опытном бассейне в верховьях р. Сема в Горном Алтае. Он приводит следующие свидетельства грунтовой зарегулированности стока: несходимость поверхностного водного баланса бассейна, рассматриваемого за короткие периоды; наличие сдвижки между характерными фазами стока и температуры воздуха, далеко выходящей за рамки руслового добегания; стекание дождевых вод в основном подземным путем. При этом он высказывает мнение о существовании, по-видимому, нескольких форм подземного питания рек. По сведениям, приводимым за 1958 и 1959 гг., общая доля подземного стока составляла 85% и лишь 15% пришлось на долю поверхностного стока.

П. М. Машуков [82], исходя из схемы истощения запасов грунтовых вод по образцу истекания воды из резервуара с расходами, пропорциональными количеству воды в резервуаре, выполнил математическое описание кривой неискаженного наслоениями последующих паводков длительного спада паводковой волны (начиная с вершины последнего в году паводка до меженных уровней). Он делает

весьма интересный вывод: при расчетах кривой спада за длительный период необходимо считаться со схемой опорожнения по крайней мере трех резервуаров, также констатируя тем самым дифференциацию подземных вод на различные динамические градации. Этот вывод вполне логичен и полностью совпадает со взглядами автора. В физическом толковании эти три резервуара представляют не что иное, как выделенные автором по степени динамичности три составляющие грунтового питания: аллювиальный, сезонный грунтовой и устойчивый грунтовой сток.

Рассмотрение позднейших исследований и материалов позволяет с полной уверенностью заключить, что роль подземного питания в формировании стока Киргизии, как и многих рек Средней Азии, исключительно велика. Это подземное питание в свою очередь с точки зрения динамических свойств может быть расчленено на ряд составляющих, одни из которых обладают большей подвижностью, другие — меньшей. Близко к истине вообще представление о подземном характере почти всего объема стока.

Совершенно понятно, что значительное участие подземных вод обусловливает ряд важнейших особенностей процесса формирования и осуществления стока рек Киргизии. Например, связь между стоком и метеорологическими факторами за относительно короткие интервалы времени не является непосредственной. Ход изменений стока приобретает бóльшую инерцию и бóльшую уравновешенность, чем этого можно было бы ожидать, исходя из изменений метеорологической обстановки, представляющей первопричину изменений стока. Со всей определенностью можно сказать, что грунтовая зарегулированность составляет важнейшую закономерность формирования стока.

Анализ показывает также сравнительную повышенность доли дождевых вод в общем стоке рек Киргизии.

В условиях Киргизии необходимо считаться и с тем, что при действительно ничтожных значениях коэффициента поверхностного дождевого стока, о чем говорилось выше, полный коэффициент дождевого стока оказывается довольно высоким. При заметной изменчивости по территории в зависимости от сильно меняющихся геолого-географических факторов в особо благоприятных условиях этот коэффициент почти равен коэффициенту стока снеговых вод. Таким образом, все еще встречающаяся позиция недооценки дождевых вод в стоке рек Киргизии должна быть пересмотрена, а дождевое питание и дождевые осадки должны занять подобающее им место во всех гидрологических исследованиях и расчетах.

Представляет интерес причина заниженной оценки дождевого питания в прошлом. Она, на наш взгляд, вытекает из факта неполной оценки подземного питания, необоснованного приписывания главной массе стока природы поверхностного стекания. Это привело к ошибочным, хотя во всех промежуточных рассуждениях логически как будто бы и вполне оправданным, заключениям. Действительно, если основная масса стока осуществляется поверхностным путем,

а дождевой сток легко определяется посредством срезки отдельных дождевых пиков на гидрографе, то все, что осталось после выделения дождевого стока (не затрагивая пока устойчивый подземный сток) является только талым стоком. На самом же деле эта масса стока, во всяком случае в большей своей части, является подземным стоком (при этом скорость и длительность подземного пробега в данном случае роли не играют, поскольку все это рассматривается в сопоставлении с дождевым стоком поверхностного стекания) и включает как талые, так и дождевые воды. Вполне естественно, что когда этой сумме талых и дождевых вод приписывается характер только талого стока и она сравнивается с одной лишь поверхностной составляющей дождевого стока, то доля талого стока сильно возрастает, а доля дождевого стока непомерно занижается. Дело, конечно, не меняется существенно от того, что путем распространения полученного соотношения на устойчивую часть подземного стока доля дождевого стока в конечном счете несколько увеличивается.

Возникает вопрос об учете подземного стока. С определенными трудностями, которые при этом возникают, нельзя не считаться. Начальная фаза расходования сформировавшихся и продолжающих пополняться запасов подземных вод характеризуется высокой динамичностью, сближающей подземные воды с поверхностным стоком, в то время как конечная фаза близка к представлениям об устойчивом или малоизменяющемся стоке. Таким образом, подземный сток может быть представлен, как уже отмечалось, состоящим из нескольких, отличающихся по степени динамичности, составляющих, причем выделение этих составляющих до некоторой степени носит условный характер, поскольку какие-либо четкие границы между ними, по-видимому, вообще отсутствуют. Отсюда трудности в разграничении поверхностных и наиболее подвижных подземных вод, так же как и в выделении наименее подвижных подземных вод. С этими трудностями связано существование различных мнений в отношении учета подземного стока.

В. Л. Шульц [111] придерживается мнения, что поскольку при строгом подходе почти весь речной сток нужно бы считать подземным, хотя «быстрый подземный сток» мало чем отличается от поверхностного, то вряд ли целесообразно применение в этом случае понятия подземного стока. Это понятие целесообразно распространить лишь на «базисный сток», представляющий основание гидрографа, отличающийся большой устойчивостью на протяжении многолетнего периода и достигающий в среднем около 40% всего стока рек Средней Азии при выходе их из гор.

И. А. Ильин [37], исходя из невозможности строгого разграничения поверхностной и подземной частей стока, отсутствия какой-либо резкой грани между ними при бесспорном, по существу, преобладающем или, в ряде случаев, полностью подземном происхождении речного стока, ставит вопрос о необходимости вообще уточнения понятия грунтового стока. Последнее, как он отмечает, в укоренившемся

употреблении, подразумевает низший, почти неизменный во времени, уровень стока и, являясь в этом смысле важной гидрологической характеристикой, обнаруживает несоответствие между наименованием и его содержанием. Такое несоответствие в свою очередь может послужить источником нежелательных заблуждений.

О. П. Щеглова [115], так же как и В. Л. Шульц, считает, что поскольку наиболее подвижная часть подземного питания по своим характеристикам сопоставима с поверхностным стеканием, то нет надобности в ее выделении в особую категорию питания и целесообразно присоединить ее к сезонному снеговому питанию. По ее мнению следует выделять лишь основное грунтовое питание, определяемое методом М. И. Львовича [73] или З. В. Джорджио [26], т. е. выделять лишь наиболее устойчивую часть подземного питания.

Конечно, бесспорна близость понятия «наиболее подвижные подземные воды» к понятию «поверхностное стекание», так же как и бесспорны серьезные объективные трудности, возникающие при разграничении этих вод и поверхностного стока. Тем не менее нельзя не считаться с тем, что уже сейчас в ряде случаев, как, например, при составлении краткосрочных гидрологических прогнозов, такое разграничение так или иначе оказывается необходимым. Такие потребности в перспективе, очевидно, еще более возрастут. В связи с этим желательно, по возможности, выделять динамичные подземные воды как особую категорию стока. Заслуживает серьезного внимания и другая сторона вопроса. Отнесение этих вод к поверхностному стоку ни в коем случае не должно быть категоричным, безусловным. Дело в том, что, как уже говорилось, условное отнесение динамичных подземных вод к поверхностному стоку может послужить источником последующих методических заблуждений. Действительно, сто́ит достаточно динамичный грунтовый сто́к посчитать за поверхностный, как неизбежно и вполне логически он обращается (о чем прямо и говорит О. П. Щеглова) в талый сток, хотя на самом деле он является суммой талого и дождевого стока. А это в свою очередь и приводит к ошибочным выводам в отношении стокообразующей роли различных источников питания.

А. М. Комлев [61] предлагает исключить из числа источников питания подземные воды, рассматривая их лишь как вид стекания. При этом подземный сток сам должен быть расчленен на снеговой и дождевой сток, являющиеся основными источниками питания.

П. М. Машуков [82] отмечает отсутствие единого мнения среди гидрологов в отношении понятий дождевой, снеговой, талый, грунтовый сток, коэффициент стока. Он предлагает подразделить сток по происхождению (дождевой и талый) и по способу стекания (поверхностный и грунтовый) на четыре вида стока: дождевой грунтовый, талый грунтовый, дождевой поверхностный и талый поверхностный.

Несмотря на несогласованность и даже противоречивость этих предложений, можно понять стремление Комлева и Машукова внести единообразие в важнейшую область гидрологических

представлений. Нельзя не признать и справедливость их предложений для определенных условий. В то же время вполне понятно, что эти предложения не обладают свойствами общности. Наоборот, в ряде случаев они способны породить немало осложнений в гидрологическом анализе. Решение вопроса, очевидно, нужно искать, исходя из водного баланса стока, этой основной количественной закономерности гидрологического процесса.

Метод водного баланса, представляющего частное выражение универсального закона сохранения материи, основывается, как известно, на том бесспорном положении, что, согласно формулировке Б. В. Полякова [89], «для любого объема пространства, ограниченного некоторой произвольной поверхностью, количество влаги, вошедшее внутрь этого объема, за вычетом вышедшего наружу, должно равняться изменению (увеличению или уменьшению) количества ее внутри данного объема». То есть ставится вопрос об источниках питания в зависимости от особенностей гидрологического бассейна и интервала времени рассмотрения. Так, для случая длительного времени и больших размеров бассейна состав источников питания ограничивается снеговыми и дождевыми осадками. В данном случае, действительно, о подземном питании (как и о ледниковом) можно говорить лишь как о способе, характере питания. Но если рассматривать конечный, не слишком длительный, промежуток времени, оказывается необходимым дополнить состав источников питания подземным стоком различных градаций, ледниковым стоком и другими. На этот раз они по существу водного баланса выступают именно как источники питания. Таким образом, возникновение различных источников питания, различных составляющих стока, в том числе и подземного, как и изменчивость состава источников питания в зависимости от конкретных особенностей анализа, является вполне естественным делом, вытекающим из существа водного баланса речного бассейна.

Для полноты исследования гидрологического процесса необходим анализ водного баланса по различным расчетным периодам, как по длительным, так и по коротким. При этом в зависимости от длительности периода рассмотрения будет меняться и содержание, и состав источников питания, и свойства отдельных составляющих баланса. Это, однако, при правильном подходе не должно создавать каких-либо осложнений, наоборот, будет лишь способствовать более глубокому и всестороннему познанию процесса стока.

Глава V

ВОДНЫЙ БАЛАНС ГОРНЫХ БАССЕЙНОВ

Как указывалось выше, гидрометеорологическая изученность горных бассейнов все еще совершенно недостаточна. Горная природа характеризуется высокой изменчивостью гидрометеорологических процессов, вызываемой чрезвычайным разнообразием и резкой

контрастностью высотного положения, условий рельефа и экспозиции склонов, погодно-климатических условий, почвенного и растительного покрова поверхности. Все это предъявляет особые требования к постановке гидрометеорологических наблюдений в горных районах и в первую очередь к плотности наблюдений. Между тем современное состояние гидрометеорологических наблюдений здесь далеко не удовлетворяет этим требованиям. По имеющимся материалам наблюдений обычно невозможно произвести достаточный количественный анализ процессов формирования стока, и поэтому оказывается необходимой организация в речных бассейнах специальных наблюдений, построенных в соответствии с условиями горной природы.

Такие наблюдения по принципу опытного бассейна были организованы под руководством автора на водосборе р. Алаарча. Они включают наблюдения за осадками на сети обычных и суммарных осадкомеров, размещенных в различных плановых и высотных частях бассейна; за стоком основной реки и ее притоков; за снеговой линией, залеганием снега, ледовыми явлениями на реках, зимним и летним испарением и др. Подобные же опытные бассейны действуют в бассейне р. Чонкызылсу, в Иссык-Кульской котловине, а вне пределов Киргизской части Тянь-Шаня — на реках Малой Алмаатинке и Кызылче.

Нужно подчеркнуть, что при тщательной обоснованности как организации подобных наблюдений, так и анализе их данных исследования в опытных бассейнах имеют то важное значение, что допускают требующиеся дифференцирование и интегрирование составляющих сложного и сильно изменчивого гидрологического процесса. Позволяя получать осредненные во времени и по площади характеристики и составляющие гидрологического процесса, работы в опытных бассейнах обладают весьма ценным достоинством максимального приближения к реальным условиям речных бассейнов.

1. Алаарчинский бассейн

Природная характеристика. Река Алаарча стекает с северных склонов Киргизского хребта. Водосборный бассейн ее горной части, следуя направлению реки, вытянут с юга на север на 25 км, достигая в средней части ширины в 12—13 км. Площадь бассейна, замыкаемая в створе гидрометеорологической станции Байтык, расположенной на высоте 1578 м при выходе реки из гор в широкую Чуйскую долину, составляет 233 км^2.

Природные условия бассейна в общих чертах типичны для широко представленных в Киргизии небольших и средних высокогорных рек, круто стекающих в крупные межгорные долины. Горы, окружающие центральную долину, достигают своими вершинами высоты 4500 м и более. На водоразделе с бассейном р. Аламедин находится высшая точка всего Киргизского хребта, пик Семенова-Тяншанского, имеющий высоту 4875 м.

Коренные породы в бассейне представлены докембрийскими резко дислоцированными конгломератами с прослойками песчаников и кристаллических сланцев и палеозойскими гранитами и гранодиоритами, обнаженными в гребневых частях гор и местами на их склонах. Подножия и отчасти средние части склонов покрыты чехлом делювиальных и делювиально-пролювиальных отложений.

Долины главных притоков имеют троговые очертания и являются висячими относительно главной долины. В верховьях реки текут в моренных нагромождениях, выше которых часто располагаются современные ледники. Гранулометрический состав ледниковых отложений следующий: на глыбы крупнее 20 см приходится по весу 70—75%; на угловатые обломки и валуны размером 20—10 см — 5—7%; на обломочный материал размером 10—5 см — 7—10%; 5—2 см — 3—5%; 3—1 см — 1—2% и менее 1 см — 10—15%.

Средние и нижние течения рек пролегают в аллювиальных отложениях, представленных глыбами, валунами, крупным галечником с небольшим участием гравия и песка. В нижней части бассейна грубообломочные материалы на склонах местами покрыты лессовидными суглинками небольшой мощности.

Широкое распространение в бассейне имеют грунтовые воды. В долинах рек они движутся в толще аллювия сплошным потоком,

Таблица 5

Высотное распределение частных площадей в Алаарчинском бассейне

Интервал высот, м	Частная площадь, км²	В том числе	
		доледниковая часть бассейна, км²	ледниковая часть бассейна, км²
1800	3,4	3,4	
1800—2000	5,3	5,3	
2000—2200	8,6	8,6	
2200—2400	10,4	10,4	
2400—2600	13,2	13,2	
2600—2800	16,2	16,2	
2800—3000	16,0	16,0	
3000—3200	19,1	19,1	
3200—3400	22,7	22,7	
3400—3600	30,0	25,9	4,1
3600—3800	29,4	20,8	8,6
3800—4000	27,5	11,3	16,2
4000 и более	31,4	4,4	27,0
Вся площадь	233,2	177,3	55,9

не отделяющимся от руслового. Эти воды местами частично выклиниваются, пополняя русловой сток, местами вновь уходят в толщу аллювиальных или моренных отложений. Питание этих грунтовых вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, талых ледниковых и снеговых вод, а также за счет просачивания русловых вод.

По климатическим и гидрологическим условиям бассейн нужно рассматривать состоящим из двух частей: ледниковой и доледниковой. В понятие ледниковой части входит не только площадь, занятая самими ледниками, но, как это имеет место в отношении речных бассейнов, вся площадь, питающая эти ледники. Распределение частей бассейна по высотам и площадям, характеристики его ледниковой и доледниковой частей и площади ледников, определенные по имеющимся картографическим материалам, приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 6

Ледники Алаарчинского бассейна

Название	Площадь ледников, км²	Название	Площадь ледников, км²
Алаарчинский	14,5	Аксайский	5,9
Голубина	7,4	Адыгининский	2,4
Туюкский	5,5		
Топкарагайский	0,9	Вся площадь	36,6

Как видно из этих таблиц, р. Алаарча является одной из наиболее высокогорных рек Киргизии. Средневзвешенная высота ее горного бассейна составляет 3400 м. На долю ледниковой части приходится почти четверть всей площади бассейна.

Поверхность склонов в нижней части бассейна, в среднем до высоты в 2600 м, покрыта лугово-степной растительностью. Местами здесь встречаются лесные и кустарниковые заросли; площадь, занятая ими, однако, невелика. Как показали наземные и воздушные наблюдения, с высоты примерно 2600 м характер поверхности начинает изменяться: почвенно-растительный покров становится более бедным, а осыпи и оголенные скальные участки занимают бо́льшие площади. В интервале высот от 3000 до 3400 м происходит быстрое исчезновение почвенного и растительного покрова, а выше 3400 м практически вся поверхность, незанятая ледниками и вечными снегами, представлена голыми скалами и незакрепленными осыпями.

Возникновение и развитие современной гидрографии и долинных форм рельефа, первоначально обусловленное тектонической деятельностью, протекало затем под влиянием, с одной стороны, оледенения и, с другой стороны, эрозионной деятельности

сменивших ледники водных потоков с высоким энергетическим потенциалом. В прошлом оледенение периодически достигало мощного развития с распространением на всю протяженность горного бассейна — ледниковые языки спускались по горным долинам вплоть до их выхода в межгорную Чуйскую долину. Оледенение привело к созданию глубоких и широких корытообразных долин со сглаженными очертаниями; донные части этих долин постепенно покрывались моренными отложениями. Водные потоки, занявшие место отступающих ледников, явились новым формообразующим фактором и вызвали углубление крутопадающих долин, получивших V-образный профиль, возникновение террас, висячих и прочих останцовых образований, создание современного облика гидрографии бассейна.

К числу основных элементов гидрографии бассейна должны быть отнесены сама р. Алаарча, ее притоки и родниковые ручьи. Алаарча является ясно выраженной главной рекой бассейна, имеет довольно прямолинейное меридиальное направление (если не считать легкого поворота в верховье) и ступенчатый продольный профиль русла. Крупных притоков четыре: правобережные — Топкарагай (площадь бассейна 14 км^2), Аксай (28,2 км^2), левобережные — Адыгине (37,9 км^2), Кадырберды (18,5 км^2). В верхней части долины этих притоков имеют также меридиальное направление, параллельное направлению главной реки, сменяющееся на широтное, перпендикулярное основной реке, в нижнем течении. Родниковые ручьи многочисленны и выходят на поверхность из-под склонов главной и боковых долин.

Рассматриваемая горная часть бассейна представляет собой зону формирования стока. Ниже, по выходе в Чуйскую долину, сток реки разбирается на орошение и частично расходуется на фильтрацию в грунт в зоне предгорного шлейфа.

По данным 30-летнего ряда, средний годовой расход воды р. Алаарча по выходе из гор составляет 4,14 м^3/сек. По внутригодовому распределению высокий сток приходится на период летнего половодья, охватывающего в среднем 4—5 месяцев, с июня (или с мая) по сентябрь.

В половодье расходы воды постепенно возрастают, достигая максимальных значений в июле — августе. Подъемы чередуются со спадами, причем каждый последующий спад в первой половине половодного периода оказывается менее глубоким, чем предыдущий. Примерно с середины августа начинается общий спад половодья, протекающий вначале довольно быстро, а затем все более и более замедленно вплоть до достижения зимних меженных уровней. В период спада половодья каждый последующий, частный, спад оказывается уже более глубоким, чем предыдущий.

Нередко летом при длительном стоянии жаркой погоды и особенно при выпадении больших ливневых осадков подъемы приобретают стремительный характер, паводки могут сопровождаться образованием селей, выносом большого количества наносов, деформа-

цией берегов, русла, а иногда и переустройством всего дна долины на благоприятных для этого участках течения.

Зимние месяцы характеризуются небольшими, достаточно устойчивыми расходами воды. В это время реки бассейна питаются исключительно грунтовыми водами, что наряду с большими скоростями течения препятствует образованию ледостава на этих реках. Замерзание рек с образованием сложных ледовых наслоений наблюдается лишь в высокогорной зоне, в верховьях рек. В среднем и нижнем течениях рек ледовые явления ограничиваются шугой, донным льдом, иногда, в морозную погоду, достигающим большой мощности, ледяными мостами и перемычками. Время от времени местами образуются обычно быстро прорывающиеся зажоры.

Сток. Реки бассейна, как и других подобных бассейнов, имеют продолжительные летние половодья, характерные для высокогорных условий с высотно-зональным развитием процессов таяния и стокообразования. Самостоятельными источниками питания этих рек являются талые воды сезонных снегов, талые воды «вечных» снегов и ледников и жидкие осадки, выпадающие в теплый сезон года. Полный годичный цикл стока продолжается с начала весенне-летнего периода (с начала таяния в самой нижней части бассейна, где оно наступает раньше, чем в других частях бассейна), когда начинается таяние и сток талых вод, до наступления начала следующего очередного подобного периода. Во второй, зимней, половине этого цикла сток происходит за счет грунтовых вод, сформировавшихся в результате аккумуляции в грунтах бассейна талых и дождевых вод предшествующего летнего сезона. Удельный вес зимнего стока здесь значителен, и с ним необходимо считаться. Таким образом, стоковый гидрологический год в горных бассейнах для воднобалансовых целей должен приниматься в соответствии с естественным стоковым циклом, включающим летнее и последующее зимнее полугодия. Нами этот год принят в постоянных календарных рамках с апреля по март, что с точки зрения точности расчетов является вполне допустимым.

В табл. 7 приведены средние месячные расходы воды ряда рек бассейна. Таблица показывает, что на самой р. Алаарче и большинстве ее притоков повышенный сток приходится на июнь — сентябрь, что присуще высокогорным рекам, в питании которых участвуют как снеговые, так и ледниковые талые воды. На отдельных реках бассейна половодье выражено слабо, а на некоторых отсутствует совершенно. Здесь расход воды в течение всего года и из года в год практически не меняется.

Отмеченное отсутствие или слабая выраженность половодья на ряде рек бассейна является следствием того, что талые и дождевые воды в этих бассейнах, фильтруясь через рыхлые отложения, испытывают их сильное регулирующее воздействие, приводящее к той или иной степени стабилизации стока.

Следует сказать, что явление грунтового или подземного регулирования стока представлено в бассейне широко и находит свое

Таблица 7

Средние месячные расходы воды (м³/сек.) рек Алаарчинского бассейна

Река	Пункт	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	Год
						1959-60 г.								
Джендысу	Устье	0,11	0,16	0,20	0,66	0,49	0,66	0,25	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,23
Алаарча	Выше р. Текетор	0,52	1,22	4,29	7,35	7,91	6,27	3,46	1,18	0,83	0,84	0,70	0,55	2,93
"	Альплагерь	0,59	1,12	3,94	9,61	9,56	5,88	2,32	1,19	0,81	0,64	0,57	0,50	3,06
Адыгине	Устье	0,16	0,20	0,56	1,83	1,60	1,07	0,47	0,28	0,18	0,16	0,13	0,12	0,56
Сезонный	"	0,00	0,00	0,11	0,14	0,14	0,12	0,10	0,07	0,03	0,02	0,00	0,00	0,06
Исаликма	"	0,32	0,31	0,29	0,35	0,34	0,36	0,36	0,35	0,34	0,34	0,34	0,31	0,33
Алаарча	Выше р. Балахман	1,21	1,93	5,00	10,2	10,8	8,50	5,50	2,86	2,04	1,99	1,96	1,67	4,47
Кадырберды	Устье	0,12	0,25	0,38	0,49	0,34	0,27	0,16	0,10	0,10	0,11	0,10	0,08	0,22
Алаарча	Байтык	1,72	2,46	6,44	12,2	12,1	8,62	3,57	2,29	1,87	1,86	1,76	1,61	4,71
						1960-61 г.								
Джендысу	Устье	0,11	0,16	0,27	0,92	0,91	0,35	0,18	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,26
Алаарча	Выше р. Текетор	0,81	1,17	4,45	7,83	7,92	3,32	1,27	1,01	0,83	0,84	0,70	0,55	2,56
"	Альплагерь	0,56	1,34	4,24	9,21	8,97	3,26	1,53	1,09	0,81	0,64	0,57	0,50	2,78
Адыгине	Устье	0,13	0,24	0,87	1,96	1,98	0,74	0,25	0,21	0,18	0,16	0,13	0,12	0,58
Сезонный	"	0,01	0,01	0,06	0,12	0,12	0,12	0,10	0,08	0,03	0,02	0,00	0,00	0,06
Исаликма	"	0,33	0,39	0,38	0,34	0,33	0,34	0,36	0,35	0,34	0,34	0,34	0,31	0,35
Алаарча	Выше р. Балахман	1,48	1,77	5,40	9,06	7,58	4,41	2,28	1,82	1,70	1,60	1,60	1,50	3,35
Кадырберды	Устье	0,07	0,24	0,48	0,29	0,14	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,16
Алаарча	Байтык	1,65	2,70	6,13	10,5	10,4	5,04	2,44	1,99	1,83	1,46	1,34	1,29	3,90

выражение в различных видах. Грунтовая зарегулированность представляет собой важнейшую закономерность стока всех рек бассейна. За ее счет сток происходит в течение зимнего полугодия, когда практически на поверхность бассейна не поступают ни талые, ни дождевые воды. С ней связано наличие медленно изменяющегося базиса стока, не зависящего от кратковременных колебаний метеорологических условий, постепенно и плавно возрастающего от зимнего меженного уровня к середине лета и также постепенно и плавно спадающего снова до зимнего уровня. Это результат смешения различных, неравномерно поступающих на поверхность бассейна талых и дождевых вод и их замедленного прохождения в грунтовых толщах — моренных, аллювиальных, делювиальных и других, приводящих к зарегулированному поступлению этих вод в реку.

Эта зарегулированная часть стока может быть выделена графически путем плавного соединения низших точек гидрографа, соответствующих случаям, когда сток в продолжении 2—3 дней стоит на относительно низком уровне и ведет себя независимо от температурных условий и осадков. Естественно, что в горах таяние протекает при невысокой температуре воздуха, в ночное время обычно опускающейся ниже нуля. Кроме того, в течение периода таяния благодаря непрерывным колебаниям температуры периодически наступают кратковременные похолодания, которые на 1—2 дня приостанавливают таяние и поступление в русловую сеть талых вод поверхностного добегания. Низшие точки гидрографа, обрисовывающие зарегулированную часть стока, как раз и соответствуют (с учетом времени добегания, установленным по смещению пиков талого стока относительно соответствующих им пиков температурного хода) случаям временного похолодания, прекращения таяния и поступления талых вод.

На различных реках бассейна относительная доля зарегулированного стока в общем объеме годового стока реки подвержена некоторым колебаниям, оставаясь в среднем весьма высокой (80—90%). На ряде рек доля зарегулированного стока достигает 100% — предельного состояния зарегулированности. Сток таких рек вообще стоит практически на неизменном уровне или обнаруживает лишь слабые сглаженные колебания.

Как видно из гидрографа стока некоторых источников подземного питания (рис. 17), последние имеют различный характер зарегулированности. Одни из них связаны с сезонным грунтовым стоком и с некоторым опозданием повторяют сглаженные колебания поступления талых и дождевых вод на поверхность бассейна как в основных зонах питания (р. Сезонный), так и в нижних (р. Кунтибес). Другие источники связаны с устойчивым грунтовым стоком и имеют практически постоянные расходы.

Грунтовая зарегулированность стока в той или иной степени является общим свойством всех рек Киргизии, обусловленным геологической историей Тянь-Шаня, обилием в долинах и бассейнах этих рек крупно- и мелкообломочных покровных образований.

Это не означает, что верхняя часть гидрографа, подверженная кратковременным колебаниям в зависимости от хода температуры воздуха и выпадения осадков, целиком относится к поверхностному стоку. Частично или даже полностью эта часть стока также испытывает грунтовое регулирование, но соответствует бо́льшим грунтовым скоростям, присущим начальной стадии иссякания запасов грунтовых вод. Об этом свидетельствует существование значительной

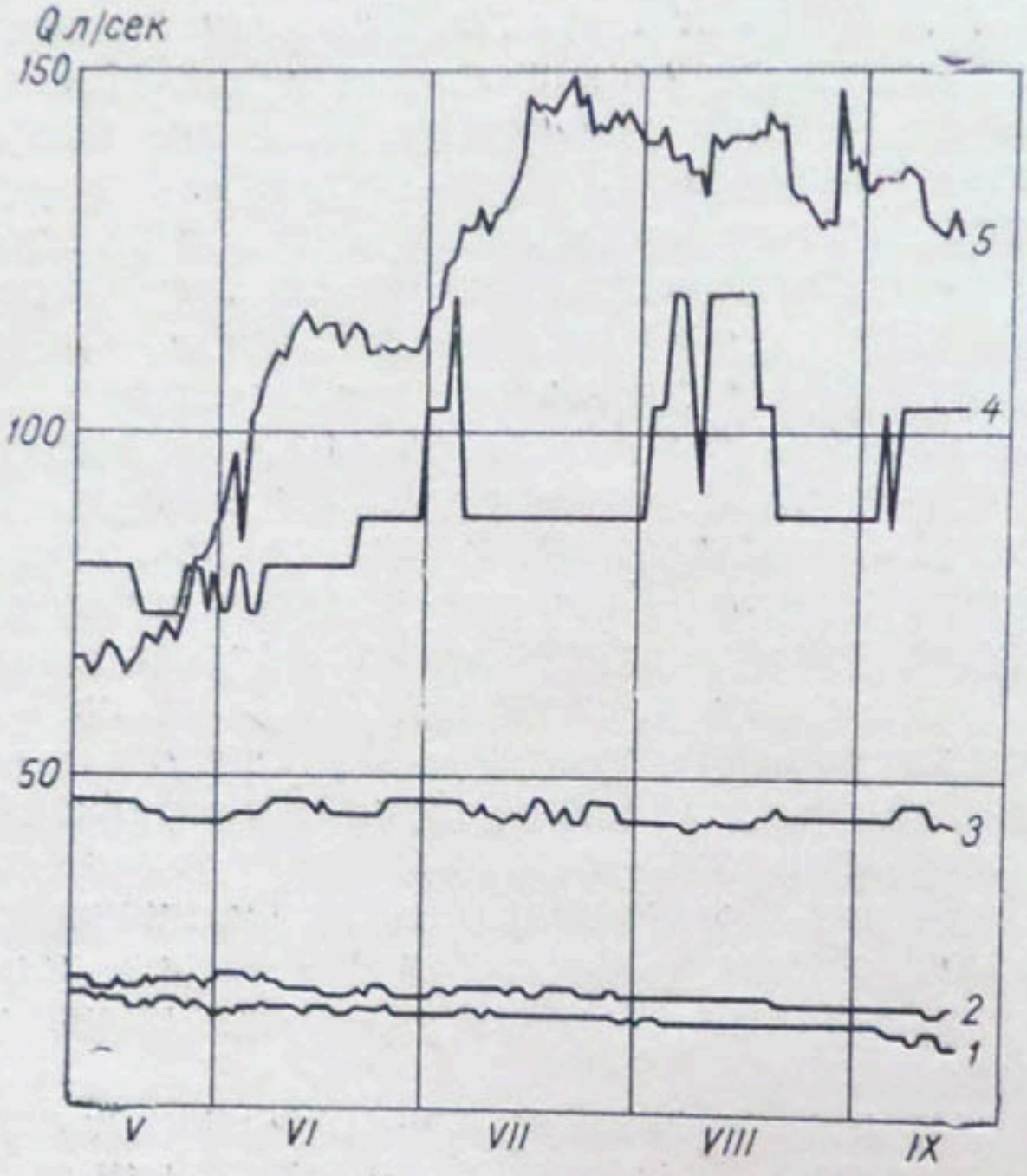

Рис. 17. Гидрографы некоторых источников подземного питания в Алаарчинском бассейне, 1959 г.
1 — Кунтийбес, *2* — Сарыкунгей, *3* — Байрок, *4* — Алагуш, *5* — Сезонный.

сдвижки в очертаниях гидрографов рек относительно графиков температуры воздуха, а в некоторых случаях даже относительно выпадения осадков. В то время как русловое добегание исчисляется часами, названная сдвижка на большинстве рек составляет 2—4 дня и более (на реках с полностью зарегулированным стоком), обнаруживая тем самым наличие кратковременного грунтового регулирования даже той части стока, которую принято считать поверхностным русловым стоком.

В условиях большой роли грунтового регулирования в формировании стока и без того непростые зависимости между стоком и температурой воздуха (как и атмосферными осадками) еще более усложняются. Без учета фактора грунтового регулирования связь

стока с температурой воздуха вообще отсутствует (рис. 18). Это же обстоятельство делает часто неприменимым метод вертикального и горизонтального расчленения гидрографа для анализа стока и выделения его составляющих. В особенности это касается определения дождевой составляющей посредством срезки отдельных пиков

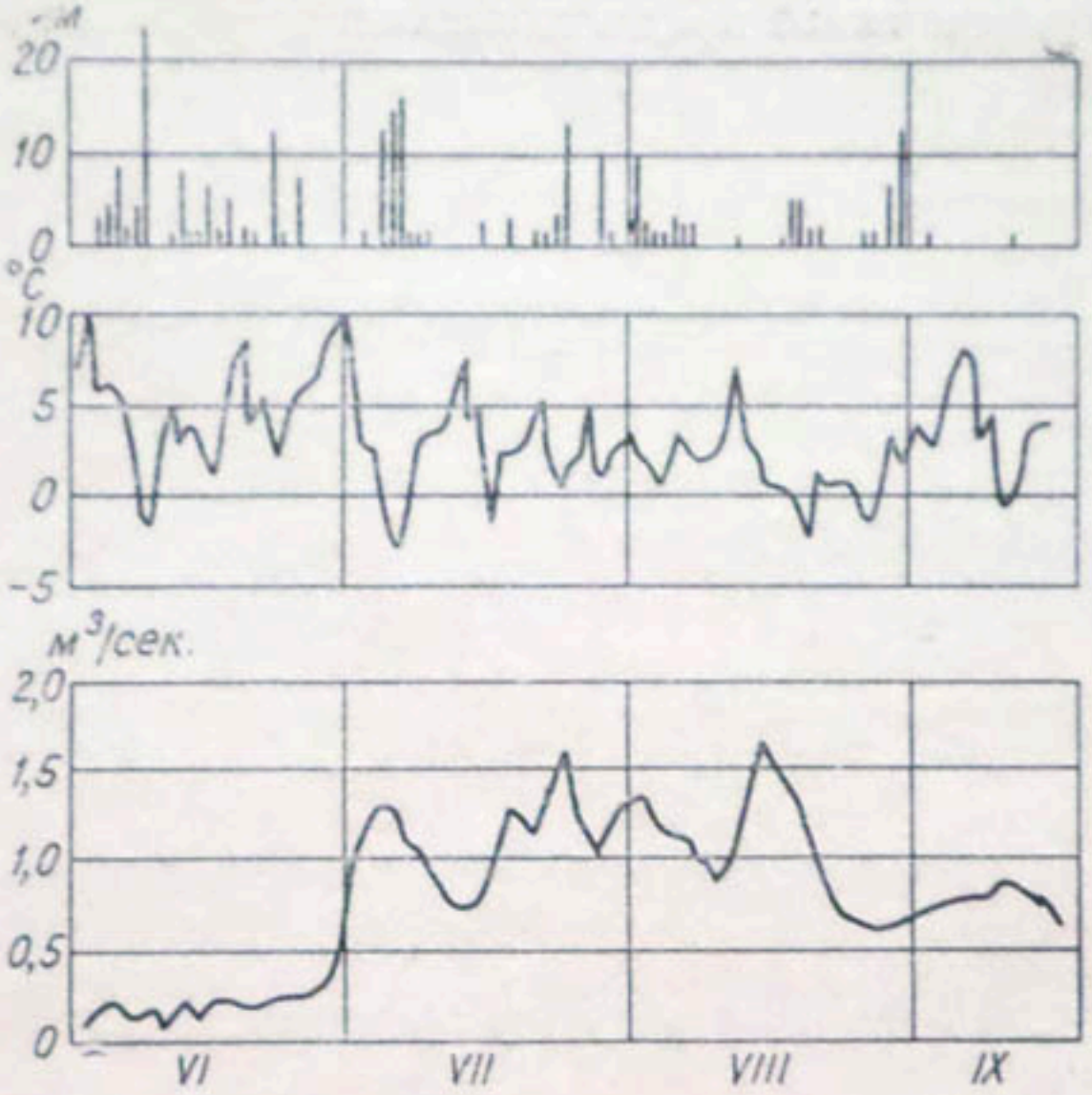

Рис. 18. Атмосферные осадки, температура воздуха в зонах таяния и расходы воды р. Адыгине (ниже устья р. Тезтор).

гидрографа, синхронных выпадению осадков. Как можно заключить из рис. 19, такая операция в данном случае фактически невозможна. В результате этой операции учитывается лишь та часть дождевого стока, которая стекает поверхностным путем и вызывает приращение руслового стока, в то время как другая его часть, испытывающая грунтовое регулирование и обращающаяся в грунтовой поток, остается неизвестной и обычно приписывается к талому стоку. Следствием несовершенства этого метода является тот факт, что дождевой сток, как уже говорилось в предыдущей главе, в ряде случаев занижается относительно его действительных размеров.

Сток в центральный канал, р. Алаарчу, поступает уже зарегулированным. Грунтовое регулирование стока, таким образом, совершается в областях формирования стока, где происходит таяние снега и ледников, куда попадают и где собираются дождевые воды. Следовательно, стокорегулирующая роль, прежде всего, принадлежит делювиальным и осыпным чехлам и мощным моренным отложениям ледниковых долин, широко распространенным в бассейне.

Последний, замыкающий бассейн, участок реки привлекает внимание с точки зрения полноты учета стока со всего бассейна. В связи с тем что несколько выше створа Байтык русло реки пролегает в скальной теснине, можно полагать, что сток в этом створе учитывается в достаточной мере полно. Непосредственные наблюдения за подрусловыми водами в створе поста по пробуренным позднее скважинам подтвердили такое предположение.

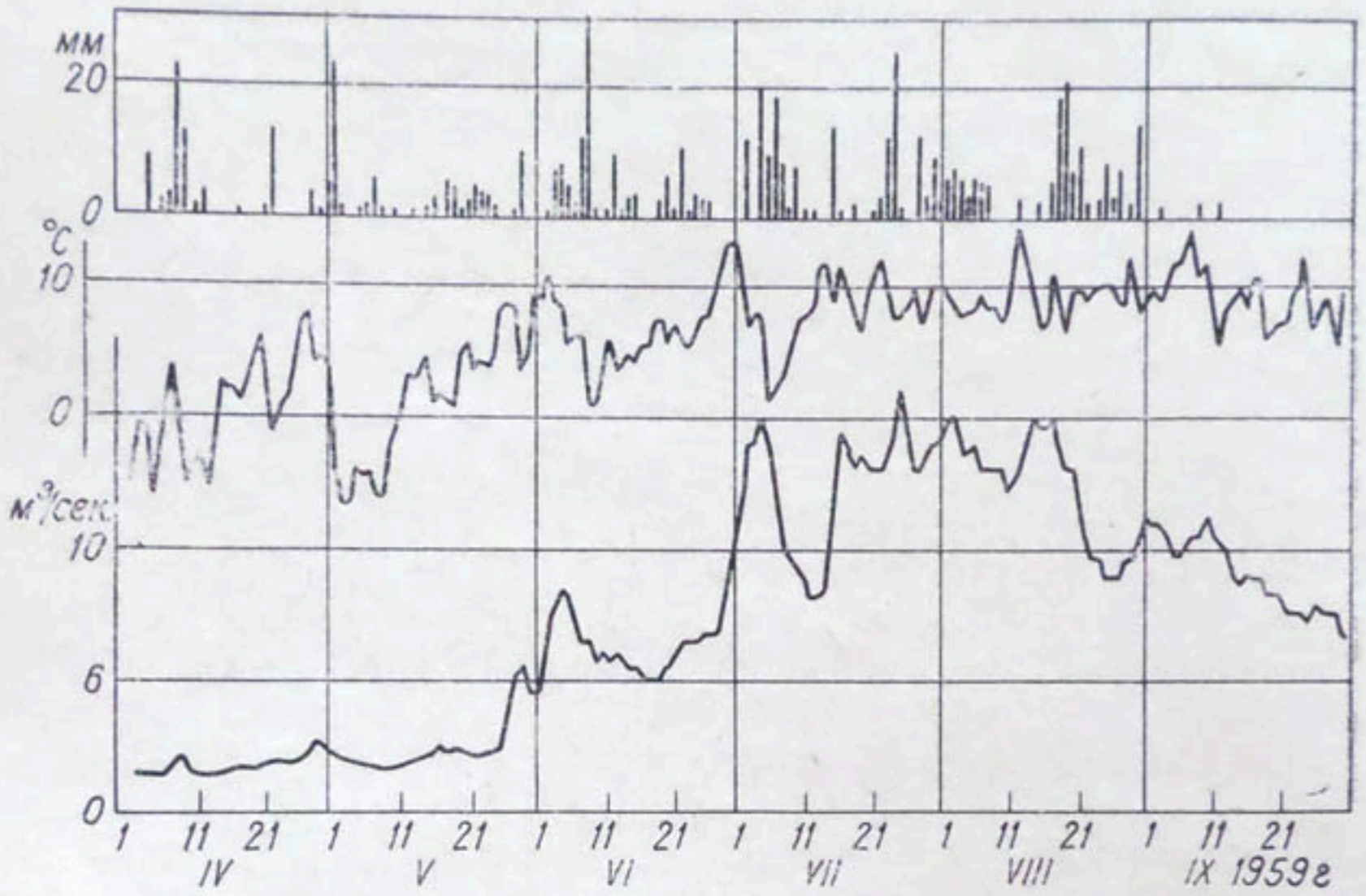

Рис. 19. Ход осадков, температуры воздуха (метеостанция Алаарча) и стока р. Алаарчи (устье р. Кашкасу).

Наглядное представление о том, насколько интенсивно протекает процесс впитывания талых вод в грунт, дает картина весеннего снеготаяния в нижней части бассейна. Несмотря на интенсивное таяние снега, здесь в течение апреля и мая талые воды теряются, не вызывая в это время сколько-нибудь заметного увеличения расходов воды в реке.

То же самое нужно сказать и в отношении дождевых вод. Как следует из табл. 8, поверхностный сток дождевых вод ничтожен. Стоковые площадки размером в 85 м², на которых велись наблюдения, были ограничены выпуклыми бортиками и оборудованы в нижнем конце закрытым водоприемником. Они размещались на нижних частях склонов как основной, так и боковых долин. При оценке результатов наблюдений на стоковых площадках необходимо считаться с тем, что распределение осадков за время наблюдений было достаточно равномерным и осадки были умеренными. Наибольшее суточное количество осадков составило 26,3 мм, причем эти осадки, так же как и другие значительные осадки, выпали в условиях предшествовавшей более или менее сухой погодной обстановки.

Таблица 8

Жидкие осадки, сток и коэффициенты поверхностного стока по наблюдениям на стоковых площадках в Алаарчинском бассейне в 1960 г.

№ стоковой площадки	Высота площадки, м	VI			VII			VIII			IX		
		осадки, мм	сток, л	коэффициент стока	осадки, мм	сток, л	коэффициент стока	осадки, мм	сток, л	коэффициент стока	осадки, мм	сток, л	коэффициент стока
1	1840	77,6	25,4	0,0038	65,7	17,8	0,0032	4,2	0,8	0,0024	21,5	1,2	0,0006
2	2100	13,3	1,5	0,0013	23,0	1,3	0,0007	11,4	0,7	0,0007	15,3	0,5	0,0003
3	2570	—	—	—	38,0	1,0	0,0003	7,4	0,1	0,0001	51,8	1,2	0,0003
4	2600	22,4	1,8	0,0010	61,8	1,0	0,0004	11,7	0,1	0,0001	22,0	0,3	0,0002
5	2650	51,5	9,8	0,0020	52,8	7,3	0,0020	14,5	1,9	0,0020	13,7	1,8	0,0020

Таблица 9

Модули годового стока рек Алаарчинского бассейна за 1959-60 г.

Река	Пункт	Площадь бассейна, км²	Средневзвешенная высота бассейна, м	Модуль стока, л/сек. км²
Алаарча	Верхняя	31.6	3800	36,0
Джендысу	Устье	9,7	3800	23,7
Туюксу	"	9,0	3850	39,1
Топкарагай	"	14,0	3900	27,1
Алаарча	Выше р. Текетор	97,9	3600	29,9
Текетор	Устье	6,0	3400	6,8
Аксай Сезонный	"	28,2	3700	18,3
Алаарча	Альплагерь	139,7	3600	21,9
Адыгине Саватор	Устье	37,9	3600	20,1
Муратсай	"	5,6	3100	1,6
Алаарча	Выше р. Балахман	196,3	3580	22,8
Балахман	Устье	3,0	2900	4,7
Карагайли-булак	"	7,5	2900	3,5
Куньтибес	"	2,2	2550	4,5
Кадыберды	"	18,5	2800	11,2
Байрок	"	3,4	2200	9,1
Алаарча	Байтык	233,4	3400	20,4

Сказанное, конечно, не означает, что талые и дождевые воды вообще не дают стока. Через некоторое время в сглаженном, зарегулированном, виде проникшие в грунт воды все же обращаются в сток. Более того, временами здесь проходят даже бурные и мощные паводки, приобретающие селевой характер. Это случается тогда, когда осадки выпадают в большом количестве или талые воды поступают обильно. В этих случаях механизм грунтового регулирования выходит из строя: грунты бассейна, впитав определенное количество дождевых или талых вод, теряют способность к дальнейшему впитыванию, и весь объем воды, продолжающей поступать на поверхность бассейна, обращается в сток.

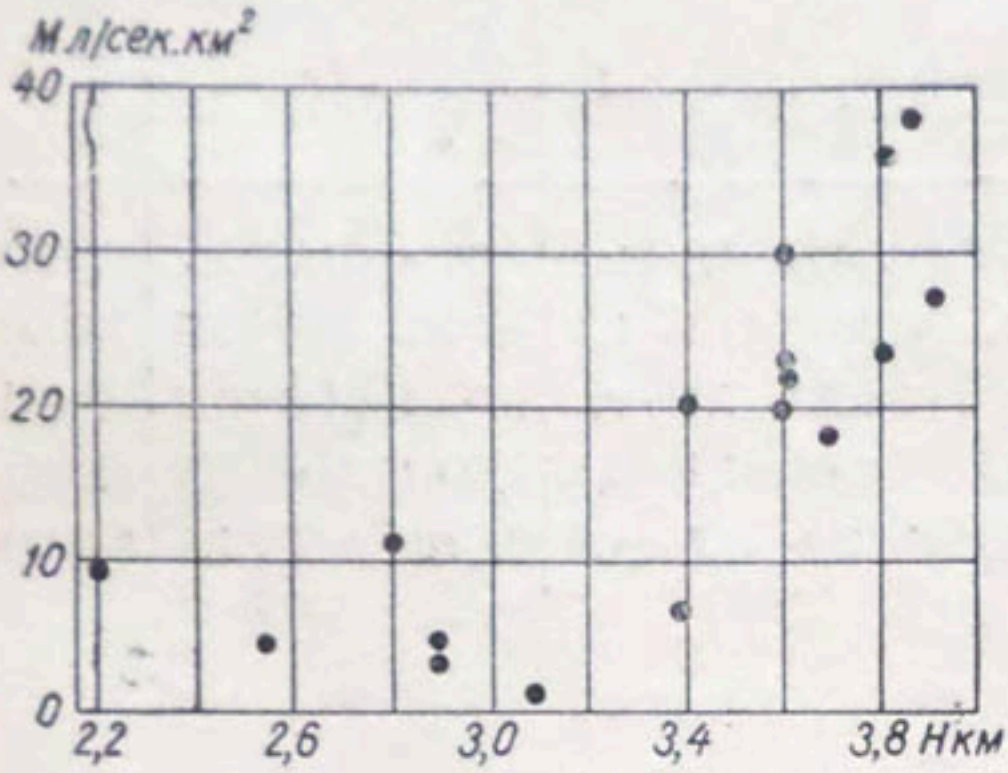

Рис. 20. Зависимость модулей стока за 1959-60 стоковый год от средневзвешенных высот бассейнов.

В табл. 9 приведены модули стока для различных частных водосборов бассейна. Таблица показывает, что чем выше высотное положение водосбора, тем больше и модуль стока, причем рост модулей происходит весьма интенсивно (рис. 20). Такой характер изменения модулей стока вполне понятен, если учесть, что по мере возрастания высоты, как будет показано в последующем, количество атмосферных осадков увеличивается, а их расходование на испарение уменьшается. В то же время из таблицы следует, что закономерность возрастания модулей стока с высотой имеет сложную природу, поскольку на величину модуля влияет также грунтовое регулирование стока, перераспределяя его по площади бассейна и по длине реки между участками течения, как, естественно, и другие характеристики. Так, сток, подсчитанный по устьевым постам притоков Джендысу, Топкарагай, Текетор, Аксай, Муратсай, Адыгине, в модульном выражении оказывается в сравнении со стоком другой группы рек заниженным относительно их высотного положения. В отношении рек Адыгине, Топкарагай и Аксай это объясняется тем, что часть стока этих рек впадает в р. Алаарчу в виде Саватарских и Перевалочных ключей в районе устья р. Топкарагай и ручья Сезонного в районе Альпинистского лагеря. Устьевые участки рек Джендысу и Текетор пролегают по крупнокаменной россыпи и вполне естественно, что в русле этих рек проходит не весь сток, часть его идет подрусловым путем. Подтверждением сказанного служит сток р. Туюксу, протекающей в непосредственной близости от р. Джендысу в аналогичных с ней условиях, за исключением того, что пост на р. Туюксу располагается на нижнем конце скального участка

русла, что способствует концентрации всего стока реки в русло. Модуль стока р. Туюксу значительно выше в сравнении с модулем р. Джендысу и является одним из самых высоких в бассейне. Поступление в р. Алаарчу дополнительного стока рек Джендысу, Топкарагай, Адыгине, Аксай находит свое выражение в соответствующем возрастании руслового стока р. Алаарчи на участке между постами Алаарча верхняя и устье р. Текетор и ниже.

Таким образом, наблюдения в Алаарчинском бассейне, как и более поздние исследования, свидетельствуют о высокой инфильтрационной способности горных почво-грунтов как в Тянь-Шане, так и в некоторых других горных областях. Они опровергают прежние упрощенные представления о доминирующей роли поверхностного стекания в горных условиях, обусловленного крутосклонным характером поверхности, что как будто бы должно способствовать быстрой и полной концентрации руслового стока. В действительности такая картина является лишь частным случаем, наступающим по достижении состояния полной водонасыщенности почво-грунтов при обильном орошении жидкими осадками. До достижения этого состояния инфильтрационная способность почво-грунтов, как правило, превосходит интенсивность поступления осадков.

Осадки. Выше был рассмотрен полный годичный цикл стока, продолжающийся со времени начала таяния до нового наступления таяния в бассейне. При этом автор стремился выделить генетически цельный и ясно очерченный годичный цикл. Если теперь задачу выделения генетически полного и законченного годичного цикла перенести на осадки в бассейне, можно прийти к годичному циклу как периоду, в течение которого происходит выпадение и накопление атмосферных осадков в бассейне в твердом виде, без расходования их на сток, затем таяние этих накопившихся осадков, выпадение жидких осадков и формирование стока за счет как талых, так и дождевых вод. Отсюда полному стоковому циклу соответствует полный годичный цикл осадков, сдвинутый относительно стокового годичного цикла по времени примерно на полгода назад.

Годичный осадковый цикл, таким образом, продолжается с момента установления отрицательной температуры воздуха, прекращения таяния и начала выпадения твердых осадков до наступления следующего очередного подобного момента. Сток по своей природе является интегральной по площади величиной. Поэтому стоковый год рассматривался в одних, общих для всего водосбора, рамках, обусловленных условиями поступления талых и дождевых вод в самой нижней части бассейна, где поступление вод начинается раньше, чем в остальных его частях. Осадки же не являются интегральной по площади величиной, и поэтому рамки осадкового года в календарном выражении будут изменяться по высотному простиранию бассейна. Оставаясь по продолжительности примерно одинаковым для всех высотных положений, начало и конец осадкового года по мере возрастания высоты будет испытывать календарное смещение назад: на каждой последующей высотной ступени он будет

начинаться и оканчиваться раньше, чем на предыдущей, нижележащей, ступени.

Так же как и стоковый год, осадковый год подразделяется на два отличных по своим условиям полугодия. Первую половину осадкового года, в противоположность стоковому, составляет зимнее полугодие, в которое происходит выпадение и накопление твердых осадков, стаивающих в конце этого периода. Вторую половину осадкового года представляет летнее полугодие, когда на уже очистившуюся от стаявшего снега поверхность выпадают жидкие осадки. Границей между зимним и летним полугодиями осадкового года является момент полного стаивания снежного покрова на данном высотном уровне. Конечно, не исключено, что дождевые осадки будут отчасти выпадать и на еще заснеженную поверхность, как и снеговые осадки на поверхность, уже очистившуюся от снега. Но поскольку твердые осадки, выпадающие в летнее время практически минуют стадию накопления, т. е. близки к жидким осадкам, это обстоятельство, на наш взгляд, не представляет большого интереса. Возможно, правда, это приведет к некоторому увеличению объема жидких осадков и их роли в стокообразовании.

Если начало и конец годичного осадкового цикла с высотой, как было отмечено, смещаются назад, то грань между зимним и летним полугодиями с высотой получает по календарю смещение вперед, т. е. на каждой более высокой ступени летнее полугодие наступает позднее, чем на нижележащей. В результате, продолжительность зимнего полугодия с высотой возрастает, а летнего — убывает. На высоте климатической снеговой линии грань между зимним и летним полугодиями догоняет и смыкается с границей всего осадкового года. С этой высоты и выше естественное понятие осадкового года как законченного цикла выпадения и расходования атмосферных осадков теряет смысл, так как осуществляется переход к многолетнему циклу выпадения и смешения осадков с особыми законами их расходования.

Гидрологическое значение осадков зимнего и летнего полугодий совершенно различно, в связи с чем очень важное значение приобретает их разграничение и раздельное изучение. Для этого прежде всего необходимо определить фактические границы осадкового года и его полугодий по высотному простиранию бассейна за каждый рассматриваемый год. Эта задача для бассейна Алаарчи решалась с применением специальных наземных и воздушных наблюдений путем нахождения высотного положения снеговой линии. В горных условиях на залегание снега сильное воздействие оказывают местные условия рельефа, крутизна и экспозиция склонов, и снеговая линия на каждый данный момент представляет волнистую линию, то выдающуюся вниз, то поднимающуюся вверх. В результате неравномерности стаивания снежный покров близ своей нижней границы на участках пологих склонов приобретает пятнистый характер с переходом мелких и редких снежных пятен выше по склонам в более крупные и частые. При наземных наблюдениях, проводив-

Таблица 10

Календарные границы осадковых лет и их полугодий в Алаарчинском бассейне

Высота, м	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000
1957-58 г.													
Лето — зима	8/XI	5/XI	4/XI	2/XI	30/X	27/X	23/X	19/X	13/X	5/X	26/IX	14/XI	19/VIII
Зима — лето	18/IV	25/IV	2/V	9/V	17/V	25/V	2/VI	10/VI	10/VI	29/VI	10/VII	22/VII	10/VIII
1958-59 г.													
Лето — зима	31/X	30/X	29/X	27/X	24/X	21/X	18/X	14/X	7/X	1/X	21/IX	6/IX	12/VIII
Зима — лето	10/IV	14/IV	20/IV	26/IV	2/V	9/V	16/V	25/V	5/VI	19/VI	4/VII	22/VII	14/VIII
1959-60 г.													
Лето — зима	14/XI	10/XI	7/XI	2/XI	31/X	28/X	24/X	18/X	13/X	7/X	26/IX	10/IX	16/VIII
Зима — лето	10/IV	15/IV	20/IV	26/IV	4/V	12/V	22/V	2/VI	14/VI	26/VI	8/VII	22/VII	12/VIII

шихся ежедекадно, положение снеговой линии фиксировалось по нижней границе залегания снега плотными пятнами, а ее высотное положение устанавливалось путем привязки к имеющимся в бассейне наблюдательным пунктам с известными отметками. Воздушные наблюдения выполнялись путем облета бассейна на самолете или вертолете с перспективным фотографированием горных склонов регулярно, два раза в месяц, в течение всего летнего полугодия. После

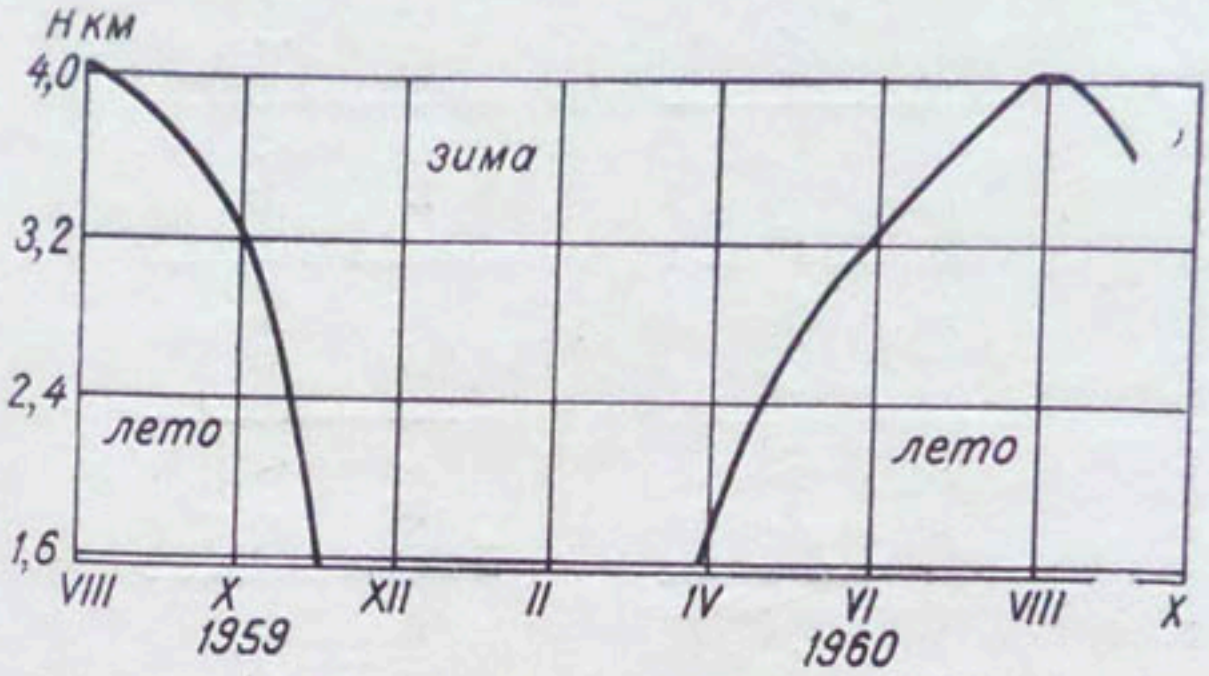

Рис. 21. Границы осадкового года и полугодий в бассейне (1959-60 г.).

значительных снегопадов снеговая линия обычно снижается. Для исключения влияния непоказательного свежевыпавшего снега полеты производились лишь спустя 2—3 дня после его стаивания. После получения фотоматериалов дальнейшая работа с ними проводилась с привлечением крупномасштабных топографических карт. На каждом снимке находилась серия точек снеговой линии, соответствующих ее среднему состоянию без отклонений в ту или другую сторону, обусловленных местными причинами. Затем эти точки снеговой линии привязывались к характерным точкам рельефа и гидрографии и по картам определялось их высотное положение. В результате плавного соединения точек наблюдений за различные сроки были получены сплошные контуры осадкового года и полугодий. При этом оказалось, что оба метода, наземный и воздушный, при тщательном исполнении наблюдений дают вполне согласующиеся результаты и для решения задачи совершенно достаточно применение одного из этих методов. Определение границ всего осадкового года в сравнении с определением границы между зимним и летним полугодиями представляет более простую задачу и с успехом может решаться в соответствии с высотным перемещением среднесуточной нулевой изотермы.

Изложенным путем были определены границы осадкового года и его полугодий за рассматриваемые годы. Ход этих границ дан в табл. 10 и изображен за 1 год из рассматриваемых на рис. 21.

Наблюдения за осадками в Алаарчинском бассейне велись на специально созданной сети осадкомеров, включавшей 3 осадкомера

Третьякова и 16 суммарных осадкомеров системы Косарева. Отсчеты по осадкомерам Третьякова производились общепринятым порядком: по суммарным осадкомерам — один раз в месяц (в конце месяца) на приборах, расположенных в нижней, доступной в зимних условиях, части бассейна, и суммарно за зимние месяцы и ежемесячно в летний период на приборах, находящихся в верхней, недоступной части бассейна.

Размещение осадкомеров в бассейне производилось по следующему принципу. Сеть осадкомеров должна была дать достаточно отчетливую картину распределения осадков по всей площади бассейна в безледниковой его части. Ледниковая часть из первой очереди исследований исключалась. Такое исключение, с одной стороны, было вызвано большой трудностью организации массовых наблюдений в условиях оледенелого высокогорья, а с другой стороны, оправдывалось тем, что в связи с многолетним характером баланса осадков в ледниковой зоне наряду с наблюдениями за осадками здесь непременно нужны наблюдения за изменением запасов льда. Такие работы однако не намечались.

Для того чтобы дать картину распределения осадков, осадкомеры прежде всего должны были быть по возможности равномерно размещены в бассейне в плановом и высотном отношении. При этом, естественно, осадкомеры не устанавливались в нетипичных или искажающих условиях, как, например, на гребнях, вершинах гор и очень крутых склонах.

Осадкомеры были размещены на высотах от 1580 до 3450 м. Площадь, приходящаяся в среднем на каждый прибор, составила около 9 км^2.

По каждому осадкомеру осадки подсчитывались за осадковый год и отдельно за зимнее и летнее полугодия согласно продолжительности и границам этого года и полугодий на высоте нахождения каждого прибора. Подразделение имеющихся по суммарным приборам общих осадков за полный календарный месяц в случаях, когда граница между полугодиями приходилась внутри месяца, производилось пропорционально показаниям ближайшего осадкомера Третьякова за соответствующие части месяца.

Рассмотрение показаний осадкомеров как суммарных, так и обычных, размещенных в большом количестве во всей площади бассейна (за исключением труднодоступных высокогорий) показывает следующее. Несмотря на значительные, но вполне объяснимые и понятные с точки зрения сложного территориального хода осадков различия за короткие периоды времени, за годичный цикл и сезоны года эти показания в общем дают согласную и закономерную картину. Это позволяет считать данные осадкомеров надежно отвечающими величинам сезонных и годовых осадков в различных пунктах бассейна, а совокупность имеющегося большого числа осадкомеров — приемлемой для территориальной оценки осадков по всему доледниковому бассейну (рис. 22).

Вместе с тем анализ показал неприменимость показаний единичных приборов для территориальной оценки осадков даже в пределах небольших частей бассейна, в его отдельных высотных зонах. Так, один из всей совокупности имеющихся в бассейне осадкомеров, суммарный осадкомер в верховьях р. Адыгине на высоте 3250 м, дает осадки, систематически завышаемые в несколько раз в сравнении с показаниями других приборов, хотя показания контрольного прибора, установленного в непосредственной близости, на расстоянии 250 м, хорошо согласуются с показаниями остальных приборов. Следовательно, завышенные осадки первого прибора представляют собой территориально ограниченное явление и при оценке осадков на площадь не должны приниматься в расчеты. Таким образом, в отдельных случаях осадкомер может оказаться в территориально нерепрезентативных условиях.

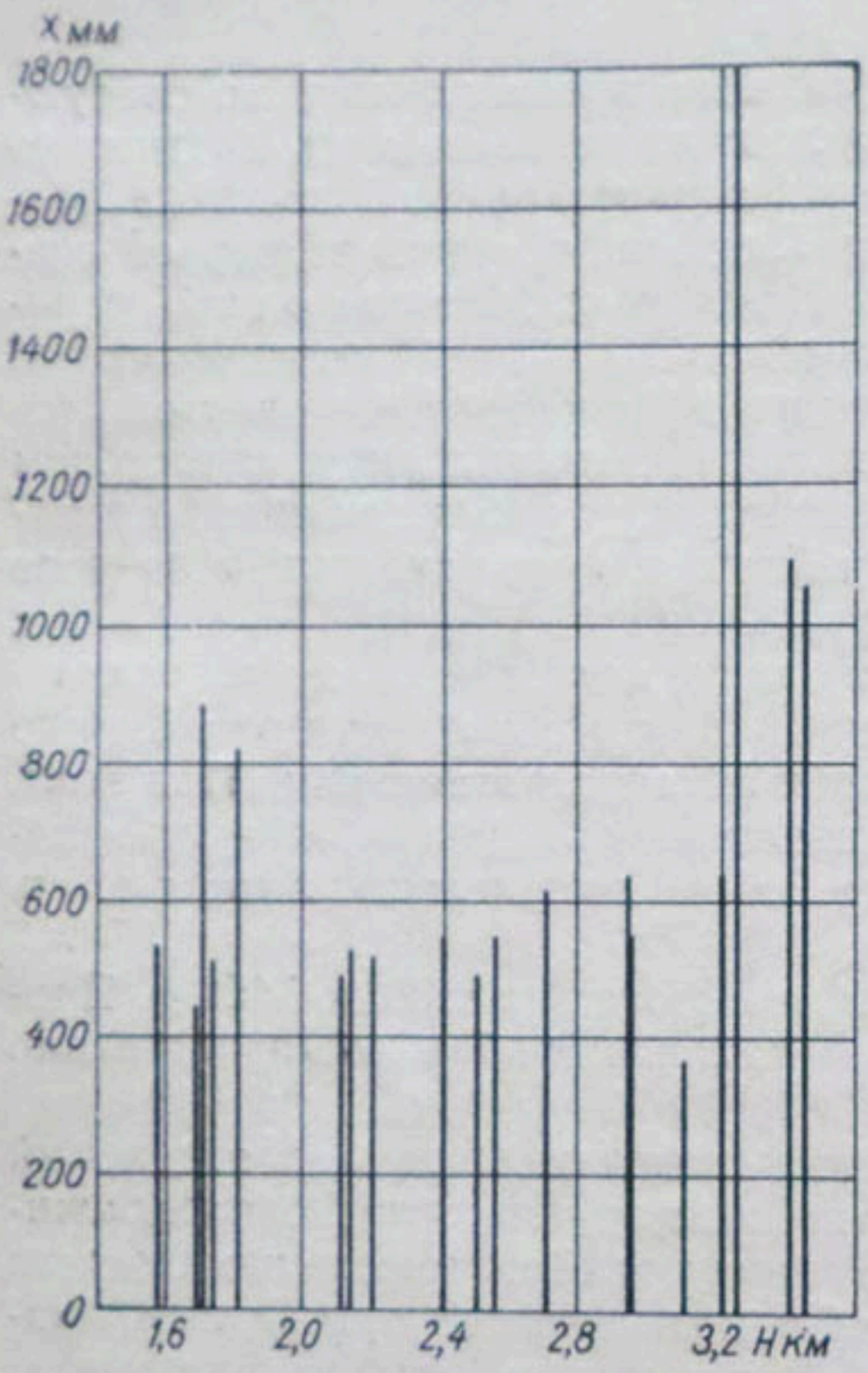

Рис. 22. Годовые осадки в бассейне по данным осадкомеров за 1959-60 г. в стандартных календарных рамках осадкового года (октябрь — сентябрь).

Помимо полной и общей нерепрезентативности, встречающейся, правда, редко, необходимо считаться с более частым явлением периодической нерепрезентативности. Отдельные осадкомеры в различные годы и сезоны года могут давать существенные отклонения от общей пространственно закономерной картины в сторону завышения или занижения осадков. Это еще раз свидетельствует о большой сложности территориального хода метеорологических процессов в горных условиях. Отсюда же следует, что при оценке осадков (имея в виду оценку определенной территориальной значимости) даже для сравнительно небольших участков нельзя пользоваться данными единичных приборов; оценку надлежит производить путем осреднения показаний нескольких приборов.

Нужно отметить, что аналогичные выводы в последнее время были получены В. И. Михайловой по наблюдениям над осадками в Чонкызылсуйском опытном бассейне [83].

С учетом изложенного подсчет осадков в бассейне производился следующим образом. Показания упомянутого осадкомера в верховьях р. Адыгине как сильно искажающие обстановку территориального хода осадков из расчета были исключены. Все остальные осадкомеры были последовательно по высоте разбиты на группы (по 3 прибора), и для каждой группы вычислялись средние арифметические величины осадков и высоты. Посредством интерполяции и экстраполяции этих величин находились значения осадков за рассматриваемый период по всему простиранию бассейна. Полученное таким путем распределение осадков представляет следующую картину.

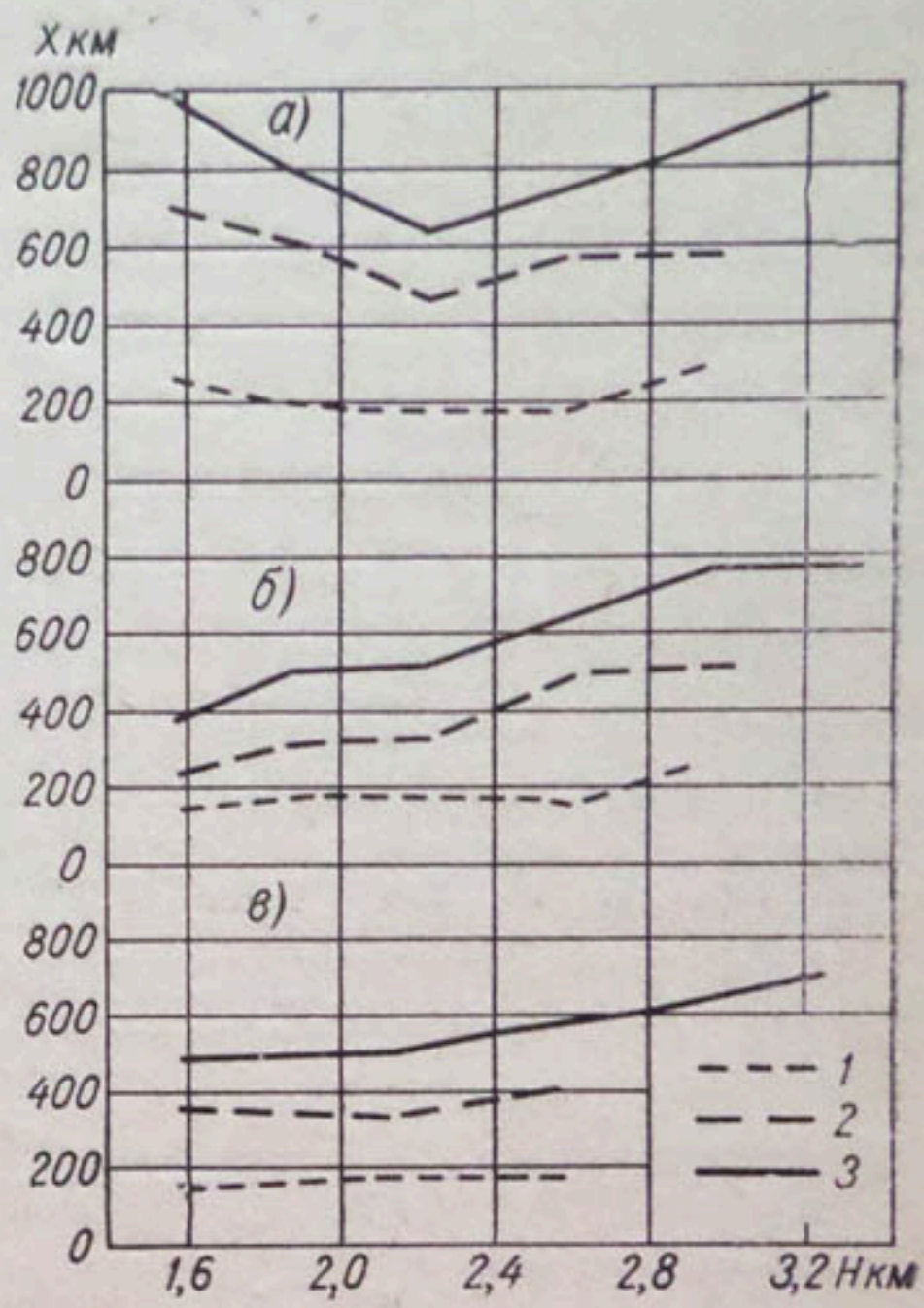

Рис. 23. Распределение зимних (*1*), летних (*2*) и суммарных годовых (*3*) осадков по высотным зонам бассейна за 1957-58 (*а*), 1958-59 (*б*) и 1959-60 (*в*) гг. в стандартных календарных рамках зимнего (октябрь — март) и летнего (апрель — сентябрь) полугодий и соответствующего им года (октябрь—сентябрь).

Суммарные количества осадков, рассматриваемые за годичный период или полугодия, обнаруживают не только изменчивость во времени, из года в год, от полугодия к полугодию, но и сложный неустойчивый высотный ход. Годовые суммы осадков в стандартных рамках осадкового года (X—IX) в нижней половине бассейна могут как возрастать, так и убывать с высотой. В средней части бассейна, на высоте около 3000 м, сумма осадков, как правило, уже не меньше ее максимального значения в нижней части бассейна. Далее с высотой количество осадков возрастает.

Суммарные величины осадков за зимнее и летнее календарные полугодия (X—III, IV—IX) показывают устойчивое преобладание осадков летнего полугодия, превышающих зимние осадки в среднем в 2,5 раза. Таким образом, основная масса осадков выпадает в летнее время, причем постоянного соотношения между зимними и летними осадками не наблюдается (рис. 23).

Распределение суммарных осадков за зимнее и летнее полугодия в их некалендарных, естественных, границах, понятие о которых было изложено выше, имеет свои особенности, обусловленные их разной продолжительностью на различных высотных

ступенях [1]. Осадки летнего полугодия в нижней половине бассейна могут аналогично годовым осадкам как возрастать, так и убывать с высотой, всегда превосходя однако зимние осадки. Но с высоты 3000 м летние осадки начинают всегда идти на убыль. С этой же высоты интенсивно возрастают осадки зимнего полугодия. Такой

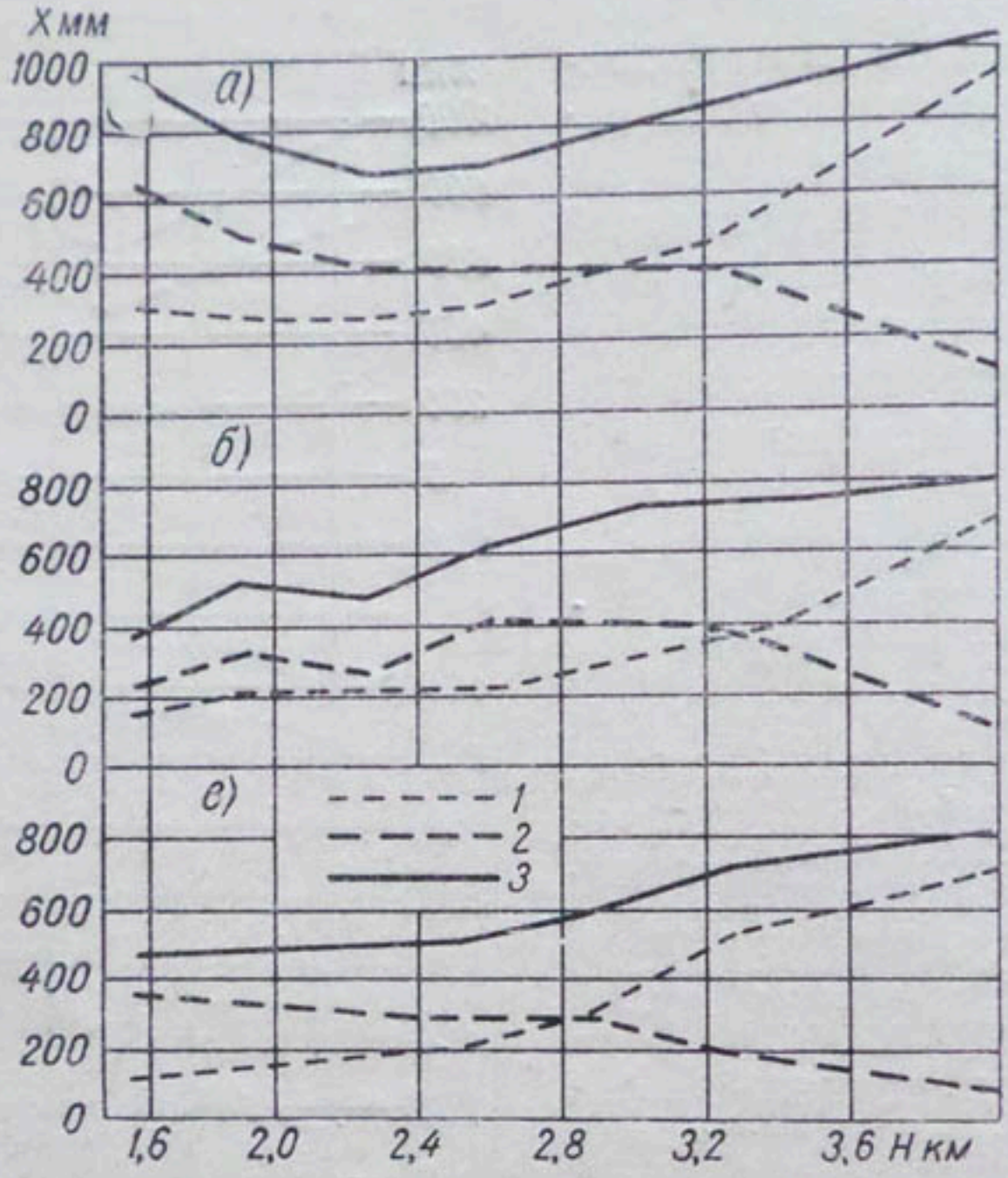

Рис. 24. Распределение зимних (*1*), летних (*2*) и суммарных годовых (*3*) осадков по высотному простиранию бассейна за 1957-58 (*а*), 1958-59 (*б*), 1959-60 (*в*) гг. в рамках естественных осадковых циклов.

ход изменения зимних и летних осадков в верхней половине бассейна связан как с увеличением осадков по мере возрастания высоты, так и с удлинением продолжительности зимнего и сокращением продолжительности летнего сезонов года в том же направлении. Распределение осадков в бассейне за год и полугодия рассматриваемых лет показано на рис. 24.

Касаясь вопроса изучения снежного покрова гор, Н. Г. Дмитриева [27] в порядке обсуждения поставила задачу проведения наблюдений за осадками по большому числу осадкомеров в небольших

---

[1] Летние и зимние осадки — это одно и то же, что и осадки летнего и зимнего полугодий, или жидкие и твердые (*ред.*).

горных водосборах и разработки на основе этих наблюдений принципов размещения осадкомеров по территории. Изложенный неравномерный и изменчивый ход годовых и сезонных осадков по высотным зонам бассейна наводит на мысль о необходимости их измерения по последовательным высотным ступеням, не превышающим по вертикали 500 м. При этом непременно должны соблюдаться высказанные ранее соображения об осредненной по нескольким приборам оценке осадков на каждой высотной ступени [45].

Имея картину распределения осадков, можно вычислить и общий объем осадков в бассейне за тот или иной расчетный период времени. Этот объем будет равен сумме произведений средней величины осадков для расчетной ступени и за рассматриваемый период времени на размеры площади этой ступени. Объемы осадков по полугодиям, вычисленные таким путем, приведены в табл. 11.

Наблюдения за зимними осадками в бассейне проводятся также посредством маршрутных снегомерных съемок на стационарных снегопунктах с измерением мощности и плотности снежного покрова. Этот метод оказывается очень ценным тогда, когда есть возможность охватить снегомерными наблюдениями всю площадь рассматриваемой поверхности с необходимой частотой наблюдений. В горных условиях такой возможности обычно нет. Ввиду огромного разнообразия в характере залегания снега, обусловленного значительной изменчивостью и контрастностью строения и характера поверхности горных водосборов, здесь, с одной стороны, требуется особенно большая частота наблюдений; с другой стороны, наблюдения с необходимой частотой практически возможны лишь в очень небольшой части бассейна, по существу, только по дну основных долин. В связи с этим в горных бассейнах снегомерные наблюдения проводятся по маршруту из стационарных долинных снегопунктов и имеют целью определить не общие запасы снега в бассейне, поскольку этого они не могут дать, а лишь относительную характеристику изменчивости этих запасов из года в год, так называемых индексов осадков. Но и здесь дело не обходится без трудностей. Прежде всего, необходимо, чтобы снегомерный маршрут (снегопункты) приходились не на нижнюю часть бассейна, где характеристики снежного покрова малопоказательны для всего бассейна, а на средние и верхние зоны, где сосредоточиваются основные запасы снега. Фактически же снегопункты Алаарчинского маршрута находятся на высотах 1700—2700 м и, как показало сопоставление результатов снегомерных наблюдений со стоком реки и осадками зимнего полугодия, не дают полезных результатов.

В дополнение к стационарной сети снегопунктов в конце марта 1960 г. была выполнена массовая снегосъемка, добавившая к девяти имевшимся пунктам еще 20. Массовая снегосъемка проводилась по тому же принципу: из-за трудной доступности верхних участков долин она лишь немного продвинулась в высоту в сравнении со стационарным маршрутом. Результаты снегосъемки как по стационарной, так и по массовой временной сети снегопунктов дали

Таблица 11

Зимние и летние осадки в бассейне по расчетным высотным ступеням

Полугодие	Размерность	Интервал высот, м													Сумма
		1800	1800—2000	2000—2200	2200—2400	2400—2600	2600—2800	2800—3000	3000—3200	3200—3400	3400—3600	3600—3800	3800—4000	4000—4200	
		Площадь, км²													
		3,36	5,3	8,6	10,4	13,2	16,2	16,0	19,1	22,7	25,9	20,8	11,3	4,4	177,3
		1957-58 г.													
Зимнее	мм	286	268	269	273	292	330	382	432	530	640	760	870	1000	
	$10^3м^3$	944	1420	2314	2839	3855	5346	6112	8251	12031	16576	15808	9831	4400	89727
Летнее	мм	597	495	440	400	390	390	392	395	342	275	205	135		
	$10^3м^3$	2006	2624	3784	4160	5148	6318	6272	7544	7763	7122	4264	1526		58531
		1958-59 г.													
Зимнее	мм	160	190	200	207	220	248	300	340	378	460	550	648	750	
	$10^3м^3$	538	1007	1720	2153	2904	4018	4800	6494	8582	11914	11440	7322	3300	66192
Летнее	мм	260	315	288	280	360	400	403	390	360	292	135	135		
	$10^3м^3$	874	1670	2477	2912	4752	6480	6448	7449	8172	7543	4410	1526		54711
		1959-60 г.													
Зимнее	мм	120	140	160	185	210	250	310	430	525	580	630	680	730	
	$10^3м^3$	403	742	1376	1924	2772	4050	4960	8213	11918	15022	13104	7684	3212	75380
Летнее	мм	340	330	320	300	290	290	280	235	195	170	140	110		
	$10^3м^3$	1142	1749	2752	3120	3828	4698	4480	4489	4427	4403	2912	1243		39241

резко несогласную картину, что делает их анализ крайне затруднительным. Лишь по небольшой части снегопунктов, защищенных окружающей лесной растительностью от ветрового воздействия, а главным образом благодаря местной поперечной ориентации склонов относительно направления широких основных долин, получены довольно большие высоты снега, сопоставимые с оцениваемым по осадкомерам накоплением снега на соответствующих высотах. Остальные, в том числе даже близко расположенные друг от друга пункты, дают несогласные и в общем сильно заниженные результаты, представляющие случайное распределение: снег с открытых мест сдувается и переносится в отрицательные формы рельефа, к подножию склонов и всевозможные теснины. Это указывает на большую роль ветрового перемещения в формировании снежного покрова.

Естественно, не все маршрутные снегосъемки являются безрезультатными. Так, например, если из ближайших к Алаарчинскому бассейну снегомерных маршрутов восточный, Шамсинский, маршрут является непоказательным, то на западном, Карабалтинском, маршруте, состоящем из 24 снегопунктов (8 из них теперь закрыты), 3—4 снегопункта в верхней части являются полезными. Данные этих пунктов характеризуют изменчивость запасов снега не только в бассейне р. Карабалты, но в некоторой степени даже и в Алаарчинском бассейне, а через запасы снега приближенно и сток последующего года или его паводкового периода. Однако такие случаи крайне редки. Этим именно объясняется неэффективность использования результатов снегомерных съемок в гидрологических прогнозах. Например, выполненные в свое время П. М. Машуковым и основанные на данных маршрутных снегосъемок разработки прогноза для рек Чу и Талас, очень скоро обнаружили свой случайный характер и стали непригодными для практического применения.

Вопрос о снегосъемках в горных районах не нов. З. В. Джорджио [25] отмечает вообще ограниченные возможности снегосъемок в горах благодаря неизбежной приуроченности маршрутов к узким полосам днищ долин. Она указывает на несоблюдение в большинстве случаев практики таких обязательных требований к снегопунктам, как отсутствие случайных влияний, приводящих к сдуванию или надуванию снега, нахождение в основных зонах формирования стока, незначительность таяния снега в период его продолжающегося накопления. М. В. Косарев [64] на основе специальных полевых исследований в бассейне р. Кызылчи приходит к заключению, что при правильной установке и эксплуатации суммарные осадкомеры работают безукоризненно и, так же, как и З. В. Джорджио, исходя из факта громоздкости и дороговизны выполнения снегомерных работ при недостаточной ценности результатов, ставит вопрос о целесообразности их дальнейшего продолжения.

Как отмечалось, в бассейне проводятся также наблюдения за движением снеговой линии. Эти наблюдения показали, что положение снеговой линии изменяется не только внутри сезонов, но

и в многолетнем разрезе: в один год она находится на более высоком уровне, в другой год — на более низком. Наличие многолетнего хода в положении снеговой линии является следствием различия главным образом в запасах накопившегося за зимнее время снега. Чем больше запасы снега, тем ниже уровень снеговой линии, и наоборот. В многоснежном 1958 г. снеговая линия располагалась на 200—300 м ниже, чем в малоснежном 1959 г. Годовой ход снеговой линии, таким образом, может также служить ориентировочным средством для сравнительной оценки запасов снега в горном бассейне.

Испарение. Переходя к рассмотрению испарения с поверхности бассейна, нужно отметить, что понятия осадкового года и его полугодий из-за связанности условий испарения с характером осадков полностью приложимы и к испарению. В зимнее время, характеризуемое наличием снежного покрова, испарение происходит с поверхности снега. В летнее время на испарение тратится значительная часть выпадающих в это время жидких осадков.

Как известно, было проведено много исследований, посвященных изучению процесса испарения в естественной обстановке. Однако практическое определение испарения в конкретных условиях представляет большие трудности, в особенности в отношении суммарного летнего испарения. Это понятно, если принять во внимание, что величина испарения в летнее время находится в тесной зависимости от многообразных различий испаряющей поверхности: ее положения, физического строения и свойств, плотности и вида растительного покрова и др. Особенно сложны условия испарения в горных водосборах. В то же время несомненно и то, что изменчивость испарения во времени для одних и тех же условий испаряющей поверхности целиком определяется факторами метеорологического порядка.

Более простой является картина испарения со снежного покрова. В этом случае испарение не зависит ни от особенностей земной поверхности, находящейся в это время под снежным покровом, ни от выпадения осадков, так как испарение протекает малоинтенсивно и нет недостатка в испаряющемся материале. Испарение со снежного покрова определяется лишь температурой воздуха, солнечной радиацией, состоянием циркуляции воздуха и атмосферным давлением. На интенсивность летнего испарения, имея в виду его изменчивость во времени для одного и того же участка, наряду с перечисленными факторами действуют еще и осадки.

Расчеты испарения с поверхности бассейна как за зимнее, так и летнее полугодия первоначально были выполнены на основе графического метода, предложенного В. П. Валесяном [15], считавшегося наиболее близким и приемлемым для рассматриваемых условий. В результате этих расчетов были получены величины зимнего и суммарного летнего испарения, которые нуждались в подтверждении натурными данными. Дело в том, что метод В. П. Валесяна в своем конечном выражении рассчитан на средние природные усло-

вия, присущие территории Армении. И если он достаточно широко отражает динамику процесса испарения во времени в зависимости от изменений метеорологической обстановки, то этого нельзя сказать в отношении учета процесса испарения вообще. Отдельно взятые реальные бассейны вообще и тем более речные бассейны Киргизии, находящиеся в иных ландшафтно-климатических условиях, несомненно отличаются от тех средних условий, которые положены в основу этого метода.

Наблюдения за испарением в бассейне были поставлены в 1960 г. Зимнее испарение наблюдалось в трех пунктах на высотах 1600, 2100, 3000 м; испытание проводилось весовым методом, являющимся, как известно, наиболее применимым в массовых масштабах [92], с помощью прибора, представляющего три вкладываемых друг в друга металлических ящика с приемной поверхностью 500 см² и глубиной 15 см. Внутренний из этих ящиков имеет выдвижное дно и служит для взятия и хранения испаряющегося снежного монолита, средний ящик — для сбора просачивающейся через монолит талой воды и совместного с внутренним ящиком взвешивания, наружный ящик — для изоляции от наружной снежно-водной среды внутренних, взвешиваемых, ящиков. Результаты этих наблюдений (табл. 12) оказались близки к результатам, полученным методом В. П. Валесяна, и подтвердили применимость этого метода для измерения испарения снежного покрова в условиях Киргизии.

Для сравнения можно напомнить результаты, полученные М. И. Ивероновой [34] по испарению со снежного покрова на склонах Терскей-Алатау. Она приходит к заключению, что испарение возрастает с высотой, достигая в альпийском поясе суммарно за зимний период (середина октября — середина мая) 50 мм. По данным И. С. Соседова и Л. Н. Филатовой [102], на Заилийском Алатау на высоте 2270 м испарение со снежного покрова в зиму 1957-58 г. составило 60 мм на склоне южной ориентации (7/XI—20/IV) и 52 мм на склоне северной ориентации (13/X—13/V).

Наблюдения за летним суммарным испарением проводились в пунктах в том же диапазоне высот, что и зимнее испарение, прибором типа ГГИ-500, основанном на принципе периодического взвешивания изолированного испаряющего почвенного монолита. Эти наблюдения показали следующее: в нижней части бассейна, до высоты примерно 2600 м, летнее испарение протекает весьма интенсивно, составляя за все полугодие величину в 300—350 мм. Здесь фактическое испарение примерно вдвое превышает значения, полученные методом В. П. Валесяна. В средней части бассейна, на высотах 2700—3300 м, происходит резкое уменьшение интенсивности испарения. Здесь оно приближается к величинам, получаемым методом В. П. Валесяна. При этом обнаруживается очень большое влияние характера испаряющей поверхности на интенсивность испарения, доли осыпей и скальных выходов в общей площади поверхности. Осыпи в высокогорье представляют собой покровный чехол отдельных участков склонов, состоящий из каменных обломков, без

Таблица 12

Зимнее и летнее испарение в бассейне

Полугодие	Размерность	Интервал высот, м													
		<1800	1800—2000	2000—2200	2200—2400	2400—2600	2600—2800	2800—3000	3000—3200	3200—3400	3400—3600	3600—3800	3800—4000	4000—4200	Сумма
		Площадь, км²													
		3,36	5,3	8,6	10,4	13,2	16,2	16,0	19,1	22,7	25,9	20,8	11,3	4,4	177,3
1957-58 г.															
Зимнее	мм	80	76	74	74	74	74	74	75	75	75	75	75	75	
	$10^3м^3$	270	400	645	780	990	1215	1200	1430	1700	1940	1560	850	330	13300
Летнее	мм	400	436	400	385	370	285	178	99	60	27	17	5		
	$10^3м^3$	1340	2120	3440	4010	4860	4640	2820	1890	1360	720	350	50		27600
1958-59 г.															
Зимнее	мм	57	53	53	54	55	56	57	57	57	57	57	57	57	
	$10^3м^3$	180	280	450	570	730	890	910	1090	1290	1480	1190	640	250	9900
Летнее	мм	370	371	373	362	352	275	173	94	60	27	17	5		
	$10^3м^3$	1240	1960	3200	3780	4650	4460	2770	1800	1360	720	350	50		26600
1959-60 г.															
Зимнее	мм	53	53	54	55	56	58	60	60	60	60	60	60	60	
	$10^3м^3$	180	280	460	570	740	940	960	1150	1360	1550	1250	680	260	10400
Летнее	мм	352	347	344	330	314	240	149	81	47	21	13	5		
	$10^3м^3$	1180	1840	2960	3430	4140	3890	2380	1550	1070	540	270	50		23300

участия почв и растительности. Площадное развитие осыпей, как и участков обнаженных скал, сильно прогрессирует с высоты 3000 м, а с высоты 3300—3400 м осыпи и скальные выходы практически занимают всю поверхность бассейна. Испарение с осыпей, наблюдавшееся в двух пунктах, оказалось значительно меньше, чем с поверхности с почвенно-растительным покровом, и составляет лишь 40% испарения с последней.

Расчет суммарного летнего испарения с бассейна за 1960 г. был произведен на основе данных прямых наблюдений в ряде точек. Для тех высотных зон, где не было пунктов наблюдений, величина испарения была определена путем экстраполяции или интерполяции между известными величинами испарения. Общий объем испарившейся воды по всему бассейну находился как сумма произведений линейного значения испарения на площадь соответствующей расчетной высотной ступени; он оказался на 40% больше, чем объем, полученный методом В. П. Валесяна.

Более высокие значения летнего суммарного испарения, полученные по натурным наблюдениям для большей части расчетных высотных ступеней и в общем по всему бассейну, указывают, в частности, на то, что подобные расчеты с учетом изменений природных условий с высотой дают (как это и отмечает В. П. Валесян) более достоверные результаты. Они свидетельствуют также о том, что климатические условия в Киргизии более, чем в Армении, благоприятствуют испарению. В связи с этим в расчеты летнего испарения за 1958 и 1959 гг., сделанные методом В. П. Валесяна, были введены поправки в виде коэффициентов, представляющих отношение натурных данных к вычисленным значениям испарения по соответствующим расчетным ступеням (табл. 13). В конечном счете введение

Таблица 13

Интервал высот, м	<1800	1800—2000	2000—2200	2200—2400	2400—2600	2600—2800	2800—3000
Коэффициент	1,60	1,80	2,07	2,14	2,23	1,86	1,26

Интервал высот, м	3000—3200	3200—3400	3400—3600	3600—3800	3800—4000	4000—4200
Коэффициент	0,85	0,65	0,41	0,39	0,26	0,20

этих поправок привело к возрастанию объема испарения по всему бассейну на 5% от величины стока за эти годы. Высотный ход линейного значения испарения изображен на рис. 25, численные выражения приведены в табл. 12.

По данным З. А. Рязанцевой [98], суммарное летнее испарение в долине р. Нарына близ пункта Караколки (высота 3100 м) за период с 1/V по 1/X составило на орошаемом поле 400 мм, на неорошаемом поле (правая терраса реки с редкими полусухими травами) — менее 150 мм.

Водный баланс. При рассмотрении водного баланса бассейнов рек, имеющих ледники и получающих ледниковое питание, необходимо считаться с существенным отличием таких рек от рек, не имеющих ледникового питания. Это отличие состоит в том, что бассейны ледниковых рек включают в себя две различные части: нижнюю, с законченным или почти законченным годичным балансом поступления и расходования воды, аналогичную бассейнам безледниковых

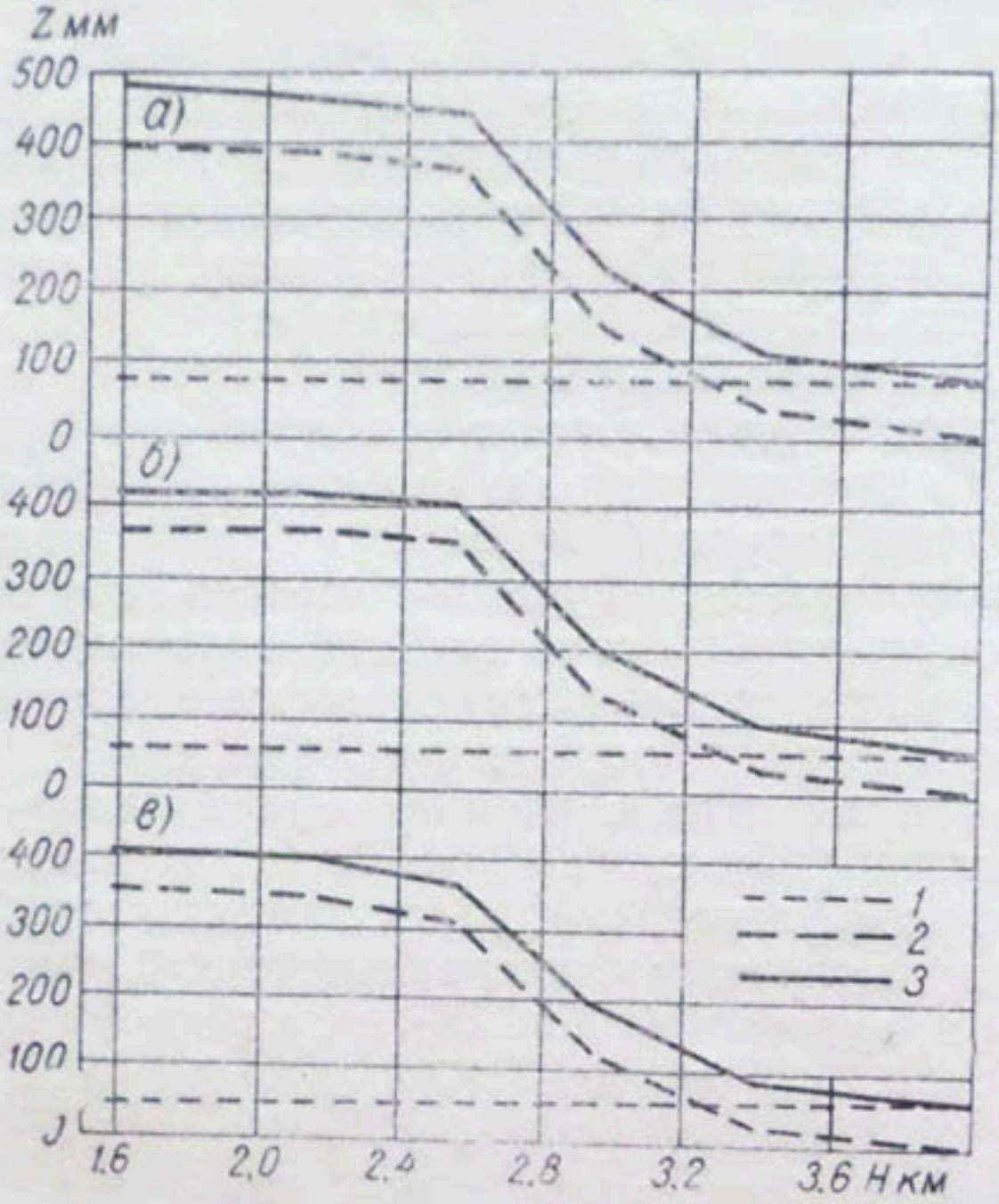

Рис. 25. Распределение зимнего (*1*), суммарного летнего (*2*) и общего годового (*3*) испарения по высотным зонам бассейна за 1957-58 (*а*), 1958-59 (*б*) и 1959-60 (*в*) гг. в рамках естественных осадково-испарительных циклов.

рек, и верхнюю, ледниковую, с многолетним водным балансом. При этом понятие ледниковая часть бассейна, или ледниковый бассейн, имеет, естественно, более широкий смысл, чем площадь оледенения. Оно подразумевает также участки бассейна, не занятые ледниками, но тяготеющие, однако, к ледникам и питающие их.

Воднобалансовый цикл, включающий приход и полный расход осадков без изменения запасов влаги, охватывает здесь многолетний период. Поэтому в годовом водном балансе бассейна реки, имеющей частично ледниковое питание, ледниковые бассейны могут быть представлены в простейшем случае лишь конечным значением баланса — жидким стоком этих бассейнов.

Рассмотрим, прежде всего, водный баланс бассейна за годичный период. Кроме стока ледниковых бассейнов, в уравнение водного баланса войдет и общий сток всего бассейна. Как отмечалось выше, при рассмотрении природных условий бассейна, сток, наблюдаемый в замыкающем бассейн створе, может считаться достаточно полным, что исключает надобность в специальном учете подруслового стока. Также нет оснований предполагать существование какого-либо подземного водообмена с соседними бассейнами и включать его величину в уравнение водного баланса.

В уравнение баланса далее войдут осадки за зимнее и летнее полугодия в их естественных границах, а также зимнее и летнее испарение. Как осадки, так и испарение здесь, естественно, будут относиться лишь к нижней, безледниковой, части бассейна.

Наконец, в уравнение баланса должно войти и изменение запасов влаги в бассейне, точнее в доледниковой его части.

Таким образом, уравнение водного баланса бассейна рек ледниково-снегового происхождения для годичного цикла выразится в виде

$$W_{сн} - W_{исп.\ сн} + W_{д} - W_{исп.\ с.\ л} + W_{л} - W_{ст} - W_{изм} = 0,$$

где $W_{сн}$ — объем твердых осадков в бассейне (в пересчете на воду); $W_{исп.\ сн}$ — объем испарения со снежного покрова; $W_{д}$ — объем жидких осадков; $W_{исп.\ с.\ л}$ — объем летнего суммарного испарения с поверхности бассейна; $W_{л}$ — объем суммарного стока ледниковых бассейнов; $W_{ст}$ — объем стока в замыкающем бассейн створе; $W_{изм}$ — объем изменения запасов влаги в бассейне.

Из числа членов уравнения баланса, согласно изложенному ранее, общий сток бассейна, зимние и летние осадки и испарение являются известными величинами, так как их можно определить по данным непосредственных наблюдений. Учет ледникового стока представляет практически очень трудную задачу, так как он частично или полностью проходит грунтовым путем в мощных моренных отложениях и непосредственно, гидрометрически, может быть определен лишь в редких случаях. В связи с этим ледниковый сток входит в уравнение баланса как неизвестное и подлежит определению из этого уравнения, для чего изменение запасов влаги в бассейне также должно быть известно.

В рассматриваемых горных условиях, характеризуемых водообилием, запасы влаги в бассейне с точки зрения их изменчивости могут быть сведены к запасам свободной жидкой воды, накопившейся под поверхностью бассейна. Эти накапливающиеся в бассейне воды будут расходоваться на сток, происходящий в течение довольно продолжительного времени. Сток в зимние месяцы, когда на поверхность бассейна не поступают ни талые, ни дождевые воды, как раз и является стоком за счет запасов воды в недрах бассейна. Но этот сток состоит из двух частей — постоянной из года в год и переменной; последняя связана с изменением запасов воды[1].

[1] Это дискуссионное положение (*ред.*).

Данные многолетних наблюдений показывают, что максимальный средний зимний расход (средний расход воды за первый квартал календарного года, представляющий период самого низкого стока, последний период стокового года) в замыкающем Алаарчинский бассейн створе составляет 1,73 м³/сек., а минимальный средний зимний расход — 1,02 м³/сек. Таким образом, если рассматривать годичный расчетный период (в рамках естественного стокового года), величина расхода в 1,02 м³/сек. соответствует минимальному и уже неизменному уровню запасов воды в бассейне, а разность 1,73—1,02=0,71 м³/сек. соответствует максимально возможному изменению этих запасов.

Годы с приведенными выше максимальным и минимальным средним зимним стоком являются последовательно смежными в многолетнем периоде. Принимая во внимание это обстоятельство, можно заключить, что сток за счет запасов воды в бассейне полностью заканчивается в течение следующего за расчетным календарного года и, судя по кривой иссякания зимнего стока, растягивается на все протяжение этого года. Тогда при максимальном изменении запасов воды расход воды равен 0,71 м³/сек. в начале периода расходования и нулю в конце его. Учитывая неполноту следующего за расчетным календарного года (без первого квартала), средний годовой расход максимального изменения запасов воды в бассейне составит

$$\frac{0{,}71 \times 0{,}75}{2} = 0{,}27 \text{ м}^3/\text{сек},$$

Чтобы оценить величину полученного расхода, отнесем его к минимальному и среднему значениям общего годового расхода бассейна, составляющим соответственно 3,13 и 4,14 м³/сек. Это отношение дает соответственно 9 и 7%. Полученные величины свидетельствуют о том, что в отдельные годы изменение запасов воды в бассейне может быть довольно значительным, с чем нельзя не считаться [1].

Далее для получения расчетного выражения изменения запасов воды в бассейне необходимо учесть, что переход подземных вод совершается как из предшествующего года в расчетный стоковый год, так и из расчетного года в последующий год. Принимая это во внимание и переходя к объемным величинам, расчетное выражение для изменения запасов влаги в бассейне примет вид

$$W_{изм} = (Q_{з.\,р} - Q_{з.\,пр}) + 0{,}75 \times 31\,536\,000 : 2 =$$
$$= 11{,}8(Q_{з.\,р} - Q_{з.\,пр})\,10^6 \text{ м}^3,$$

где $Q_{з.\,р}$ — средний расход последнего квартала расчетного стокового года (первый квартал календарного года); $Q_{з.\,пр}$ — то же предшествующего стокового года; 31 536 000 — число секунд в году.

---

[1] *При ошибках в определении некоторых элементов водного баланса (например, осадков, испарения), несомненно достигающих и превышающих 10%, с этой величиной вполне можно было бы не считаться (ред.).*

В отдельных случаях значение $W_{изм}$ может быть столь небольшим, что им можно пренебречь. Об этом свидетельствует величина разности $Q_{з.\ р} - Q_{з.\ пр}$, а еще точнее, соотношение этой разности со средним расходом воды расчетного стокового года. Но для полной ясности и во избежание существенных ошибок расчеты изменения запасов влаги в бассейне должны быть выполнены.

Значения составляющих водного баланса за рассматриваемые годы, относительная доля отдельных составляющих стока и величины коэффициентов стока твердых и жидких осадков приведены в табл. 14.

Таблица 14

Составляющие водного баланса ($10^3 м^3$) бассейна р. Алаарча

Составляющая	1957—1959 гг.	1958—1960 гг.	1959—1961 гг.	Среднее за 3 года
$W_{сн}$	89,8	66,2	75,4	77,1
$W_{исп.\ сн}$	13,3	9,9	10,4	11,2
$W_д$	58,5	54,7	39,2	50,8
$W_{исп.\ с.\ л}$	27,6	26,6	23,3	25,8
$W_л$	29,4	69,9	37,5	45,6
$W_{ст}$	137,0	148,0	123,0	136,0
$W_{изм}$	—0,2	6,3	—4,5	0,5
$W_{сн} - W_{исп.\ сн} / W_{ст} + W_{изм}$	0,56	0,37	0,55	0,50
$W_д - W_{исп.\ с.\ л} / W_{ст} + W_{изм}$	0,23	0,18	0,11	0,17
$W_л / W_{сн} + W_{изм}$	0,21	0,45	0,32	0,33
$W_{сн} - W_{исп.\ сн} / W_{сн}$	0,85	0,85	0,86	0,85
$W_д - W_{исп.\ с.\ л} / W_д$	0,53	0,52	0,41	0,49

Примечание. Здесь и при рассмотрении посезонного водного баланса употребляются воднобалансовые годичные циклы, включающие стоковый год, продолжающийся с начала весеннего и до окончания зимнего сезона в бассейне, и соответствующий ему осадковый год, сдвинутый относительно стокового ода примерно на полгода назад и начинающийся с наступления зимнего сезоа в каждой из высотных зон бассейна.

Анализ материалов водного баланса бассейна р. Алаарча за 3 года наблюдений позволяет сделать следующие выводы.

1. Среди составляющих стока на первом месте стоит снеговой сток, доля которого в общем стоке в среднем составляет 50%. На втором месте находится сток талых ледниковых вод, на который приходится 33% общего стока, и на третьем — дождевой сток, составляющий 17% общего стока [1].

[1] Под ледниковым питанием автор понимает сток со всего ледникового бассейна, благодаря чему сильно превышает ледниковый сток и занижает снеговой (*ред.*).

2. В отдельные годы может наблюдаться и иное соотношение составляющих стока: ледниковый сток может превзойти снеговой (при небольшом по абсолютной величине снеговом стоке) или дождевой сток — ледниковый (при сочетании особо низкого ледникового и особо высокого дождевого стока).

3. Наиболее изменчивую составляющую стока представляет ледниковый сток. Изменчивость его прямо пропорциональна температуре воздуха в период таяния ледников и обратно пропорциональна запасам сезонного снега и летним осадкам. Чем меньше сезонного снега и летних осадков, тем раньше начинается таяние ледников и тем продолжительнее оказывается период таяния и больше объем талых ледниковых вод. В период таяния энергия таяния ледников связана с температурой воздуха. Очень большое влияние на таяние ледников оказывает температурный режим осени. Чем позже наступает осеннее похолодание в зоне ледников, тем длительнее период таяния. Такие условия имели место в 1959 г.: при небольших запасах сезонного снега таяние ледников началось раньше обычного и благодаря затяжному характеру лета закончилось позже, в результате чего ледниковый сток достиг необычно высокого значения.

4. При всей своей изменчивости ледниковый сток в общем стоке бассейна играет стабилизирующую роль. Это обусловливается существованием обратной зависимости между притоком ледниковых вод и осадками в бассейне. Результатом такой зависимости является известная взаимная компенсация годичных колебаний ледниковой, снеговой и дождевой составляющих стока и стабилизация их суммарной величины.

5. Величины летнего и зимнего испарения из года в год изменяются очень мало и стоят в достаточно тесной связи (для летнего испарения) с величинами соответствующих осадков. Этим определяется и большая устойчивость коэффициентов дождевого и особенно снегового стока.

Вывод о большой изменчивости ледникового стока противоречит все еще встречающемуся представлению об устойчивости ледникового стока. Однако в настоящее время он находит подтверждение новейшими исследованиями. В этом отношении интересны выводы Г. Н. Голубева [18], касающиеся бассейна р. Чонкызылсу, и материалы, полученные Е. В. Петряшовой в отношении вариации стока рек различных типов питания [88].

Полностью согласуются с наблюдениями в Алаарчинском бассейне и результаты, полученные Э. М. Калмыкиной [55] на малоалмаатинских ледниках. Она обращает внимание на большое влияние продолжительности абляционного периода на таяние ледников (чем меньше снега, тем раньше начинается абляция ледников, и заканчивается она тем позже, чем позднее наступает осеннее похолодание). Условия образования ледникового стока и его изменения по годам хорошо видны из табл. 15, заимствованной из работы [55].

Результаты 25-летних (1937—1961 гг.) наблюдений на Центральном Туюкском леднике (Заилийский Алатау), проведенные

Н. Н. Пальговым [86], показывают высокую динамичность процесса таяния ледников: годовые объемы стаивания на языке ледника изменялись от 437 тыс. м³ (1946 г.) до 3400 тыс. м³ (1944 г.), т. е. почти в восемь раз. Площадь абляции по годам изменялась от 830 до 2300 тыс. м², слой стаивания в среднем по всему языку — от 52 до 129 см, а на конце языка — от 105 до 370 см.

Таблица 15

Метеорологические условия Центрального Туюкского ледника за абляционный период 1957—1959 гг.

Год	Период наблюдений	Количество дней за период	Продолжительность солнечного сияния, час	Суммарная радиация, кал/см²	Сумма положительных температур	Средняя месячная температура	Осадки, мм	Облачность, баллы	Слой стаивания, см	
									льда	льда в переводе на воду
1957	1/VII—28/VIII	59	388	32272	896	3,6	246	6	183	165
1958	19/VII—11/IX	44	260	18426	449	3,6	128	6	84	75
1959	2/VII—5/X	95	520	39427	1645	4,8	358	6	247	223

Примечание. В 1957 г. абляционный период равнялся 73 дням и начинался с 16/VI, но из-за отсутствия метеоданных мы приводим для общей ориентации данные с 1/VII.

Обращают также внимание высокие значения коэффициента дождевого стока (здесь речь идет о полном коэффициенте дождевого стока, а не о частном, учитывающем лишь поверхностный и быстрый подземный дождевой сток, как это было сделано В. Л. Шульцем при оценке доли дождевого стока). По-видимому, необходимо считаться (см. главу IV) как со значительной территориальной изменчивостью этого коэффициента, так и с большими его значениями в отдельных случаях, когда имеются особо благоприятные условия для быстрого впитывания дождевых вод в грунт, что обеспечивает их значительную сохранность и последующий возврат в реку.

Чтобы получить более полное представление о внутригодовом развитии процесса формирования стока Алаарчинского бассейна, были выполнены расчеты сезонных водных балансов. При этом в году были выделены четыре сезона: весенний, летний, осенний и зимний, хотя и имеющие несколько условные границы, но, тем не менее, достаточно близко соответствующие естественным сезонам года.

Весенний сезон начинается с момента перехода фронта снеготаяния снизу вверх через замыкающий створ бассейна (начало естественного стокового года), что, как у нас было принято при рассмотрении стокового года, приходится на стык марта и апреля

и продолжается до конца июня. В это время происходит таяние сезонного снега в нижних и средних частях бассейна. К концу сезона снеговая линия поднимается в среднем до высоты 3500 м, приближаясь вплотную к ледниковым языкам.

Летний сезон охватывает период в 3 календарных месяца (июль — сентябрь). Это период таяния снега в высокогорной части бассейна и таяния ледников и период наиболее значительного прихода дождевых осадков. В это время сток с бассейна достигает наибольшей величины при наибольшей интенсивности.

Осенний сезон по продолжительности является самым коротким и включает октябрь и часть ноября (до половины), заканчиваясь на границе естественных летнего и зимнего полугодий. Это переходный период от летнего к зимнему сезону. Он характеризуется полным отсутствием таяния и очень незначительным поступлением дождевых вод. В расчетных целях осенний сезон берется в стандартных рамках (1/X—10/XI).

Зимний сезон является наиболее продолжительным, он длится 4,5—5 месяцев. Это период полного отсутствия активного стокообразовательного процесса: поступления каких-либо вод на поверхность бассейна в это время практически не происходит. Сток совершается при наиболее низких уровнях и в основном обязан накопленным в бассейне запасам грунтовых вод. Зимний сезон в расчетных рамках берется с 11/XI по март включительно.

Уравнение водного баланса применительно к сезонам года может быть представлено в виде

$$W_{\text{зап. н}} + W_{\text{м. г. н}} - W_{\text{м. г. к}} + W_{\text{сн}} - W_{\text{исп. сн}} + W_{\text{д}} - \\ - W_{\text{исп. с. л}} + W_{\text{пр. л}} - W_{\text{ст}} - W_{\text{зап. к}} = 0,$$

где $W_{\text{зап. н}}$ — запасы воды в бассейне к началу сезона; $W_{\text{м. г. н}}$ — запасы вод межгодичного перехода к началу сезона; $W_{\text{м. г. к}}$ — запасы вод межгодичного перехода к концу сезона; $W_{\text{сн}}$ — объем снеговых осадков в бассейне (в пересчете на воду), стаявших в течение сезона; $W_{\text{исп. сн}}$ — испарение со снежного покрова, стаявшего в течение сезона, за все время существования снежного покрова; $W_{\text{д}}$ — объем дождевых осадков, выпавших в течение сезона; $W_{\text{исп. с. л}}$ — летнее суммарное испарение с поверхности бассейна в продолжение сезона; $W_{\text{пр. л}}$ — объем талых ледниковых вод, поступивших за сезон с ледниковых бассейнов; $W_{\text{ст}}$ — объем стока через замыкающий бассейн створ в течение сезона; $W_{\text{зап. к}}$ — запасы воды в бассейне к концу сезона.

Вычисление составляющих баланса производилось следующим образом.

Запасы воды в бассейне к началу сезона принимались равными запасам воды к концу предшествующего сезона. Для весеннего сезона, в рамках естественных границ стокового года, эти запасы ограничиваются водами межгодичного перехода, обусловленными

переходом части вод, поступивших на поверхность бассейна в течение одного стокового года, в следующий за ним стоковой год. Поэтому для весеннего сезона значение начальных запасов воды в бассейне равно нулю.

Запасы вод межгодичного перехода подсчитывались, исходя из соображений, изложенных при рассмотрении годичного баланса: максимальный расход — в первом сезоне года, равный среднему расходу первого квартала данного календарного года; минимальный, равный нулю,— в первом квартале следующего календарного года и в последнем квартале стокового года; постепенное, линейное уменьшение расходов от начала стокового года до конца соответствующего календарного года. В расчетах участвует лишь переменная часть расходов (за вычетом величины 1,02 м³/сек.). С учетом постепенного убывания расходов межгодичного перехода, а также продолжительности расчетных сезонов года общий объем вод межгодичного перехода последовательно распределяется по сезонам года в соотношении 0,53; 0,33; 0,08; 0,06.

Начальные запасы вод межгодичного перехода для первого сезона равны общему объему этих вод, а для последующих — конечному значению за предшествующий сезон. Сокращение запасов за сезон равно соответствующей каждому сезону доле из общего их объема.

Подсчет объема запасов снега, объема дождевых осадков, а также зимнего и суммарного летнего испарения производился изложенным выше путем с различиями лишь в периодах подсчета. Вычисление зимних осадков и испарения велось по площади, заключенной между границами снежного покрова в начале и конце сезона. Летние осадки и летнее суммарное испарение вычислялись по всей площади бассейна, свободной от снега, за весь сезон.

Объем талых ледниковых вод, поступивших с ледниковых бассейнов, определялся по уравнению годичного водного баланса и относился полностью к летнему сезону, когда имел место только приток ледниковых вод. Объем стока с бассейна вычислялся за период с начала до конца сезона по замыкающему бассейн створу. За конечные запасы воды в бассейне принимался остаточный член уравнения сезонного водного баланса.

Составляющие уравнения сезонного водного баланса бассейна приведены в табл. 16.

Посезонный водный баланс наглядно представляет внутригодовую динамику стокообразовательного процесса. Отметим следующие основные выводы, вытекающие из его рассмотрения.

1. Поступление вод на поверхность бассейна происходит в течение весеннего и летнего сезонов года в период апрель — август. $^1/_3$ общего количества воды, поступающей на поверхность бассейна в течение годичного цикла (при этом от величины снегозапасов вычитается величина испарения со снега до поступления талых вод на поверхность бассейна), приходится на весенний сезон и $^2/_3$ — на летний сезон.

Таблица 16

Составляющие посезонного водного баланса бассейна р. Алаарча

$W \cdot 10^6 м^3$	1957—1959 гг.				1958—1960 гг.				1959—1961 гг.				Среднее за 3 года			
	весна (IV—VI)	лето (VII—IX)	осень (X, 1—10/XI)	зима (11—30/XI, XII—III)	весна (IV—VI)	лето (VII—IX)	осень (X, 1—10/XI)	зима (11—30/XI, XII—III)	весна (IV—VI)	лето (VII—IX)	осень (X, 1—10/XI)	зима (11—30/XI, XII—III)	весна (IV—VI)	лето (VII—IX)	осень (X, 1—10/XII)	зима (11—30/XI, XII—III)
$W_{зап. н}$		19,4	28,3	19,5		10,3	40,2	28,2		18,5	30,6	22,1		16,1	33,0	23,3
$W_{м. г. н}$	2,5	1,2	0,4	0,2	2,2	1,0	0,3	0,1	8,5	4,0	1,2	0,5	4,4	2,1	0,6	0,3
$W_{м. г. к}$	1,2	0,4	0,2		1,0	0,3	0,1		4,0	1,2	0,5		2,1	0,6	0,3	
$W_{сн}$	51,5	38,3			38,2	28,0			43,9	31.5			44,5	32,6		
$W_{исп. с. н}$ . . .	9,6	3,7			7,1	2,8			7,4	3,0			8,0	3,2		
$W_д$	10,7	46,6	1,2		15,3	37,7	1,7		13,0	25,1	1,1		13,0	36,5	1,3	
$W_{исп. с. л}$ . . .	7,5	18,5	1,6		8,8	15,6	2,1		8,5	12,8	1,9		8,3	15,0	1,9	
$W_{пр. л}$		29,4				69,9				37,5				45,6		
$W_{ст}$	27,0	84,0	8,6	17,4	28,5	88,0	11,8	19,7	27,0	69,0	8,4	18,6	27,5	80,3	9,6	18,6
$W_{зап. к}$	19,4	28,3	19,5	2,3	10,3	40,2	28,2	8,5	18,5	30,6	22,1	4,0	16,1	33,0	23,3	4,9

2. Увеличение поступления воды в летний сезон обусловлено существенным увеличением поступления дождевых вод (в 2—4 раза в сравнении с весенним сезоном) и включением в баланс притока ледниковых вод, часто превосходящего по величине приход в этот сезон дождевых вод. Безвозвратные потери на испарение, хотя и возрастают в это время по абсолютной величине в 1,5—2 раза, но в общем балансе роль их незначительна. На эти потери расходуется около 40—50% выпадающих в это время дождевых осадков.

3. В течение весеннего сезона снег стаивает в среднем с площади 128 км², что составляет 55% всей площади бассейна. В летний сезон, таким образом, таяние происходит с меньшей половины бассейна. Если из остающейся площади исключить суммарную площадь ледниковых бассейнов, то окажется, что в летний сезон снег стаивает с площади, более чем вдвое меньшей в сравнении с весенним сезоном. Сопоставление объемов талых вод, поступающих на поверхность бассейна в весенний и летний сезоны года, показывает, что на второй сезон талых вод приходится в 1,5—3 раза больше, чем на первый. Это указывает на то, что основные запасы воды в твердом состоянии, в виде сезонного снега и льда, сосредоточиваются в верхней половине бассейна, что главным образом связано с распределением осадков в бассейне.

4. Поступление большей части снеговых вод приходится на весенний сезон, что в 1,2—1,3 раза больше, чем в следующий сезон.

5. Выше было отмечено существенное увеличение поступления дождевых вод в летний сезон. Однако общая сумма дождевых осадков зависит от размеров площади, на которую они выпадают во все сезоны (площадь свободная от снега), и от продолжительности сезона. Характеризуя эту «дождепринимающую» способность каждого сезона в виде суммы произведений площади расчетной высотной ступени на продолжительность сезона с размерностью в мес. км², получаем следующее: 1957-58 г., весна — 110, лето — 462 мес. км²; 1958-59 г., весна — 169, лето — 481 мес. км²; 1959-60 г., весна — 152, лето — 468 мес. км².

Сопоставляя эти характеристики с объемами дождевых осадков за соответствующие сезоны, можно обнаружить, что это сравнение в двух из трех рассматриваемых случаев оказывается в пользу весеннего сезона и в одном случае оба сезона оказываются равноценными. Нужно отметить, что в последнем случае возник чрезвычайный паводок. Следовательно, хотя дождевые осадки по своему общему объему и приходятся в основном на летний период, но с точки зрения интенсивности прихода дождевых осадков на первом месте все же стоит весенний период.

6. Наибольшие запасы воды (подземной) в бассейне в течение года накапливаются к концу летнего сезона и началу осени, когда они достигают $^1/_5$—$^1/_4$ всего объема годового стока; значительные запасы имеют место также к началу зимы. Очень малы эти запасы перед весной, в начале стокового года, лишь в отдельные годы в это время они могут иметь ощутимые размеры.

7. Если поступление воды на поверхность бассейна приходится главным образом на период апрель — август, то наиболее интенсивно сток протекает в июне — сентябре, что объясняется существованием грунтового регулирования стока, о котором было сказано выше.

Представляет интерес динамика составляющих водного баланса. Как отмечалось выше, состав водного баланса зависит от продолжительности рассматриваемого периода (рис. 26). Для построения

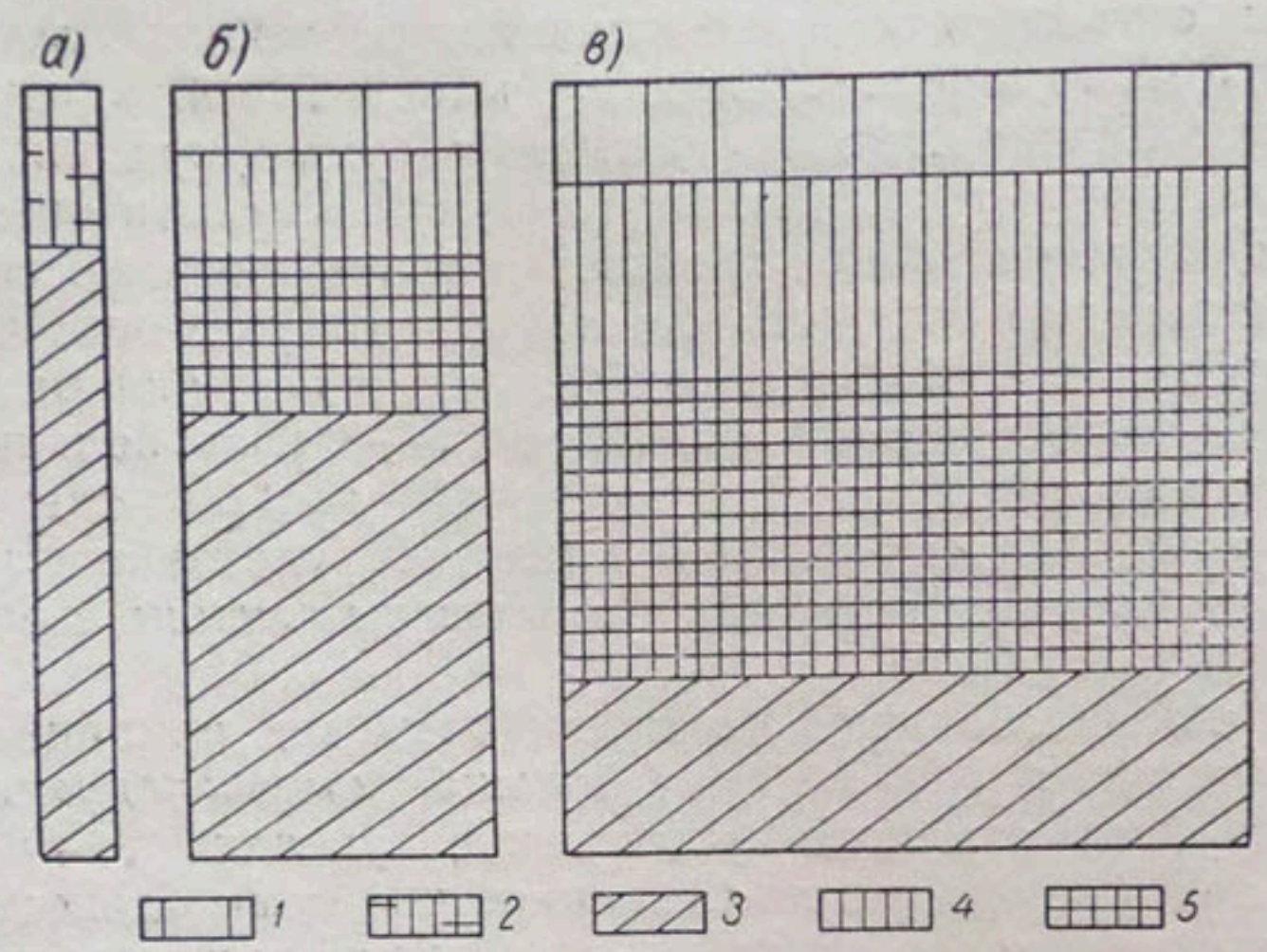

Рис. 26. Состав водного баланса стока Алаарчинского бассейна за пентадный (*а*), сезонный (*б*) и годичный (*в*) расчетные периоды.

1 — дождевой сток, *2* — талый (снеговой и ледниковый) сток, *3* — грунтовый сток, *4* — ледниковый сток, *5* — снеговой сток.

зависимости составляющие баланса взяты средними за соответствующие периоды по имеющимся многолетним рядам. Зависимость показывает большую изменчивость роли подземного питания. Доля подземного питания очень велика при рассмотрении коротких периодов и даже сезонов года. Для пентад она достигает 80% всего объема стока, а для сезонов — около 60%. Но при рассмотрении годичного периода она уменьшается до 23%.

2. Бассейн р. Чонкызылсу

Тянь-шаньской физико-географической станцией на протяжении ряда лет ведутся комплексные физико-географические, гляциологические и гидрометеорологические исследования в бассейне р. Чонкызылсу. Здесь выполнены интересные исследования по формированию стока и водному балансу горного водосбора, основные выводы которых очень кратко излагаются.

Природные условия. Река Чонкызылсу протекает на юго-востоке Иссык-Кульской котловины. Водосбор реки представляет высокогорный бассейн, пересекающий степной, лесо-лугово-степной, альпийский и гляциально-нивальный высотные ландшафтные пояса с 2000 (п. Лесной Кордон) до 4400 м. Площадь бассейна 303 км², площадь оледенения — 17% всей площади бассейна. Средневзвешенная высота бассейна 3280 м.

Таблица 17

Среднее месячное количество осадков (1948—1960 гг.) по данным гидрометеорологической станции Чон-Кызылсу (*H*=2550 м)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI
Количество осадков, мм	12,9	15,6	28,2	43,7	87,6	105
% от годового	2	2	4	7	14	17

Месяц	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Количество осадков, мм	99	101	59,5	29,2	6,3	17,0	625
% от годового	16	16	10	5	4	3	100

Рассматриваемый бассейн находится на северо-востоке Тянь-Шаня, в районе, характеризующемся высокой концентрацией атмосферных осадков в летний период. Распределение осадков по месяцам, по данным И. Д. Цигельной и Г. Н. Голубева [107], приведено в табл. 17.

Условия рельефа и почвенно-растительного покрова во многом обычны для высокогорных бассейнов. Для верхних частей бассейна

Таблица 18

Число случаев выпадения дождя с разной максимальной интенсивностью по данным гидрометеорологической станции Чон-Кызылсу

Год	Максимальная интенсивность, мм/мин.						Сумма
	0,1	0,1—0,2	0,2—0,3	0,3—0,4	0,4—0,5	>0,5	
1949	11	6	1	1	—	—	19
1950	48	15	11	2	1	5	82
1951	78	30	6	3	4	4	125
1952	59	18	6	2	—	4	89
1953	35	18	7	1	—	2	63
1954	73	20	14	5	1	4	117
1955	101	23	9	6	2	—	141
1960	30	26	3	4	3	4	70
1961	75	17	9	1	2	4	106
Сумма	510	173	66	25	13	25	812

характерны резкие формы сильно расчлененных склонов и глубоко врезанных долин. В средних и нижних частях крутые, обнаженные склоны постепенно сменяются более пологими; степень задернованности поверхности вниз по бассейну возрастает. Залесенность незначительна. Повсеместно развиты рыхлые обломочные образования. Днища долин достаточно широки и местами задернованы. Многочисленные воронкообразные впадины, ложбины, выработанные временными водными потоками, древние и современные конусы выноса, моренные и зандровые отложения создают сложный мезорельеф склонов и долин и способствуют весьма неравномерному распределению запасов снега в бассейне.

Дождевой сток. Как отмечают Д. И. Цигельная и Г. Н. Голубев [107], на период май — сентябрь, когда осадки выпадают в жидком виде, по данным гидрометеостанции Чон-Кызылсу (13-летние наблюдения), приходится 73% годового количества осадков. Дожди обычно непродолжительные (продолжительность менее 1 часа имеют 55%, от 1 до 5 час.— 39,3% всех наблюденных дождей) и малоинтенсивные (92,2% всех дождей имели максимальную интенсивность $\leqslant 0{,}3$ мм/мин.). Наиболее интенсивные дожди наблюдаются в июле — августе. Суточное количество осадков также невелико (максимум в июле 1956 г. составил 37 мм, а в августе 1954 г.— 35 мм). Сведения об интенсивности, количестве и продолжительности дождевых осадков приведены в таблицах 18 и 19 [109].

Почвенный покров и грунты в бассейне обладают высокими водопоглотительными свойствами, что вообще характерно для речных бассейнов Тянь-Шаня и некоторых других горных стран [21, 84]. Об этом свидетельствуют результаты опытов по дождеванию на площадках с различными условиями строения и экспозиции поверхности, проведенных в этом бассейне М. И. Иверонової, Д. И. Цигельной и Г. Н. Голубевым (табл. 20) [107].

При высоких водопоглотительных свойствах почв и грунтов и обычном, малоинтенсивном, характере выпадения осадков поверхностный сток дождевых вод оказывается весьма незначительным. Это подтвердили также наблюдения М. И. Иверонової [107] на стоковых площадках (табл. 21).

Наблюдения И. Д. Цигельной и Г. Н. Голубева в 1959—1961 гг. дали еще меньшие значения коэффициента стока: в 2—3 раза меньше значений, полученных М. И. Иверонової. Такое расхождение, по-видимому, вызвано различными размерами элементарных площадок, на которых велись наблюдения (30 м² у М. И. Иверонової и 200 м² у И. Д. Цигельной и Г. Н. Голубева). Но важно то, что по всем этим данным коэффициенты поверхностного стока дождевых вод оказываются чрезвычайно малыми.

И. Д. Цигельная и Г. Н. Голубев отмечают, что на скальных поверхностях коэффициент стока дождевых вод высок, и на осыпях — близок к нулю. Последнее относится также к дну долины, где при высокой водопоглотительной способности уклоны поверхности не-

Таблица 19

Максимальная интенсивность осадков i_{max}, их продолжительность T и количество q^i по данным гидрометеостанции Чон-Кызылсу

Год	Дата	i_{max} мм/мин.	T мин.	q^i мм
1950	8/VII	0,58	10	5,8
	11/VII	0,90	6	5,4
	12/VII	0,97	3	2,9
	17/VIII	0,90	5	4,5
	30/VIII	0,63	6	3,8
	10/VIII	2,44	1	2,4
1951	11/VIII	0,95	2	1,9
	13/VIII	0,60	4	2,4
	15/VIII	0,80	1	0,8
	23/VII	0,65	2	1,3
1952	17/VIII	0,52	4	2,1
	20/VIII	0,57	7	4,0
1953	6/VI	0,55	8	4,4
	8/VIII	0,90	9	8,1
	20/VII	1,20	1	1,2
1954	22/VII	0,80	6	4,8
	29/VII	1,45	2	2,9
	14/VIII	2,65	2	5,3
1955	14/VII	5,00	1	5,0
	12/VII	0,55	2	1,1
	15/VII	0,80	3	2,4
1960	16/VII	0,50	1	0,5
	28/VII	1,70	1	1,7
	15/IX	0,50	1	0,5
	21/IX	0,60	2	1,2
1961	6/VII	0,80	6	4,8
	2/VIII	0,70	8	5,6

значительны. Коэффициент стока на склонах примерно такой же, как и на площадках.

Практически, как указывают И. Д. Цигельная и Г. Н. Голубев, заметный склоновый дождевой сток на площадках наблюдался лишь при следующих условиях: когда дожди выпадали на сильно увлажненную поверхность (влажность верхнего горизонта почвы

Таблица 20

Интенсивность впитывания воды в почву (мм/мин.) в пределах лесо-луго-степного пояса

Место наблюдений	По Д. И. Цигельной и Г. Н. Голубеву			По М. И. Иверонової		
	в последний час опыта	в течение опыта		в последний час опыта		
		максимальная	минимальная	средняя	максимальная	минимальная
Склон восточной экспозиции, крутизна 34°, поляна в разнотравном ельнике. Злаково-разнотравный луг на дерново-горно-луговой почве	1,6	2,0	0,7	3,7	5,7	2,6
Дно долины, злаково-разнотравный луг на дерново-луговой почве	0,4	1,4	0,4	—	—	—
Заболоченный осоково-разнотравный луг на торфянисто-луговой-оглеенной почве . .	0,0	0,2	0,0	—	—	—
Склон западной экспозиции, крутизна 30°. Злаково-травяной луг на дерново-луговой оглеенной почве	0,1	0,2	0,1	—	—	—
Поляна в лугово-разнотравном ельнике, склон северо-восточной экспозиции, крутизна 34°	—	—	—	5,4	9,6	1,8
Там же, под елью	—	—	—	7.1	—	—
Поляна среди елового леса, склон юго-западной экспозиции, крутизна 20°, почва горно-луговая	—	—	—	—	6,4	2,2
Склон южной экспозиции, поросший разреженной сухостепной полынно-типчаковой растительностью с разнотравьем, крутизна 34°, почва дерново-горно-степная	—	—	—	5,6	9,0	4,0
Там же, на поверхности скотобойной тропы	—	—	—	2,0	2,9	1,1

100%) и при дождях продолжительностью свыше 8 час. и средней интенсивностью не менее 0,05 мм/мин. (величина осадков более 24 мм).

Объем поверхностного дождевого стока в бассейне может быть оценен всего в 1—3% годового стока [18]. В то же время подземный

Таблица 21

Сток дождевых вод со склонов в пределах лесо-луго-степного пояса

Год	Период наблюдений	Осадки за период наблюдений, мм	Сток за период наблюдений, мм	Коэффициент стока
		Площадка 1		
1950	23/V—30/IX	421,8	3,5	0,008
1951	14/V—28/VIII	303,3	2,6	0,008
1952	20/V—22/IX	328,9	1,7	0,005
1953	8/V—28/IX	394,3	5,1	0,013
1954	14/V—26/IX	544,5	5,2	0,010
1955	4/V—31/X	390,9	1,9	0,004
1956	22/IV—27/XI	542,1	2,8	0,005
1957	14/IV—2/XII	476,6	2,3	0,005
		Площадка 2		
1955	7/IV—11/XI	419,1	2,1	0,005
1956	11/IV—27/XI	505,3	2,9	0,005
1957	30/III—3/XII	505,8	2,4	0,005
		Площадка 3		
1950	23/V—30/IX	421,8	2,0	0,005
1951	3/VII—28/VIII	194,6	0,4	0,002
1952	20/V—22/IX	328,9	0,6	0,002
1953	8/I—7/X	430,9	1,1	0,003
1954	18/V—17/X	572,9	2,5	0,040
1955	23/II—11/XI	451,1	3,4	0,008
1956	9/III—27/XI	597,0	3,2	0,005
1957	17/II—3/XII	532,6	3,7	0,007

сток жидких осадков оказывается весьма значительным. Большой объем поступления дождевых вод (60—80% годового количества осадков) при незначительной интенсивности выпадения жидких осадков (0,1—0,4 мм/мин.) и при высокой инфильтрации их в почвогрунты (0,5—0,7 мм/мин.) приводит к тому, что, как отмечает Г. Н. Голубев, именно за счет этих осадков происходит в основном формирование сезонного подземного стока, а полный коэффициент дождевого стока имеет достаточно высокие значения, сравнимые

с коэффициентом снегового стока [1]. Определяя величину испарения известным методом Б. В. Полякова, Г. Н. Голубев находит средние многолетние значения коэффициента дождевого стока по высотным поясам (табл. 22), которые действительно оказываются значительными.

Таблица 22

Изменение коэффициента дождевого стока в бассейне р. Чонкызылсу в зависимости от высотных и ландшафтных условий

Пункт наблюдения	Высота, м	Пояс	Жидкие осадки, мм	Испарение, мм	Коэффициент стока
Лесной Кордон	2100	Степной	340	260	0,2
Чон-Кызылсу . .	2550	Лесо-лугово-степной	480	280	0,4
Морена	3280	Альпийский	450	220	0,5
Ледник	3420	Гляциально-нивальный	250	70	0,7

Снеговой сток. Залегание снега на поверхности рассматриваемого бассейна, так же как в Алаарчинском и других речных бассейнах Тянь-Шаня, отличается большой неравномерностью. Распределение снега зависит от абсолютной высоты и экспозиции микро- и мезорельефа, характера растительности и ветрового режима. Крутые скальные склоны совершенно не задерживают снег, а в понижениях рельефа он скапливается в значительных количествах. Появление снежного покрова хорошо согласуется с датой устойчивого перехода к отрицательной средней суточной температуре воздуха (а для сплошного покрова — с переходом к отрицательной 13-часовой температуре). Переход значений 13-часовой температуры от отрицательных к положительным в весенний период определяет положение фронта снеготаяния [111].

В тепловом балансе снеготаяния, как показали И. Д. Цигельная и Г. Н. Голубев [107], главная роль принадлежит радиационной составляющей. В связи с этим таяние происходит лишь при ясной погоде, растягивается на длительное время и носит прерывистый характер (рис. 27). Наиболее интенсивное таяние имеет место около полудня, а ночью таяние вообще прекращается.

Как указывалось выше, запасы снега в рассматриваемом бассейне относительно невелики, испарение со снежного покрова также незначительно. И. Д. Цигельная и Г. Н. Голубев приводят сле-

---

[1] Бассейн Иссык-Куля отличается необычно большим преобладанием жидких осадков. Поэтому дождевое питание рек и коэффициент стока здесь очень высоки и нехарактерны для остальной, в том числе северо-восточной, части Средней Азии [111]. Кроме того, подсчет коэффициента дождевого стока очень неточный (*ред.*).

дующие величины составляющих баланса снега за зимний период (для лесо-лугово-степного пояса) в многолетнем разрезе:

Осадки в виде снега . . . . . 120 мм

Испарение со снежного покрова . . . . . 30 мм

Водозапас к концу зимы . . . . . 107 мм

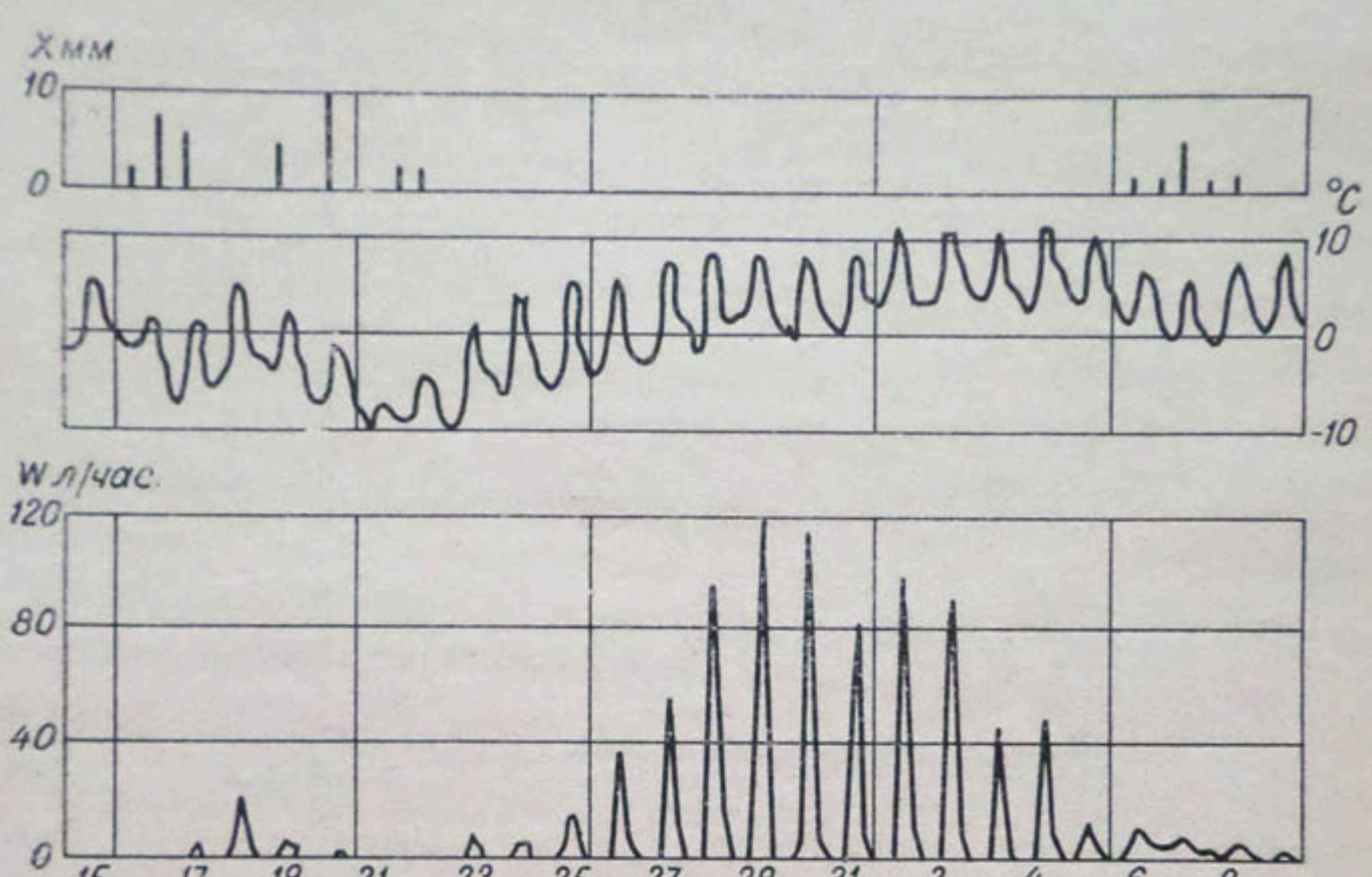

Рис. 27. Сток и метеорологические элементы на площадке на склоне восточной ориентации (бассейн р. Чонкызылсу).

В этих расчетах зимние осадки взяты по осадкомеру на ГМС Чон-Кызылсу с увеличением на 20% за счет предполагаемого выдувания, водозапас в снеге к концу зимы — по снегомерной съемке на той же станции, а испарение со снежного покрова принято согласно наблюдениям М. И. Ивероновой [34]. Получающуюся невязку (завышенность водозапаса к концу зимы) И. Д. Цигельная и Г. Н. Голубев объясняют неточностями измерений, принятием стандартных рамок для зимнего периода (XI—III), а также возможным оседанием инея на поверхность снега, что, по их мнению, может составить 5—10 мм воды.

Для характеристики процесса стекания талых снеговых вод показателен приводимый Д. И. Цигельной и Г. Н. Голубевым водный баланс стоковой площадки (рис. 28) за период с начала таяния до освобождения от снега 90% поверхности площадки (1961 г.):

Приход

Запасы воды в снеге к началу таяния
плюс осадки за период таяния 119,3 мм (100%)

Расход	
Поверхностный сток	17,6 мм (15%)
Испарение со снега	4,7 мм (4%)
Инфильтрация воды в почву	97,0 мм (81%).

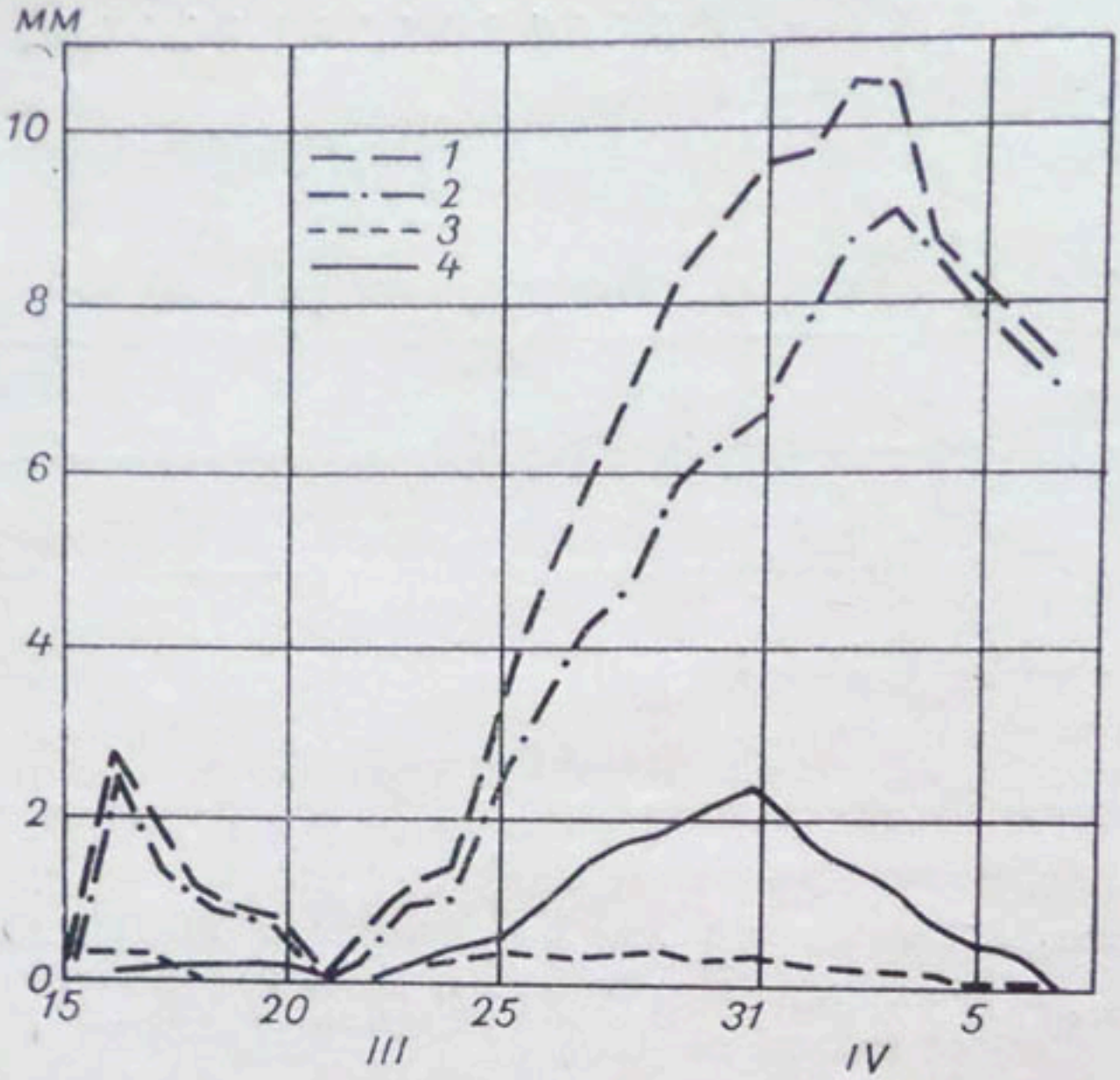

Рис. 28. Изменение составляющих водного баланса в период снеготаяния на стоковой площадке (бассейн р. Чонкызылсу) 1961 г.

1 — стаивание, *2* — инфильтрация воды в почву, *3* — испарение со снежного покрова, *4* — сток (по И. Д. Цигельной и Г. Н. Голубеву).

Эти материалы показывают, что талые снеговые воды, как и дождевые, в большей своей части идут на инфильтрацию в почвогрунты и также обращаются в подземный сток.

Многолетний водный баланс бассейна. Используя многолетние модули стока для различных высот восточной части северного склона Терскей-Алатау, установленные М. Н. Большаковым и В. Г. Шпак [13]: 2200 м — 7 л/сек. км²; 2600 м — 10 л/сек. км²; 3000 м — 14 л/сек. км², а также распределение годовых сумм осадков в бассейне в зависимости от высоты участков. И. Д. Цигельная и Г. Н. Голубев по имеющимся в различных пунктах бассейна наблюдениям получили следующие значения коэффициента руслового стока:

2200 м — 0,4;
2600 м — 0,5;
3000 м — 0,6.

Таким образом, общие коэффициенты стока оказываются значительными и намного выше коэффициентов поверхностного, склоно-

вого стока, причем с высотой они возрастают. Это еще раз свидетельствует о том, что бо́льшая часть талых и дождевых вод достигает русла именно подземным путем.

Роль отдельных составляющих стока в общем стоке бассейна с дифференциацией по высотным ландшафтным поясам представлена в табл. 23 [18]. При этом сезонное подземное питание отнесено полностью к дождевому, а основное — в равной мере к дождевому и снеговому стоку.

Таблица 23

Относительная роль составляющих стока в общем стоке бассейна

Высотные ландшафтные пояса	Питание			
	снеговое	дождевое	ледниковое	общее
Степной	1	2	0	2
Лесо-лугово-степной	1	9	0	10
Альпийский	7	13	0	20
Гляциально-нивальный	23	11	34	68
Весь бассейн	31	35	34	100

Относительная водоносность единицы площади каждого высотного пояса (в долях от средней водоносности бассейна) представляется следующим образом:

Пояс	Степной	Лесо-лугово-степной	Альпийский	Гляциально-нивальный
Относительная водоносность	0,2	0,4	0,7	1,9

Представляет интерес также изменчивость составляющих стока. Согласно расчетам Г. Н. Голубева для двух створов на р. Чонкызылсу, коэффициенты вариации снеговой, дождевой и ледниковой составляющих стока оказались в пределах 0,20—0,29, а общего годового стока — 0,11—0,14. Как совершенно правильно заключает Г. Н. Голубев, относительная устойчивость стока высокогорных рек, включающих ледниковое питание, обусловлена не слабой изменчивостью ледникового стока, а повышенной устойчивостью суммарного значения всех составляющих стока.

3. Бассейны рек северного и восточного Приферганья

Общая характеристика. Природные условия речных бассейнов рек Северного и Восточного Приферганья, стекающих с обращенных к Ферганской долине склонов Чаткальского, Атойнокского

и Ферганского хребтов были рассмотрены в главе III. Здесь следует лишь напомнить, что эти бассейны в сравнении со многими другими речными бассейнами Киргизии невысоки (средневзвешенные высоты от 1640 до 2820 м), и при заметных следах бывшего оледенения современное оледенение во всех этих бассейнах совершенно незначительно (площадь оледенения составляет лишь доли процента от размеров бассейна). Поэтому эти реки относятся к средним и низшим классам по классификации В. Л. Шульца (снегово-ледниковому, снеговому, снегово-дождевому) и к низшим классам по классификации О. П. Щегловой (снеговому и снегово-дождевому). Еще одно важное отличие этих бассейнов заключается в том, что они находятся в районе, где доля зимних осадков в годовой сумме достигает наибольшего для Киргизии значения. Перечисленные особенности рассматриваемых бассейнов важны в двух отношениях. Во-первых, благодаря отличию их условий от условий других районов Киргизии усиливается интерес к характеру водного баланса этих бассейнов и, во-вторых, отсутствие оледенения и связанная с этим простота структуры водного баланса облегчают задачу анализа водного баланса.

Сток и атмосферные осадки. Данные по стоку рек Прифергань на основе достаточно полных и длительных фактических наблюдений приведены И. А. Ильиным [37] к многолетнему 25-летнему ряду (1931—1955 гг.). Им же произведен подсчет среднего по речным бассейнам количества годовых осадков с выделением доли жидких осадков[1]. При этом были использованы сведения по осадкам относительно многочисленной наблюдательной сети гидрометеорологической службы и других организаций, а также установленные И. А. Ильиным районные и высотные закономерности изменения осадков. В табл. 24, составленной по материалам И. А. Ильина, приведены средний сток и средние количества твердых и жидких осадков во всех рассматриваемых здесь речных бассейнах.

Роль твердых и жидких осадков в образовании стока. По суммарным данным табл. 24 можно заключить, что при значении коэффициента стока твердых осадков 0,80 (что должно считаться достаточно близким к истинным значениям) 67%, т. е. $^2/_3$ стока, обусловливается твердыми осадками и 33%, или $^1/_3$ стока,— жидкими осадками. При этом коэффициент стока жидких осадков оказывается равным 0,38. Если даже коэффициент стока твердых осадков приравнять его крайнему, теоретически возможному значению, равному 1,0, то и тогда 17% стока останется на долю жидких осадков (коэффициент стока жидких осадков составляет в этом случае 0,19). Таким образом, при несомненном и значительном преобладании

---

[1] Данные И. А. Ильина, полученные по весьма редкой дождемерной сети, весьма приближенны. По этой причине весьма приближенна и оценка роли снегового и дождевого питания. Последнее, по-видимому, сильно преувеличено [111]. Об этом частично указывает ниже и сам автор (*ред.*).

роли твердых осадков в образовании стока роль жидких осадков далеко не ничтожна и, конечно, ни в коем случае не должна игнорироваться. Нужно в то же время сказать, что приведенные данные нельзя считать очень точными; в связи с общей трудностью оценки осадков не исключено, что жидкие осадки здесь так или иначе завышены.

Таблица 24

Многолетние средние годовые величины стока и атмосферных осадков на реках северо-западного, северного и северо-восточного Приферганья

Река	Пункт	Площадь водосбора, км²	Средневзвешенная высота водосбора, м	Сток, мм	Осадки, мм		Доля жидких осадков в годовой сумме осадков
					твердые	жидкие	
Гавасай	кишл. Гава	657	2570	290	225	200	0,48
Коксарек	выше с. Кара-Курган	132	2330	195	186	201	0,52
Сумсар	выше устья р. Акшамат	92,5	2600	331	180	230	0,56
Кассансай	выше устья р. Урюкты	1280	2510	204	219	237	0,52
Урюкты	устье	114	2220	198	284	206	0,42
Алабука	выше с. Алабука	200	2630	432	353	190	0,35
Чанач	выше с. Актам	148	2800	375	336	243	0,42
Падшаата	выше устья р. Тос	389	2820	495	384	278	0,42
Карасу правая	устье	2640	2060	466	410	378	0,48
Майлису	ниже устья р. Кайрагач	538	2560	510	491	491	0,50
Шайдан	с. Шайдан	126	2070	397	399	528	0,57
Тентяксай	с. Чарвак	1244	2290	749	466	546	0,54
Кугарт	с. Джергитал	935	2030	611	419	588	0,59
Чангет	с. Чангет	381	1640	188	299	555	0,65
Зергер	с. Тассай	216	2000	414	462	589	0,56
Донгузтау	с. Донгуз-Тау	166	2010	525	433	623	0,59
Яссы	с. Саламалик	1180	2610	614	610	540	0,47
Кульдук	с. Сары-Булак	150	2270	510	432	528	0,55
	Суммарная площадь водосборов и средние взвешенные величины высоты, стока и осадков	10588	2500	470	392	414	0,55

4. Соотношение твердых и жидких осадков в Ангренском бассейне

Интересно отметить, что к западу от границ Киргизии на внешних склонах крайних хребтов Тянь-Шаня условия прихода атмосферных осадков, а вместе с тем и условия питания рек резко изменяются. Об этом свидетельствуют исследования В. П. Черногорова, на протяжении ряда лет занимавшегося изучением снежного покрова в верхней части бассейна р. Ангрен до устья р. Якаарча (средневзвешенная высота бассейна 2760 м). На основании данных аэрофотосъемок снежного покрова с использованием показаний наземных снегосъемок и осадкомеров, им обстоятельно выяснена картина поступления атмосферных осадков и динамика образования и расходования запасов снега на внешних склонах хребтов западного Тянь-Шаня.

Как следует из табл. 25, составленной по материалам Черногорова, в холодное полугодие здесь выпадает и накапливается бо́льшая часть годового количества осадков. Так, в 1960 г. до 13/IV выпало 75% годовых осадков, а в 1961 г. до 27/III — 70%. Таким образом, соотношение зимних и летних осадков в Ангренском бассейне обратно тому, которое имеет место в Чонкызылсуйском бассейне.

Пример Ангренского бассейна с резко отличным от остальной части Тянь-Шаня соотношением зимних и летних осадков интересен в двух отношениях. Во-первых, он показывает бо́льшую, даже на сравнительно близких расстояниях, высотную и горизонтальную (т. е. не связанную с высотной обстановкой) изменчивость условий выпадения и накопления твердых и жидких осадков в горной части Средней Азии, как и участие талых вод и жидких осадков в формировании стока. Во-вторых, он свидетельствует о том, что характерная для пределов Киргизии равноценность, а большей частью и преобладание летних осадков над зимними и связанная с этим повышенная роль жидких осадков в водном балансе речных бассейнов, является одной из климатических и гидрологических особенностей этой территории.

В табл. 26 приводятся найденные Черногоровым значения коэффициента стока для рассматриваемой верхней части бассейна р. Ангрен. Коэффициент стока при общем довольно высоком значении оказывается несколько ниже, чем, например, в Алаарчинском бассейне. Это вполне понятно, поскольку Ангренский бассейн располагается в иных географических условиях на значительно меньших высотах и здесь больше осадков расходуется на испарение в сравнении с высокогорными бассейнами.

Подводя итоги рассмотрению водного баланса горных бассейнов нужно отметить, что в зависимости от всего комплекса географических условий состав и особенно роль и вес составляющих водного баланса подвержены значительной изменчивости по территории. В этом отношении весьма показательны приведенные сведения по различным районам Киргизии. В то же время по этим

Таблица 25

Водность снега и сумма осадков за осадковый год в бассейне р. Ангрен (выше р. Якаарча)

Высотная зона		Средняя водность снега и запас воды в снеге		Количество осадков за осадковый год (1/X—30/IX)	
интервалы высот, м	площадь зоны, км²	мм	10^3 м³	мм	10^3 м³
13/IV 1960 г. (многоводный)					
1400—1600	1,79	0	0	1080	1933
1600—1800	5,45	180	981	1140	6213
1800—2000	16,9	390	6538	1200	20280
2000—2200	34,0	560	19057	1260	42840
2200—2400	65,1	730	47523	1320	85932
2400—2600	90,4	880	79552	1380	124752
2600—2800	119,2	1020	121584	1430	170456
2800—3000	123,8	1170	144846	1480	183224
3000—3200	108,9	1310	142659	1540	167706
3200—3400	33,9	1420	48005	1590	53901
3400—3600	23,7	1540	36400	1640	38868
3600—3800	11,2	1560	17448	1690	18928
3800—4000	4,61	1340	6180	1740	8021
Сумма	639		670773		923054
27/III 1961 г. (маловодный)					
1400—1600	1,79	0	0	540	967
1600—1800	5,45	20	88	600	3270
1800—2000	16,9	100	1724	660	11154
2000—2200	34,0	240	8078	720	24480
2200—2400	65,1	360	23125	780	50778
2400—2600	90,4	460	41637	830	75032
2600—2800	119,1	560	67266	880	104896
2800—3000	123,8	660	82115	940	116372
3000—3200	108,9	750	82174	1000	108900
3200—3400	33,9	840	28606	1040	35256
3400—3600	23,7	930	22068	1090	25833
3600—3800	11,2	980	11021	1140	12768
3800—4000	4,61	860	3990	1200	5532
Сумма	639		372692		575238

Таблица 26

Коэффициенты стока для бассейна р. Ангрен (выше р. Якаарчи) по данным снегосъемок плюс летние осадки и по осадкомерам

Метод определения	1956-57 г.	1957-58 г.	1958-59 г.	1959-60 г.	1960-61 г.	Средний за 5 лет
По данным снегосъемок плюс летние осадки	0,42	0,82	0,66	0,64	0,51	0,61
По осадкомерам . .	0,36	0,65	0,66	0,63	0,48	0,56

материалам можно сделать и общие выводы в отношении питания рек Киргизии. Среди источников питания на первом месте стоят талые снеговые воды, доля которых составляет 35—70% общего годового стока. Роль дождевых вод в сравнении с общими условиями Средней Азии является повышенной, местами она достигает 20—30%. Особенно она велика в Иссык-Кульском бассейне. Роль ледниковых вод в зависимости от степени оледенения речных бассейнов, естественно, подвержена значительной территориальной изменчивости. Исчезая на низкогорных реках, ледниковое питание при сильном развитии оледенения может достигать 30—35%. Конечно, при этом речь идет о реках с полностью горными бассейнами, простирающимися от подножий гор до горных вершин. При рассмотрении частных бассейнов, естественно, можно выявить и иные условия питания.

Очень велика роль подземных вод в формировании стока. В годичном же водном балансе доля подземных вод обычно значительно сокращается.

Глава VI

ВОДНЫЙ БАЛАНС МЕЖГОРНЫХ ДОЛИН

Межгорные долинные территории представляют собой области с особыми гидрологическими условиями. Если на горные склоны приходится первичное формирование стока, то в межгорных долинах происходит его переформирование, обусловленное как естественными, так и искусственными причинами. В связи с тем что использование водных, а в настоящее время и гидроэнергетических ресурсов рек сосредоточено именно в межгорных долинах, изучение их гидрологических условий имеет большое практическое значение.

Согласно П. Г. Григоренко [19], межгорные долины сложены преимущественно кайнозойскими осадками различного генезиса и состава при доминирующем распространении в большинстве долин послеинжнечетвертичных отложений. Эти отложения представлены

континентальными образованиями аллювиальных, пролювиальных, делювиальных, гляциальных, флювиогляциальных, озерных, болотных, эоловых и других типов. Наиболее широко развиты пролювиальные и пролювиально-аллювиальные отложения, крупнообломочные (валунники, валунно-галечники и галечники) и мелкообломочные (суглинки, супеси, гравий). В современных долинах значительных рек крупнообломочные аллювиальные отложения образуют сплошные, хотя и неширокие полосы вдоль рек.

Мощность послеминжнечетвертичных отложений в таких долинах как Чуйская, Таласская, Ферганская измеряется многими сотнями метров. Эти отложения образуют обводненную толщу с единым зеркалом подземных вод, имеющим уклоны, соответствующие основным уклонам поверхности долин.

Таким образом, как замечает П. Г. Григоренко, в межгорных долинах геологические условия благоприятствуют накоплению подземных вод с их весьма значительными вековыми и устойчивыми динамическими запасами. К этому необходимо добавить, что подземные воды межгорных территорий находятся в самом тесном взаимодействии с поверхностными водами.

В общем виде схему водного баланса межгорных территорий можно представить следующим образом (рис. 29). С внешнего

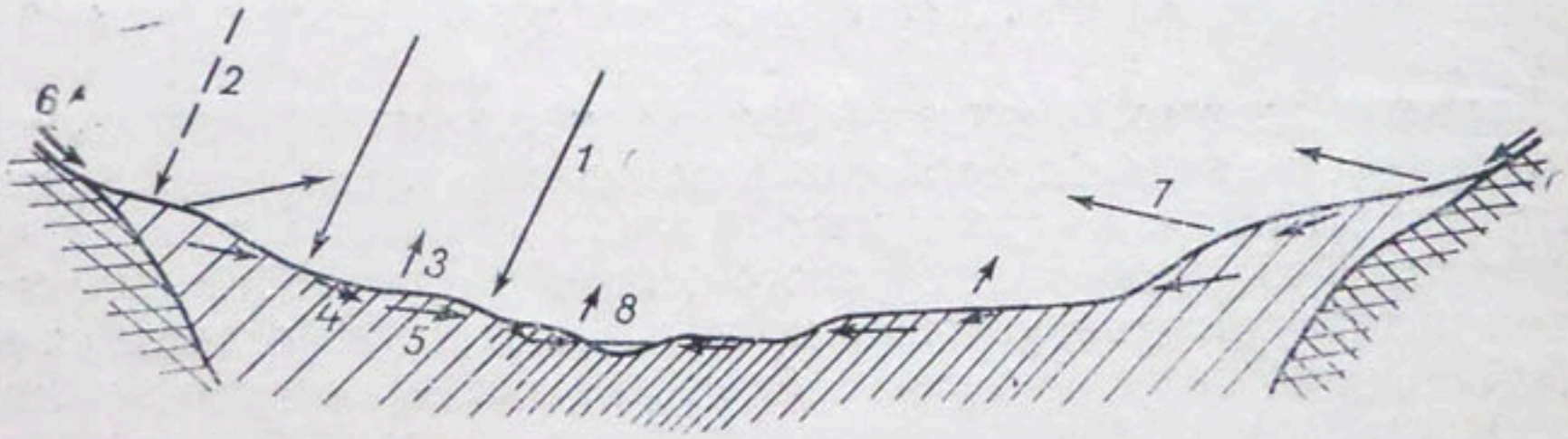

Рис. 29. Схема водного баланса межгорных долин.

1 — жидкие осадки, *2* — твердые осадки, *3* — испарение с поверхности долины, *4* — инфильтрация осадков, русловых и оросительных вод, *5* — выклинивание подземных вод, *6* — поступление русловых вод с горного окружения, *7* — отвод русловых вод ирригационными каналами, *8* — сток по центральному каналу долины.

контура в долину поступает речной сток и подрусловые воды. В полосе предгорного шлейфа — конусов выноса горных потоков — часть руслового стока вследствие сильного развития фильтрации обращается в подземный сток. По периферии конусов выноса в начале аллювиально-пролювиальной равнины некоторая часть этих подземных вод в виде ручьев (так называемых карасу) выходит на поверхность и поступает в русловую сеть, другая часть попадает на поверхность на более низких уровнях, например, в полосе пойменной террасы или выклинивается непосредственно в русло главной реки долины. Если подземный бассейн незамкнутый, то часть подземных

вод будет переходить в другие бассейны. Осадки, выпадающие на поверхность долины, частично будут расходоваться на пополнение подземных вод, частично тратиться на испарение и транспирацию. Таким образом, в общих и наиболее простых чертах в межгорных долинах можно различить две основные зоны: верхнюю зону, зону сокращения поверхностного стока и нижнюю, зону полного или частичного восстановления поверхностного стока.

Выше речь шла о естественных изменениях стока. Для полноты характеристики следует сказать, что, как уже указывалось, природная гидрография, а вместе с тем и весь гидрологический режим долинных территорий в современных условиях в значительной степени искусственно изменены: в интересах ирригации сток перераспределен заново, прежние реки ослаблены, зато созданы новые большие и малые искусственные реки. Чтобы уяснить масштабы этих искусственных изменений, можно привести такие цифры: число магистральных каналов в Киргизии, осуществляющих забор воды из источников орошения, достигает почти трех тысяч, а общая протяженность ирригационных каналов, как уже указывалось, составляет 25 с лишним тысяч километров [78]. Назначение этих каналов — рассеяние большей или меньшей части стока по площади долин. Понятно, что без учета этих искусственных изменений в гидрографии и гидрологии межгорных долин в настоящее время не могут рассматриваться гидрологический режим и водный баланс этих территорий.

Большая сложность водного баланса межгорных долин, значительное участие в нем всевозможных подземных вод, наблюдения за которыми в настоящее время недостаточны, создают серьезные затруднения в изучении их гидрологического режима. Особенно велики эти затруднения в условиях открытых долин или отдельных их участков, у которых подземные бассейны оказываются незамкнутыми. Трудную задачу представляет также учет испарения: оно подвержено очень сильной изменчивости в зависимости от строения и ориентации форм земной поверхности, сложной мозаики физических и гидрологических свойств почво-грунтов, вида и характера растительного покрова. Поэтому воднобалансовые расчеты с участием помимо стоковых также и испарительных, подземных, часто даже осадковых составляющих ввиду недостаточной полноты и точности наблюдений за всеми этими элементами неизбежно носят весьма ориентировочный характер. Тем не менее значение подобных исследований трудно переоценить, поскольку при отсутствии других, более точных данных нередко только с помощью их можно получать выводы, необходимые для решения практических задач правильного построения ирригационных систем и рациональной эксплуатации ресурсов стока.

Ниже рассматриваются Чуйская и Таласская долины, гидрологический режим и водный баланс которых в настоящее время наиболее изучен, а основные выводы этого рассмотрения, в принципе, применимы и к другим долинным территориям Киргизии.

1. Чуйская долина

Русловой баланс стока р. Чу

Сведения о поучастковых изменениях стока р. Чу — главного стокового канала долины, которые нельзя объяснить поверхностным притоком и оттоком, были известны давно, поэтому вопрос баланса руслового стока занял важное место в гидрологических исследованиях и в практике водного хозяйства в Чуйской долине. Наиболее

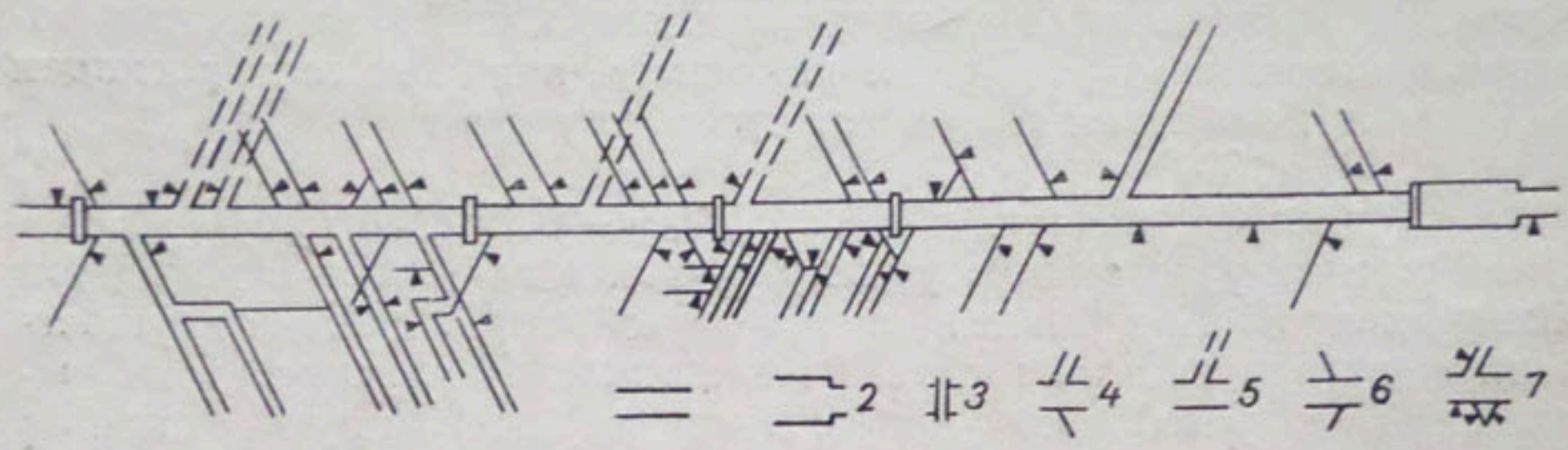

Рис. 30. Линейная балансовая схема р. Чу.

1 — р. Чу, *2* — Ортотокойское водохранилище, *3* — плотины на р. Чу (последовательно по течению реки — Ортотокойская, Боординская, восточной, затем западной ветки БЧК, Чумышская), *4* — притоки и водосбросы в р. Чу (притоки по правому берегу — Чон-Кемин, по левому берегу — Красная, с осушительным коллектором, Иссыката, Коллектор, Аламедин с Норусом), *5* — притоки периодического (паводкового) действия (по правому берегу — Кичекемин, Каракузун, Черная, Агалаташ), *6* — водозаборные каналы (по правому берегу — Аколен, Сарыбулак, Самотек, Алапай, Акджол, Карабурген, Верхне-Чуйский, Майсуходжа, Шор-Тюбе, Баянху верхний, Баянху магистральный, Циндарин, Вандагон, Чуйский первый, Чуйский второй, Георгиевский; по левому берегу — Кок-Майнок, Чоколдок, Талгар, Нов. Калмаксу, Ст. Калмаксу, Истам, Белый Пикет, Сарбос, Шабдан, Баубек, Кошпичак, Кельдике, Восточный Большой Чуйский с распределителями, Осман, подпитывающий — Западный Большой Чуйский, Дунганский первый, деривационный — Атбашинский), *7* — гидрометрические посты на реках, каналах и сбросах (на р. Чу Кочкорка, Кутемалды, Терек-Джон, Бурулдайский мост, Милянфан, Чумышский — нижний бьеф).

полные результаты в изучении этого явления были получены в конце сороковых и в пятидесятые годы [42], когда было достигнуто необходимое для анализа развитие гидрометрических наблюдений и стало возможно рассмотрение материалов многолетнего периода.

По наличию гидрометрических постов р. Чу может быть разбита на ряд расчетных участков (рис. 30), водный баланс каждого из которых, очевидно, выразится уравнением

$$Q_в - Q_н - Q_з + Q_с + Q_и = 0,$$

где $Q_в$ — средние расходы воды на верхнем конце участка, $Q_н$ — то же на нижнем конце участка, $Q_з$ — средние расходы суммарных заборов воды каналами, $Q_с$ — средние расходы суммарных сбросов вод в реку притоками и сбросными каналами, $Q_и$ — изменения руслового стока.

Из соображений наличия гидрометрических данных, необходимых для анализа руслового водного баланса, был использован восьмилетний период (1950—1957 гг.). Значения первых четырех

составляющих уравнения являются известными, а $Q_и$ подлежит определению как остаточный член уравнения. В качестве расчетного периода использовались календарные декады (при этом с различиями во времени добегания внутри каждого расчетного участка можно не считаться).

Расчетный участок с. Кочкорка — устье р. Кутемалды имеет протяженность 39 км. Это — горная часть реки без существенных притоков и с наибольшим забором воды каналами. На протяжении участка долина дважды расширяется — в Орто-Токойской (здесь в последующем возникло одноименное водохранилище) и Иссык-Кульской котловинах. Изменение руслового стока на участке состоит в сокращении его, наблюдающемся при высоких расходах и связанном с общими размерами стока на участке

$Q_в \leqslant 60{,}0$ м³/сек., $Q_и = 0$,

$Q_в \geqslant 60{,}0$ м³/сек., $Q_и = -0{,}25\ Q_в + 15{,}0$.

Расчетный участок пост устье р. Кутемалды — пост Терек-Джон имеет длину 54 км и также является горной частью реки без существенных притоков и заборов воды каналами. Изменение стока выражается в устойчивом приращении на постоянную величину $Q_и = 4{,}0$ м³/сек.

Расчетный участок пост Терек-Джон — пост Бурулдайский мост имеет протяженность 15 км. На этом участке река принимает наиболее значительный, наряду с р. Красной, приток — р. Чонкемин и выходит в Чуйскую долину. Забор воды в ирригационные каналы здесь пока еще также незначителен. Изменение стока выражается в устойчивом и постоянном приращении на небольшую величину $Q_и = 1{,}5$ м³/сек.

Расчетный участок пост Бурулдайский мост — с. Милянфан является наиболее протяженным, его длина 98 км. Это — среднее течение реки. Несколько выше поста Бурулдайский мост долина теряет характер ущелья и все более расширяется, а поток начинает дробиться на многочисленные непостоянные рукава, блуждая по обширной пойме, сложенной крупнообломочными и песчаными речными отложениями. Подобная картина сохраняется на всем протяжении конуса выноса, который река образует на выходе в Чуйскую долину и который простирается до меридиана г. Токмак. Ниже г. Токмак река постепенно снова входит в одно, достаточно устойчивое русло. Воды реки на этом участке широко используются для орошения земель Чуйской долины как на левом, так и на правом берегу (каналы Самотек, Восточный Чуйский, Западный Чуйский и другие). Из практики водного хозяйства и производившихся прежде исследований известно, что на верхней части этого участка, от поста Бурулдайский мост до г. Токмак, имеют место потери стока, на нижней части, ниже г. Токмак, наблюдается обратная картина — приращения русловых вод.

Общий обзор изменения руслового стока подтвердил наличие на участке как потерь, так и приращения стока и показал зависимость потерь от размеров руслового стока, а приращения — от календар-

ных сезонов года. На этом основании изменение руслового стока на участке будет выражаться так:

$$Q_н = \alpha Q_в + Q_{пр},$$

где $Q_{пр}$ — приращение стока в м³/сек.; эта величина в соответствии с принятым для анализа расчетным периодом берется за календарную декаду.

Подставляя это выражение в приведенное выше уравнение водного баланса

$$(1 - \alpha) Q_в - Q_н - Q_з + Q_с + Q_{пр} = 0,$$

можно найти значение α, пользуясь односезонным рядом, внутри которого величины $Q_{пр}$ будут достаточно близкими

$$\alpha = \frac{\sum}{n}\left[1 - \frac{(Q_н + Q_з - Q_с)_1 - (Q_н + Q_з - Q_с)_2}{(Q_{в_1} - Q_{в_2})}\right],$$

где n — число суммируемых для нахождения среднего значения разностей. В результате расчетов получили $\alpha = 0{,}30$.

Теперь из уравнения водного баланса данного участка для различных календарных периодов могут быть найдены значения $Q_{пр}$. Эти значения приведены в табл. 27.

Расчетный участок с. Милянфан — пост Чумышская плотина (нижний бьеф) имеет небольшую протяженность — всего 5 км. Изменение руслового стока здесь носит двоякий характер: при

Таблица 27

Приращение руслового стока р. Чу на участке г. Токмак — с. Милянфан

	Месяц								
	I			II			III		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Приращение стока, м³/сек.	16,5	15,8	15,2	17,0	18,0	18,5	22,0	21,6	19,8

	IV			V			VI		
Приращение стока, м³/сек.	19,8	19,2	19,0	20,0	17,0	16,0	12,0	13,5	13,5

	VII			VIII			IX		
Приращение стока, м³/сек.	12,2	14,0	14,0	15,0	15,0	13,0	15,0	15,2	15,4

	X			XI			XII		
Приращение стока, м³/сек.	19,3	20,0	23,2	22,0	22,0	21,1	22,5	20,0	18,0

небольших и средних расходах имеет место приращение стока на постоянную величину, при больших расходах — потери стока

$Q_в \leqslant 55{,}0$ м³/сек., $Q_и = 2{,}5$ м³/сек.,

$Q_в > 55{,}0$ м³/сек., $Q_и = -0{,}17\ Q_в + 12{,}0$.

Графические построения по расчетным участкам даны на рис. 31.

Анализ руслового баланса расчетного участка, подобный изложенному для нижнего течения реки, не производился. В качестве

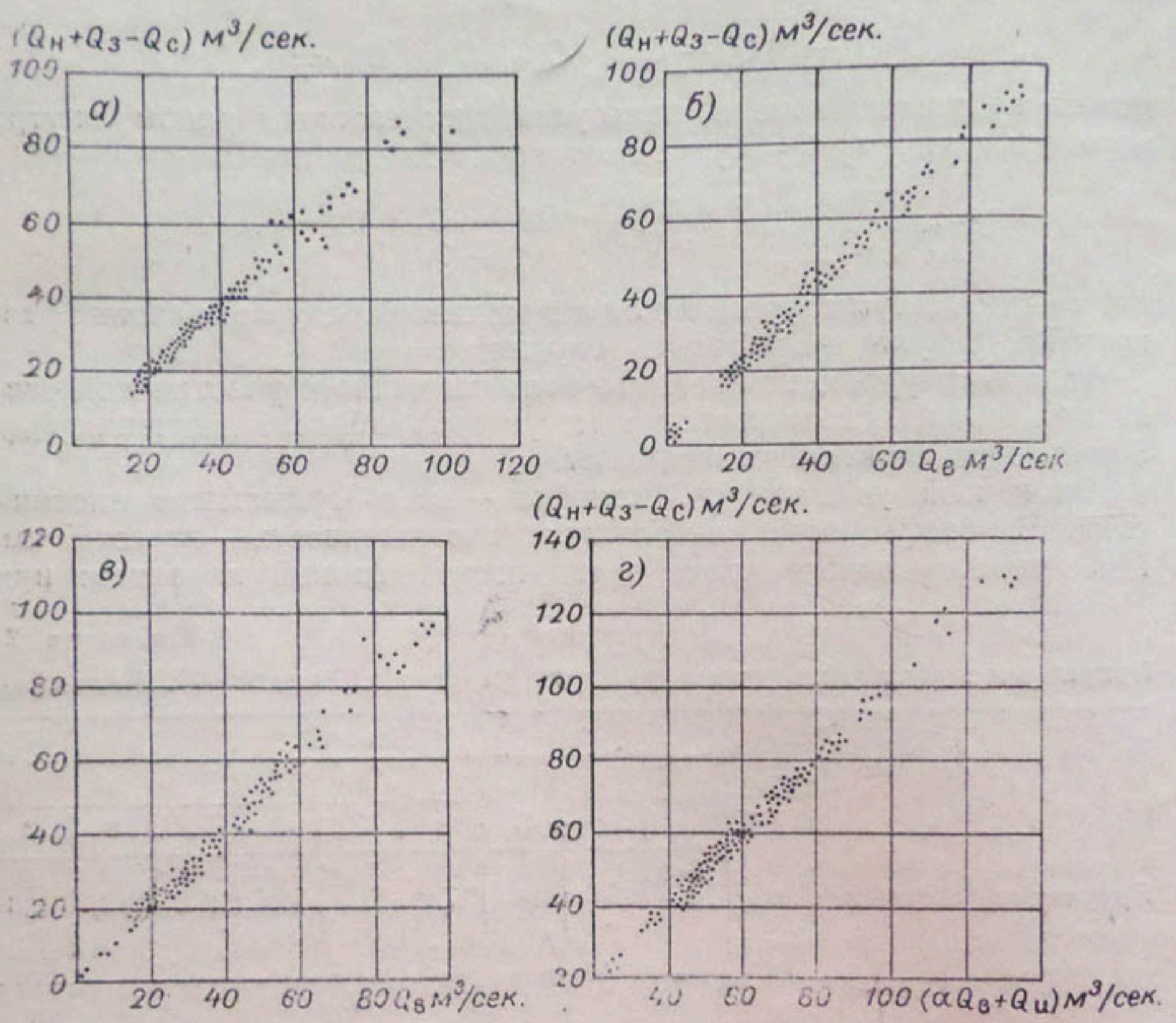

Рис. 31. Водный баланс руслового стока по расчетным участкам.

а — Кочкора — устье р. Кутемалды, *б* — устье р. Кутемалды — п. Терек-Джон, *в* — п. Терек-Джон — п. Бурулдайский мост, *г* — п. Бурулдайский мост — п. Милянфан, *д* — п. Милянфан — Чумышская плотина (нижний бьеф).

ориентировочных сведений для последующих участков можно сослаться на результаты прежних исследований (табл. 28).

Таблица 28

Средние годовые значения изменения стока р. Чу в нижнем течении

Расчетные участки	Протяженность, км	Изменение стока, $м^3/сек.$
Пост Чумышская плотина — пост Константиновка	14	6,4
Пост Константиновка — пост Таш-Уткуль	95	6,8
Пост Таш-Уткуль — Курагата . .	95	8,5
Пост Курагата — пост Гуляевка .	70	—5,9

Результаты изложенного анализа показывают большую роль изменений руслового стока в режиме реки. Поскольку поверхностный приток и отток были учтены, а испарение и конденсация не могут из-за незначительности обусловить заметных изменений, изменения руслового стока должны объясняться расходованием части руслового стока на пополнение грунтовых вод или, наоборот, поступлением грунтовых вод в русло, т. е. явлением грунтового регулирования стока.

Наблюдающиеся потери руслового стока приурочены к участкам, сложенным крупнообломочным материалом и небольшим врезом русла, где наблюдается растекание воды по нескольким рукавам и происходят потери пропорционально размерам общего стока на участке. Возникновение потерь при этих условиях и их связь с размерами стока вполне логичны. Также является вполне понятным наступление потерь с определенного уровня воды, с которого начинается выход вод в пойму или вообще достигается благоприятствующее потерям положение (с чем и связано наличие свободного члена в зависимости $Q_и$ от $Q_в$). Это правило не действует на участке пост Бурулдайский мост — г. Токмак, приходящемся на конус выноса реки, где дробление потока по рукавам начинается с малых расходов, и суммарная величина смоченного периметра русла оказывается пропорциональной проходящим расходам во всем диапазоне их изменчивости. Гидрологические условия этого участка П. Г. Григоренко [19] характеризует как условия конуса выноса с глубоким залеганием подземных вод, уровень которых повышается лишь в пойменной полосе (5—10 м от поверхности) благодаря близости питающего их потока. Уровень подземных вод, как показали специальные гидрогеологические исследования, здесь действительно располагается устойчиво ниже дна русла. Таким образом, на этом участке русловые и подземные воды не находятся в гидравлической связи друг

с другом. На этом участке потери достигают наибольшей интенсивности, составляя 30% всего стока.

Приращение стока, наблюдающееся на расчетных участках, как правило, не зависит от размеров руслового стока и представлено или постоянной величиной, или же величиной, меняющейся по сезонам года. Последний случай имеет место на участке г. Токмак — с. Милянфан, где приращение стока достигает очень больших величин.

Представляет определенный интерес дальнейшая судьба потерянных русловых вод и происхождение подземных вод, поступающих в русло. Это в особенности относится к участку пост Бурулдайский мост — с. Милянфан, где как потери, так и поступление наиболее значительны.

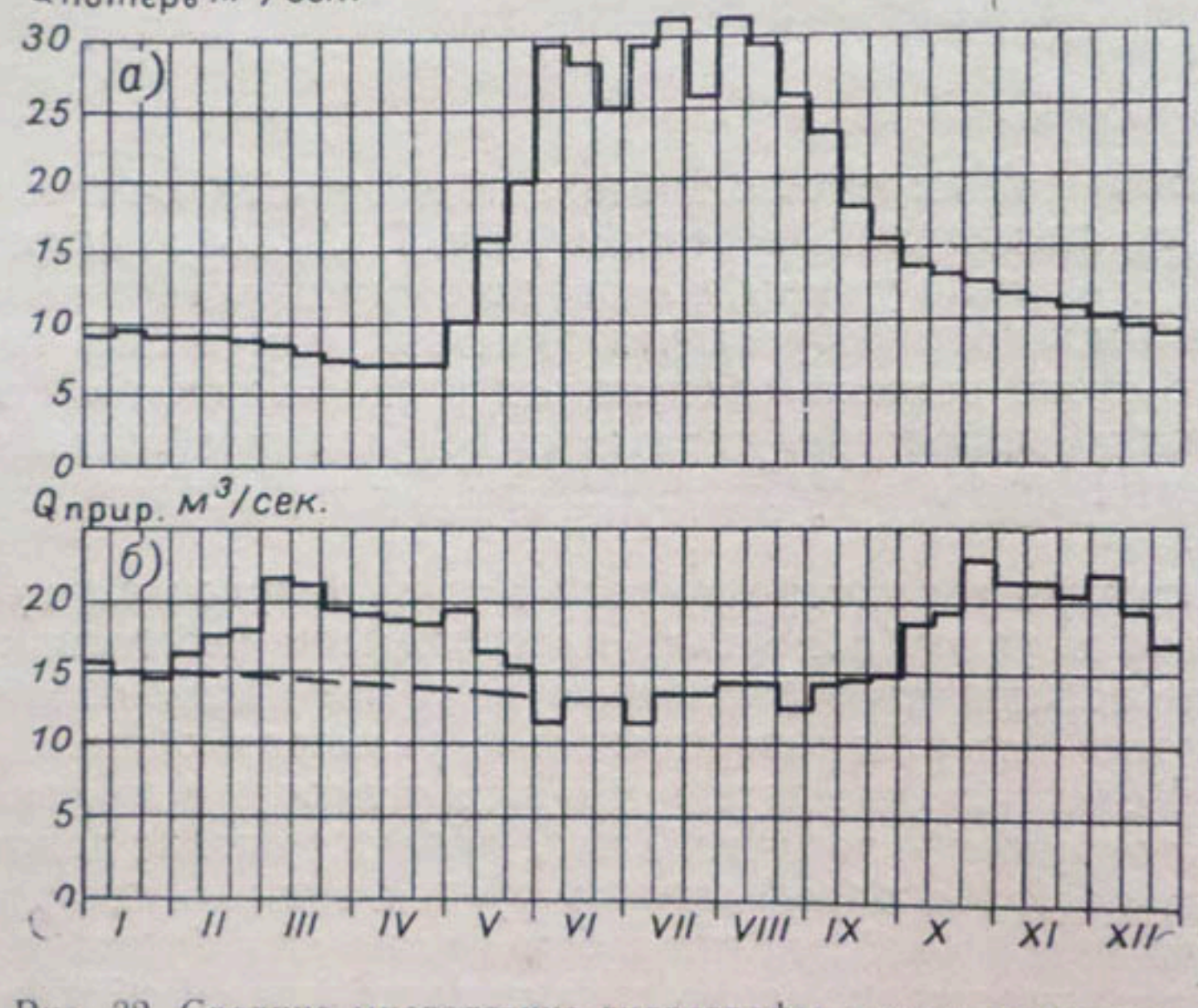

Рис. 32. Средние многолетние гидрографы потерь русловых вод на участке п. Бурулдайский мост — г. Токмак (*а*) и приращения руслового стока на участке г. Токмак — п. Милянфан (*б*).

Прерывистой линией выделен весенний поверхностный приток.

Из рис. 32, на котором изображены гидрографы (за рассматриваемый восьмилетний период) потерь русловых вод на участке пост Бурулдайский мост — г. Токмак и приращения руслового стока реки на последующем участке г. Токмак — с. Милянфан, можно видеть следующее.

1. Гидрограф приращения стока имеет два пика, приходящиеся на февраль — май и октябрь — январь. Первый из этих пиков обусловлен наблюдаемым на этом участке и гидрометрически неучиты-

ваемым поверхностным поступлением в р. Чу весенних талых и дождевых вод в виде временных потоков с низкогорного правобережья.

2. Сопоставление гидрографа приращения со срезанным весенним пиком (обусловленным поверхностным притоком) с гидрографом потерь показывает, что эти гидрографы сходны и отличаются друг от друга большей сглаженностью первого и смещением пика на нем на 4—5 месяцев в сторону запаздывания по сравнению со вторым.

3. Средняя годовая величина потерь и приращения за рассматриваемый восьмилетний период (за вычетом весеннего пика, дающего в годовом исчислении 1,5 м³/сек.) составляет одну и ту же величину 16,0 м³/сек.

Отсюда следует, что воды, потерянные на участке пост Буруллайский мост — г. Токмак, снова возвращаются в русло в более сглаженном виде примерно через 4—5 месяцев на участке г. Токмак — с. Милянфан.

Питание р. Красной. Река Красная, являющаяся не только весьма интересным гидрологическим, но и важным водохозяйственным объектом, протекает в районе г. Токмак. Она собирает свои воды из многих ручьев на болотистом массиве южнее города, невелика по протяженности (порядка 35 км), но по размерам стока стоит на первом месте среди всех притоков р. Чу: ее средний годовой расход воды составляет 22,8 м³/сек., причем сток этот отличается высокой зарегулированностью (он почти неизменен во времени). В свете изложенного вывода о замкнутом характере водного баланса зон потерь и приращения стока р. Чу на участке пост Буруллайский мост — с. Милянфан р. Красная оказывается вне рамок баланса р. Чу. Таким образом, хотя некоторое взаимодействие между этими реками и не исключено, р. Красная, по существу, должна считаться независимым источником, имеющим собственную область питания.

Последнее заключение может быть подтверждено и другими соображениями. По Кен-Булунскому створу, где реки Чу и Красная сближаются до расстояния 2 км, р. Красная полностью завершает сбор своих вод, а на р. Чу уже начавшееся приращение руслового стока по имеющимся сведениям достигает 10 м³/сек. Затем, выполненные воднобалансовые расчеты по верхней части Чуйской долины, хотя ориентировочные и не совсем, по-видимому, полные, показывают, что возможное питание р. Красной у Кен-Булунского створа (за счет фильтрации в руслах левобережных притоков р. Чу, ирригационных системах и орошаемых полях на левобережье, использующих воды р. Чу и ее притоков, и инфильтрации атмосферных осадков в этом же районе) может быть оценено в 17 м³/сек. Из этого же следует, что основное питание р. Красная получает из собственной сферы питания, оно не зависит (или зависит мало) от тех вод, которые р. Чу теряет на участке пост Буруллайский мост — г. Токмак.

Материалы по водному балансу долины. Имеющиеся данные свидетельствуют о больших запасах подземных вод в долине.

Динамические запасы подземных вод полосы конусов выноса на участке между реками Шамси и Аспара, представляющей зону формирования подземных вод, по подсчетам О. А. Архангельской [20], равны в среднем 30—35 м³/сек.

Последующие исследования показывают, что эти цифры, превышающие половину общего поверхностного поступления воды с горного обрамления долины (речь идет лишь о левобережной части, входящей в Киргизию), не являются завышенными. М. И. Каплинский [56] с учетом поверхностного притока с горного обрамления, атмосферных осадков, выпадающих на расчетную поверхность, и поверхностного оттока из расчетной зоны при различных вариантах оценки испарения получил величину подземного оттока в пределах 34—44 м³/сек., или по среднему из вариантов — в 40 м³/сек. для всего левобережного предгорного шлейфа Чуйской долины, заключенного между реками Кызылсу и Аспара и линиями гидрометрических постов на реках и шоссейной дороге Рыбачье — Чалдовар, с площадью около 2000 кв. км.

В зоне пролювиально-аллювиальной покатой равнины, лежащей ниже предгорного шлейфа, в основном происходит расходование сформировавшихся запасов подземных вод. Главными видами этого расходования являются выходы вод карасу и поступление подземных вод непосредственно в русло р. Чу. Наиболее интенсивное выклинивание подземных вод в виде карасу наблюдается на протяжении первых 2—3 км от границы предгорного шлейфа, затем интенсивность падает, а на расстоянии 5—10 км выклинивание становится незаметным. Общая величина выклинивания вод карасу в Чуйской долине составляет 14,5 м³/сек. среднегодовой величины.

О поступлении подземных вод в русло р. Чу было сказано выше.

2. Таласская долина

Водный баланс долины. Приток русловых вод в Таласскую долину, рассматриваемую в пределах водосбора р. Талас (исключая р. Куркуреусай и другие небольшие реки в западной части долины), осуществляется составляющими и притоками р. Талас по линии, обозначенной гидрометрическим постом Чат-Базар на р. Талас и гидрометрическими постами на ее левобережных и правобережных притоках. Все эти посты находятся вблизи выхода рек в долину и линия, проходящая через них, достаточно точно соответствует контурам самой долины. Отток русловых вод из долины происходит через гидрометрический пост Кировское на р. Талас, расположенный перед выходом реки из долины. Помимо притока и оттока русловых вод внутри контуров долины имеет место безвозвратный забор вод ирригационными каналами как из р. Талас, так и из всех ее притоков. Кроме того, как видно из практики водного хозяйства, внутри долины русловой сток испытывает определенные изменения в одних местах наблюдается уменьшение руслового стока, в других — увеличение. Следовательно, кроме притока и оттока по кон-

турам долины, нужно считаться с существованием и других источников изменения стока внутри долины.

Из сказанного следует, что водный баланс руслового стока в Таласской долине можно представить в виде

$$W_{\text{с. пр}} - W_{\text{Кир}} - W_{\text{с. з}} + W_{\text{изм}} = 0,$$

где $W_{\text{с.пр}}$, $W_{\text{Кир}}$, $W_{\text{с.з}}$, $W_{\text{изм}}$ соответственно означают: суммарный приток русловых вод в долину по входным постам на р. Талас и ее притоках (р. Талас—пост Чат-Базар, реки Колба, Кенкол, Бешташ, Нельды, Урмарал, Кумыштаг, Карабура; остальные притоки небольшие, сток их полностью разбирается на орошение и в расчеты они не входят), отток русловых вод из долины по выходному посту (р. Талас — пост Кировское), суммарный забор воды из русловой сети в пределах долины ирригационными каналами, изменение руслового стока в пределах долины.

С помощью этого уравнения были получены значения $W_{\text{изм}}$ [47]. Расчеты охватили пятилетний период (1956—1960 гг.), за который имеются достаточно полные материалы наблюдений за забором русловых вод, т. е. те материалы, которые обычно лимитируют возможность подобных расчетов. В качестве расчетного периода была принята календарная декада.

На рис. 33 приводится календарный ход изменения руслового стока и стока на выходном посту как показателя общих размеров руслового стока в долине. Из выполненных расчетов и сопоставлений на рисунке можно сделать следующие выводы.

1. Изменение руслового стока в долине значительно; его величина колеблется и может быть как положительной, так и отрицательной. Общий размах колебаний изменения стока достигает 30 м³/сек. Таким образом, изменение руслового стока в долине является существенным фактором, подлежащим изучению и учету при водохозяйственных расчетах.

2. Сравнительно большие абсолютные положительные значения изменения руслового стока приходятся на меженный период (октябрь — апрель), низкие, часто отрицательные значения — на половодный период (май — сентябрь).

3. Изменение руслового стока в меженный период имеет более устойчивый характер, сравнительно мало меняется по величине и испытывает резкие колебания в половодный период.

4. На гидрографе изменения руслового стока в октябре наблюдается заметный спад, выделяющийся на фоне общего хода гидрографа. Возникновение этого спада объясняется тем, что в это время забор воды ирригационными каналами (конечно, в сокращенном для летних месяцев размере) еще продолжается, но на гидрографе он не учитывается. В связи с этим величина изменения руслового стока в октябре была исправлена путем придания ему вида постепенного перехода от сентября к ноябрю.

5. Отмеченное уменьшение абсолютной величины изменения руслового стока в половодный период служит указанием на наличие

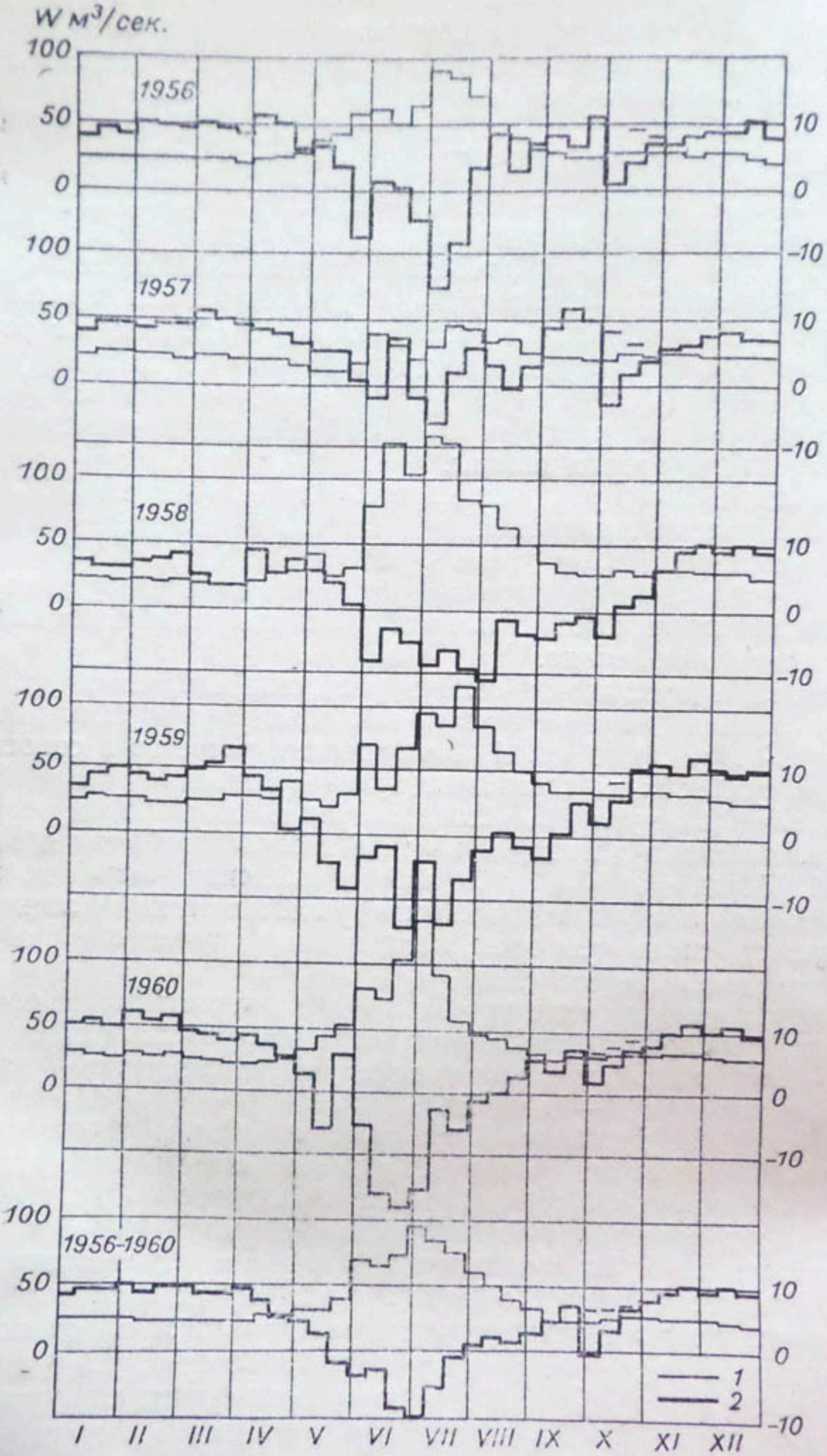

Рис. 33. Календарный ход руслового стока (пост Кировское) (*1*) и его изменения в долине (*2*).

обратной связи между значениями изменения руслового стока и общими размерами руслового стока в долине. В то же время из рис. 33 видно, что на общий уровень изменения стока в меженный период оказывают прямое воздействие размеры предшествующего половодного стока. Так, после половодья маловодного 1957 г. последующий меженный период характеризовался также низким ходом изменения руслового стока.

На рис. 34 представлена зависимость изменения руслового стока от общих размеров руслового стока в долине, взятого в виде стока через пост Кировское. Из этого рисунка можно заключить следующее.

1. Изменение руслового стока обратно пропорционально величине общего руслового стока. С возрастанием общего стока положительные значения изменения стока сокращаются и переходят в отрицательные. Дальнейшее увеличение стока сопровождается менее интенсивным изменением стока, чем в начале возрастания стока.

2. Наибольший размах колебаний руслового стока и его изменений приходится на половодный период (апрель — сентябрь). Очень незначителен этот размах для периода январь — март, несколько больше для периода октябрь — декабрь.

3. Хотя все названные выше периоды формально и подчиняются зависимости изменения руслового стока от размеров стока, однако, по существу эта зависимость, как показывает рис. 35, имеет силу лишь для половодного периода. В меженный период зависимость изменения руслового стока от размеров этого стока отсутствует. Здесь, особенно для последней части меженного периода, охватывающего период январь — март, скорее заметна прямая связь между величинами изменения руслового стока и общего стока долины. В это время гидравлические закономерности не играют существенной роли, а русловой сток выступает как показатель запасов воды в недрах долины, с которыми изменение стока связано прямым образом.

Как было сказано, в половодный период изменение руслового стока происходит наиболее интенсивно. В этот период величина изменения стока колеблется от +12 до —18,5 м³/сек. Общий русловой сток в этот период достигает наибольших значений. Средняя за 5 лет величина изменения руслового стока за половодье составляет +0,25 м³/сек.

В период октябрь — декабрь изменение стока приобретает достаточную устойчивость, составляя в среднем за 5 лет +8,1 м³/сек. В это время зависимость изменения руслового стока от общих размеров руслового стока уже отсутствует. Вместо этой зависимости намечается прямая связь с размерами предшествующего половодного стока.

С периодом октябрь — декабрь сходен и период январь — март. Средняя за 5 лет величина изменения стока здесь составляет +8,5 м³/сек., а годовая величина изменения руслового стока за этот

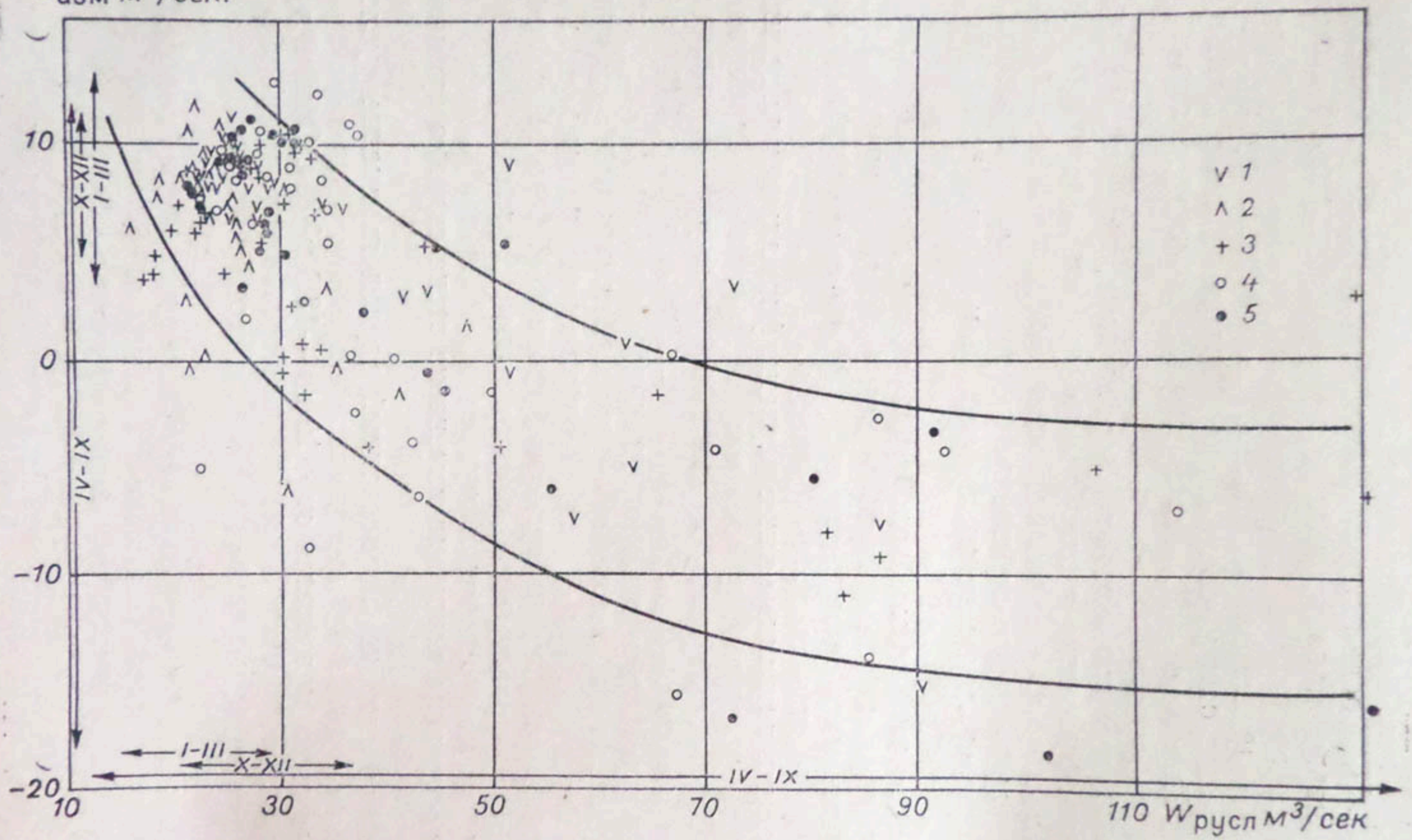

Рис. 34. Зависимость изменения декадного стока в долине от общих размеров руслового стока (пост Кировское).

1 — 1956 г., *2* — 1957 г., *3* — 1958 г., *4* — 1959 г., *5* — 1960 г.

же период равна +4,3 м³/сек. Таким образом, конечным результатом этого явления оказывается приращение руслового стока в пределах долины — стокообразование в долине. Представляет интерес и физическая природа этого явления — образование вод долинного стока и причины его колебания во времени.

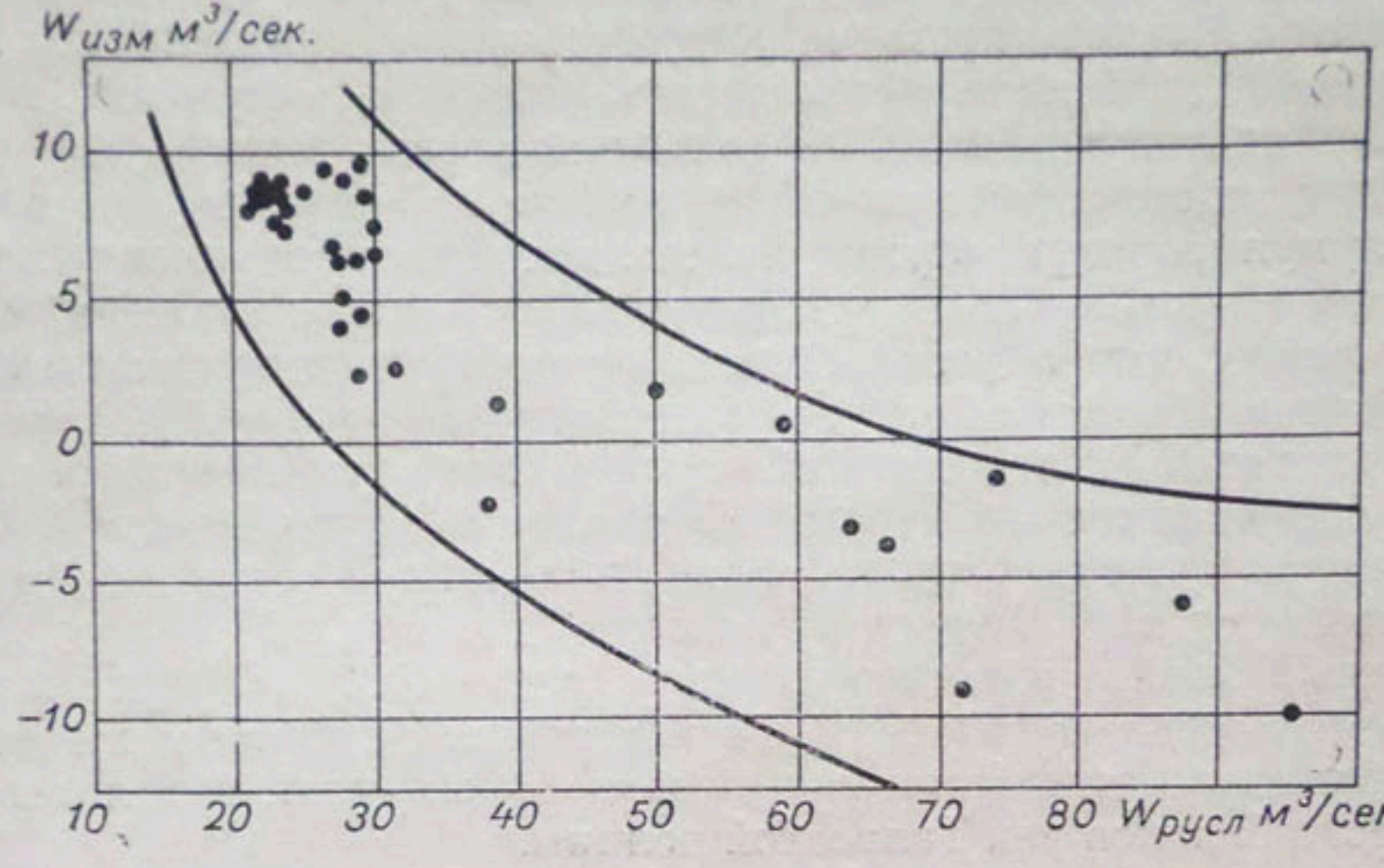

Рис. 35. Зависимость изменения руслового стока в долине от общих размеров руслового стока (пост Кировское) по средним декадным данным за 5 лет (1956—1960 гг.).

С точки зрения водного баланса долины образование вод долинного стока может быть обусловлено следующими факторами:

а) поступлением в долину вод с горных склонов, неучитываемых русловым или подрусловым путем;

б) поступлением в русловую сеть поверхностным или подземным путем талых снеговых и дождевых вод с поверхности долины;

в) поступлением обратно в русловую сеть поверхностным или подземным путем оросительных вод, изъятых из этой сети.

Конечно, все перечисленные источники принимают какое-то участие в образовании общей величины долинного стока. Но главное место здесь принадлежит, как об этом можно судить по данным о потерях стока в ирригационных системах, последнему фактору — обратному поступлению в русловую сеть части воды, изъятой ирригационными каналами на орошение полей. Отсюда можно сделать вывод, что межгорные долины Тянь-Шаня, в особенности низколежащие окраинные, слабо участвуют в процессе стокообразования и являются в связи с развитием здесь искусственного орошения скорее областями частичного рассеивания стока.

Изменение руслового стока, помимо долинного приращения стока, испытывает определенные колебания во времени, находящиеся в связи с общими размерами стока, опускается ниже нулевого

значения и в части, выходящей за рамки рассмотренного долинного приращения стока, эти изменения являются сбалансированными. Все сказанное приводит к заключению, что колебания изменения руслового стока обусловлены, помимо приращения стока в пределах долины (приращения, как было сказано, условного), явлением грунтового регулирования стока. При высоком уровне руслового стока в долине часть стока временно аккумулируется в отложениях долины, а при спаде стока возвращается обратно в русловую сеть в сглаженном и растянутом на более длительное время виде.

Местом проявления такого регулирования стока, именно в части его аккумулирования, служат полосы древних и современных конусов выноса, протянувшиеся по предгорьям долины и сложенные рыхлыми наносными образованиями,— полоса предгорного шлейфа. Прируслова зона р. Талас, характеризуемая наиболее глубоким врезом в долину и лежащая ниже горизонта грунтовых вод, стокоаккумулирующими свойствами не обладает. Здесь почти на всем протяжении долинного течения реки наблюдается постоянный выход грунтовых вод на пойму и в русло реки.

Водный баланс участков долины. Еще в 1947 г. применительно к условиям среднего года А. В. Бостанджогло [47] были установлены следующие расчетные значения основных составляющих линейного руслового баланса рек Таласской долины.

Для долинной части р. Талас (участок с. Чатбазар — с. Кировское) поступление поверхностных вод в виде карасу из прируслового зоны за период апрель — сентябрь составляет 8 м³/сек., для остальной половины — 6 м³/сек. Русловое выклинивание грунтовых вод для периода май — июль равно 6 м³/сек. и 7 м³/сек.— для остальной, большей части года. Наконец, суммарный русловой баланс стока притоков р. Талас в их долинных частях обнаруживает потери стока. Размеры потерь приведены в табл. 29.

Таблица 29

Суммарные потери стока притоков р. Талас на долинном участке

Месяц	I	II	III	IV	V	VI
Потери стока, м³/сек.	3,5	3,5	3.5	4,5	6,0	9,5
Месяц	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Потери стока, м³/сек.	10,0	6,5	4,0	3,5	3,5	5,1

Автор подчеркивает, что из-за неточности измерения гидрометрических характеристик, эпизодичности и случайности ряда величин, лежащих в основе расчетов, эти выводы не могут считаться бесспорными и, действительно, с таким мнением нельзя не согласиться.

Как уже отмечалось, согласно направленности водного баланса намечается подразделение Таласской долины на два участка: на прируслову зону р. Талас и на предгорную часть долины, включающую долинное протяжение всех притоков р. Талас, за исключе-

нием их приустьевых участков. Первая из этих зон представляет зону приращения стока за счет выхода грунтовых вод в русло реки и за счет поступления вод карасу с прилегающей к руслу полосы пойменной и надпойменной террас. Вторая зона представляет область сокращения руслового стока за счет потерь воды на фильтрацию в грунт.

Согласно вышесказанному, водный баланс прируслового зоны р. Талас выразится следующим образом:

$$W_{уб} - W_{Кир} - W_{з.\,п} + W_{п.\,пов} + W_{крс} + W_{гр} = 0,$$

где $W_{уб}$, $W_{Кир}$, $W_{з.п}$, $W_{п.пов}$, $W_{крс}$, $W_{гр}$ соответственно означают: русловой приток в начале долинного участка реки, русловой сток в конце долинного участка, суммарный забор воды каналами, суммарный русловой приток в реку на участке, суммарный сброс вод карасу и поступление грунтовых вод в русло реки.

Для предгорной зоны применяется уравнение вида

$$W_{пр} - W_{от.\,пов} - W_{з.\,пр} - W_{пот} = 0,$$

где $W_{пр}$, $W_{от.пов}$, $W_{з.пр}$, $W_{пот}$ соответственно означают: суммарный приток воды в зону через входные в долину створы на левобережных и правобережных притоках р. Талас, суммарный отток русловых вод из зоны по ее нижней границе, суммарная величина забора воды каналами и общая величина части стока, теряемой на фильтрацию через ложе притоков.

Водный баланс прируслового Таласской зоны в виду значительно большей стабильности его искомых составляющих — руслового выклинивания и притока вод карасу, а также лучших условий постановки вопроса измерения стока, можно считать наиболее ясным и изученным. Величины руслового выклинивания и притока вод карасу, принятые А. В. Бостанджогло и приведенные выше, по-видимому, близки к действительности. Они нашли достаточное подтверждение также и в специальных наблюдениях, проводимых институтом Киргизгипроводхоз в 1961 г. и получивших среднюю величину руслового выклинивания за летнее полугодие равной 6,5 м³/сек., а поступления вод карасу — 6,0 м³/сек. Некоторое занижение этих величин по сравнению с данными А. В. Бостанджогло, очевидно, обусловлено малой водностью 1961 г. Близость сведений по этим двум источникам служит показателем надежности представлений о русловом притоке и поступлений вод карасу и позволяет принимать для расчетов величины, найденные А. В. Бостанджогло, как более соответствующие условиям среднего, а тем более несколько выше среднего года, каковыми являются в общем рассматриваемые годы.

Определенные затруднения возникают при изучении баланса стока предгорной зоны. Это объясняется прежде всего тем, что составляющие водного баланса этой зоны подвержены по своей природе гораздо более сильным изменениям, чем в прируслового зоне.

В результате, эпизодические или кратковременные наблюдения оказываются совершенно недостаточными для выяснения динамики составляющих водного баланса. Имеет также значение отмеченное А. В. Бостанджогло обычное перекрытие при натурных наблюдениях зон потерь и выклиниваний, что в конечном итоге приводит к заниженным значениям величины потерь руслового стока. Между тем все предпринимавшиеся исследования основывались именно на таких наблюдениях и вполне понятно, что они не дали удовлетворительных результатов. В связи с этим для нахождения величины потерь руслового стока в предгорной зоне более состоятельным будет являться иной путь — путь вычисления потерь стока как остаточного члена в уравнении водного баланса, в котором остальные члены будут представлены величинами более надежными.

Имея установленные значения стокообразования в долине, а также притока вод в прирусловую зону основной реки в виде сбросов вод карасу и руслового выклинивания грунтовых вод, эти величины можно связать в следующем воднобалансовом уравнении:

$$W_{с.д} + W_{пот} - W_{гр} - W_{крс} = 0,$$

где $W_{с.д}$, $W_{пот}$, $W_{гр}$, $W_{крс}$ соответственно означают: стокообразование в долине, потери стока притоков р. Талас в предгорной зоне, выклинивание грунтовых вод и притока вод карасу в прирусловой зоне р. Талас.

Пользуясь найденными значениями руслового выклинивания, притока вод карасу и стокообразования в долине за рассматривае-

Таблица 30

Составляющие водного баланса участков долины за период 1956—1960 гг.

Составляющие	м³/сек.					
	1956	1957	1958	1959	1960	Среднее за 1956—1960 гг.
Приток в долину по р. Талас (пост Чатбазар)	17,8	11,2	20,3	17,6	16,3	16,6
Приток в долину по всем боковым притокам	22,9	16,9	30,2	28,1	27,9	25,0
Забор воды каналами из р. Талас .	2,6	2,2	2,0	2,1	2,3	2,24
Забор воды каналами из всех притоков	8,2	7,0	6,1	6,2	6,3	6,76
Стокообразование в долине	6,1	5,9	2,2	3,5	3,8	4,30
Общие потери стока притоков на предгорном участке	7,7	7,9	11,6	10,3	10,0	9,50
Приток в р. Талас вод карасу . . .	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Приток в р. Талас грунтовых вод .	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Отток из долины по р. Талас (пост Кировское)	35,4	24,3	43,9	40,5	39,1	36,6

мый многолетний период, из уравнения получим многолетнее значение потерь стока в предгорной зоне. Это значение оказывается равным 9,5 м³/сек. (табл. 30).

Полученная величина потерь стока в предгорной зоне оказывается очень значительной (почти вдвое превосходит значение, приведенное А. В. Бостанджогло). Она составляет 38% общего суммарного стока, равного 25 м³/сек. и принесенного притоками р. Талас в долину за рассматриваемое пятилетие.

По своей природе явление перераспределения стока по участкам долины тесно связано с рассмотренным выше явлением перераспределения стока в долине во времени. По существу, это одно явление перераспределения стока во времени и по территории.

Зная объем воды, забираемой каналами из притоков, равный в среднем за пятилетие 6,76 м³/сек., или 27% всего стока притоков, можно определить и ту часть стока, которая поступает в р. Талас русловым путем от притоков. Она составляет 8,76 м³/сек., или 35% общего стока притоков.

Таким образом, если две трети стока притоков примерно поровну расходуются на фильтрацию в грунт на протяжении полосы конусов выноса и на сброс в р. Талас русловым путем, то последняя треть его забирается каналами и выпадает из руслового баланса.

Расчет руслового стока в долине. Произведенный анализ позволяет решить различные задачи по расчету и прогнозу руслового стока в долине, а также вычислить основные элементы водного баланса. Остановимся для примера на расчете стока в конечном, замыкающем створе долины — в с. Кировское. Эти расчеты могут быть выполнены на основе следующего уравнения водного баланса, являющегося суммой уравнений поучасткового водного баланса долины и равносильного первоначальному уравнению водного баланса долины

$$W_{ч} - W_{з.т} + \alpha W_{пр} - W_{з.пр} + W_{крс} + W_{ч.р} - W_{Кир} = 0,$$

где $W_{ч}$, $W_{з.т}$, $W_{пр}$, $W_{з.пр}$, $W_{крс}$, $W_{ч.р}$, $W_{Кир}$ соответственно означают: сток через створ Чатбазар, суммарный забор воды каналами из р. Талас, суммарный сток всех притоков на их выходе в долину, суммарный забор воды каналами из всех притоков, суммарное поступление в р. Талас вод карасу, выклинивание грунтовых вод в русло р. Талас и сток через замыкающий долину створ Кировское. Коэффициент $\alpha = 1 - \beta$ (где β означает отношение величины фильтрационных потерь стока притоков к общей величине этого стока).

В зависимости от потребностей и преследуемых целей приведенное уравнение может трактоваться как с различным содержанием по расчетному периоду, так и с различной степенью точности. Например, для простоты расчетов величины α, $W_{крс}$ и $W_{ч.р}$ можно принять как средние многолетние.

С такими допущениями были выполнены контрольные расчеты для вычисления декадного стока периода половодья на выходном

посту долины. Эти расчеты в общем подтвердили правомерность и приемлемость сделанных упрощений, но показали необходимость учета зависимости коэффициента α от размеров стока. Как это было видно из рис. 34 и 35, при низких расходах воды потери на фильтрацию оказываются относительно большими, при высоких — относительно меньшими. Это правило хорошо известно в практике ирригации — малые сбросные расходы на притоках не просто пропорционально сокращаются по величине, а полностью теряются на протяжении предгорной части и не доходят до основной реки, в то время как большие расходы меньше подвержены потерям и доходят в большей сохранности. С учетом этого обстоятельства расчетное уравнение приобрело вид

$$W_{\text{Кир}} = 1{,}16\,(W_{\text{ч}} - W_{\text{з. т}} + 0{,}62\,W_{\text{пр}} - W_{\text{з. пр}} + 13{,}8) - 4{,}0.$$

Результаты сделанных расчетов приведены в табл. 31 и на рис. 36.

Таблица 31

Вычисленные значения декадного стока по посту Кировское за паводковый период (апрель — сентябрь) 1956—1960 гг.

Месяц	Декада	Сток, м³/сек.				
		1956	1957	1958	1959	1960
IV	1	22,9	20,9	23,0	29,8	23,8
	2	25,0	20,5	31,7	31,1	21,0
	3	29,3	19,4	30,8	42,4	25,4
V	1	32,4	17,2	44,1	29,3	35,2
	2	44,4	16,3	25,7	30,1	52,4
	3	64,3	22,3	35,7	39,2	46,5
VI	1	58,9	38,6	84,6	66,1	78,9
	2	51,2	19,0	119,2	35,9	79,4
	3	65,7	20,9	99,5	72,8	107,1
VII	1	97,8	27,7	128,2	88,6	129,2
	2	86,7	42,5	126,4	92,4	83,8
	3	63,6	41,1	89,4	111,2	56,9
VIII	1	41,0	31,8	87,5	85,6	44,2
	2	36,8	34,6	66,1	64,6	40,8
	3	25,0	25,1	54,9	51,0	33,0
IX	1	22,6	17,7	44,0	7,6	26,8
	2	23,0	15,0	37,3	39,2	22,9
	3	19,2	16,0	36,1	33,7	28,0

Особенности водного баланса долинных территорий и их отдельных участков заслуживают самого серьезного внимания при проектировании, развитии и переустройстве ирригационных систем. При

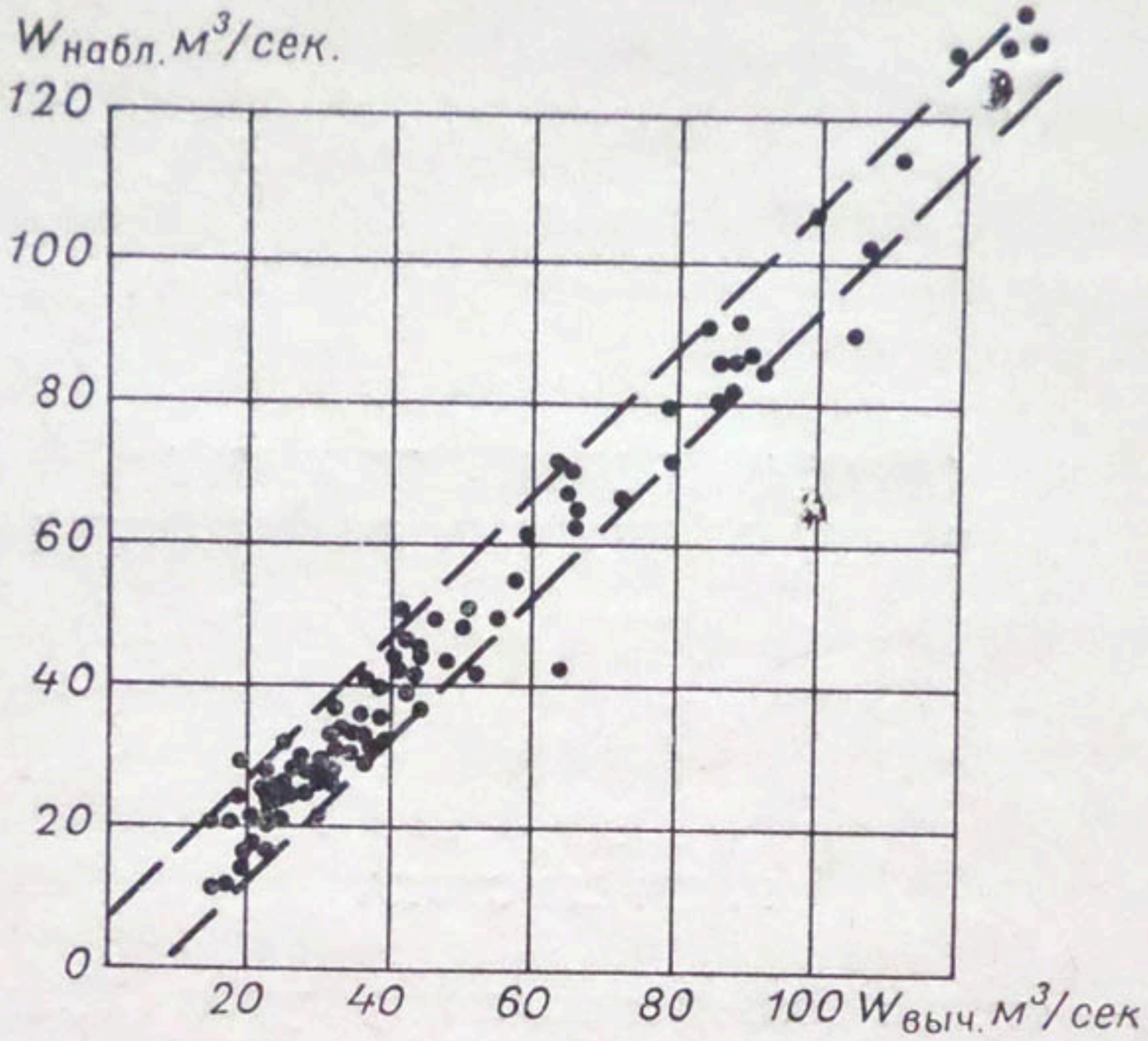

Рис. 36. Зависимость наблюденных и вычисленных по уравнению водного баланса значений декадного стока по посту Кировское за паводковый период 1956—1960 гг.

этом следует считаться как с потерями стока из новых каналов на протяжении их следования по полосе предгорного шлейфа, так и с изменениями в режиме и количестве подземных вод и их поступлении на поверхность, которые являются следствием борьбы с потерями воды из естественных и искусственных русел и их сокращением.

СТОК И ВОДНЫЙ БАЛАНС ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ БАССЕЙНОВ

Глава VII

РЕСУРСЫ СТОКА

Киргизия — страна больших водных ресурсов. Как упоминалось выше, огромные запасы воды в 1700 куб. км сосредоточены в оз. Иссык-Куль, представляющем крупнейший водоем во всей Средней Азии. Горные ледники по приблизительным подсчетам заключают в себе 600 куб. км воды. Эти сосредоточенные в оз. Иссык-Куль и ледниках огромные запасы воды являются статичными запасами, которые составляют элемент общего природного комплекса территории и которые нельзя сколько-нибудь существенно расходовать во избежание нарушения установившегося равновесия природы — климата, ландшафта, устойчивости речного стока.

Велики и ресурсы динамичных вод, в первую очередь речного стока. В отличие от вод Иссык-Куля и ледников речной сток представляет полностью самовозобновляющийся запас воды (в схеме не только естественного, но и искусственного круговоротов воды), который можно использовать как для орошения, так и для получения гидравлической энергии. Использование этих вод в естественном аспекте будет лимитироваться лишь режимными факторами, причем с помощью искусственных воздействий (сооружения водохранилищ) режим стока может быть значительно усовершенствован в направлении целесообразности, вплоть до полного регулирования и практически исчерпывающего использования возможностей стока. Отсюда вытекает важность знания распределения ресурсов речного стока и его основных закономерностей (о чем речь будет идти в следующих разделах).

Здесь на основе материалов Гидрометеорологической службы и Водного хозяйства и выводов отдельных исследований дается оценка стоковых ресурсов рек Киргизии в среднем многолетнем

разрезе (за 25—30 лет) по гидрографическим бассейнам и их основным рекам.

Как правило, какие-либо операции удлинения рядов к стоковым наблюдениям не применялись. Продолжительность рядов фактических наблюдений составляет 20—30 лет и может считаться достаточной. По заключению В. Л. Шульца [111], водоносность рек Средней Азии на протяжении последних 50 лет колебалась около среднего значения и даже любой 25-летний период внутри этих 50 лет будет весьма близко соответствовать средним 50-летним условиям. Наряду со средним годовым стоком рассматривается также сток вегетационного периода, как показатель распределения стока между летним и зимним полугодиями, гидрологическое и народнохозяйственное значение которого вполне понятно.

При выполнении расчетов ставилась цель достигнуть возможно более полной оценки речного стока и в то же время не допустить повторного, завышенного учета стока. Вероятность неполного или, наоборот, завышенного учета ресурсов стока в условиях искусственно развитой, сильно осложненной гидрографии и использования стока для орошения долинных территорий (что неизбежно порождает так называемые возвратные воды — обратное поступление в русловой сток части воды, изъятой каналами), естественно, значительна.

В зависимости от состояния гидрологической изученности бассейнов, а также особенностей их гидрографического строения подсчет ресурсов стока можно производить по суммарному стоку всех рек бассейна на выходе их в межгорные долины и по общему стоку в выходном створе того или иного гидрографического бассейна. В том и другом случае результаты подсчета будут нуждаться в коррективах за счет естественных и искусственных изменений стока в пределах долинных территорий. Такие коррективы необходимы и в отношении отдельных рек, разбор стока которых ирригационными каналами начинается еще до их выхода в основные долины, выше водоучетных постов.

При корректировке стока за счет забора воды каналами значительно выше водоучетных постов необходимо считаться с тем, что сток должен исправляться лишь на величину безвозвратного, а не общего забора воды. Безвозвратную часть изъятого каналами стока приблизительно можно принять равной 50% общей величины водозабора, в то время как остальные 50% будут представлять воды, возвращаемые преимущественно подземным путем в русловой сток ниже участков забора. Очевидно, такой подход создает некоторый запас против преувеличенной оценки ресурсов стока, но, по существу, он достаточно близок к действительной картине. Это положение и принято для расчетов безвозвратных заборов воды из речной сети.

Нарынский бассейн. Согласно имеющимся данным по стоковым наблюдениям на наиболее крупных реках бассейна оценка стока с этого бассейна может быть осуществлена наиболее полным образом по его значению в нижнем конце бассейна: по посту Токтогул

Таблица 32

Сток рек Нарынского бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора, км²	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (V—IX)		
			м³/сек.	10⁶м³	м³/сек.	10⁶м³	% от годового стока
Большой Нарын	Устье	5710	47,5	1498	86,8	1125	75
Малый Нарын	Устье	3870	43,3	1364	85,4	1107	56
Онарча	кишл. Онарча	1320	9,76	308	17,3	234	73
Джергетал	кишл. Джергетал	303	0,99	31	1,69	22	71
Кекджерты	х. Актала	1960	5,27	166	9,22	118	71
Атбаши	кишл. Джангизтал	5540	33,3	1050	43,5	564	54
Кёкирим	кишл. Кара-Табылга	1680	24,1	760	45,8	594	78
Кёкёмерен	Ниже устья р. Джумгал	8250	80,2	2529	140,6	1822	72
Узунахмат	Устье р. Устасу	1790	29,2	921	51,9	673	73
Нарын	г. Нарын	10500	88,0	2775	174	2255	81
Нарын	Устье р. Кекджерты	14900	107	3374	200	2592	80
Нарын	Устье р. Кекирим	35600	206	6496	347	4497	69
Нарын	г. Токтогул (с. Кетмень-Тюбе)	52200	390	12299	657	8515	69
Карасу (левая)	Устье	1080	10,0	315	16,8	208	66
Безвозвратный водозабор из реки Нарын и ее притоков			7,8	246	18,7	246	100
Весь бассейн		53000	408	12867	692	8938	70

Сток рек Приферганского бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора, км²	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (IV—IX)		
			м³/сек.	10^6м³	м³/сек.	10^6м³	% от годового стока
Гавасай	Гава	657	6,04	191	10,1	159	83
Кассансай	Устье р. Урюкты	1280	9,68	262	13,9	219	84
Падшаата	Устье р. Тос	366	6,13	192	9,82	155	81
Карасу правая	Устье	2640	40,7	1236	60,6	956	77
Майлису	Устье р. Кайрагач	579	8,82	275	13,7	216	79
Тентяксай	с. Чарвак	1160	30,2	930	46,6	734	79
Кугарт	с. Джергетал	935	18,5	570	29,3	462	81
Яссы	с. Узген	2620	33,1	1098	47,5	749	68
Каракульджа	с. Актан	907	21,9	740	37,9	598	81
Тар	кишл. Чалма	3950	46,8	1501	77,1	1216	81
Куршаб	с. Кочкората	3310	25,6	807	37,8	595	74
Акбура	с. Тулейкен	2530	51,7	687	32,5	512	75
Араван	Устье р. Косчан	1410	10,6	341	14,8	233	68
Исфайрам	с. Уч-Коргон	2130	22,1	694	31,2	492	71
Шахимардан	Паульган	1520	9,99	309	12,9	203	66
Сох	кишл. Сары-Канда	2250	42,2	1312	68,0	1072	81
Исфара	с. Таш-Курган	1640	14,7	464	23,5	371	80
Ходжабакирган	с. Кзыл-Танга	1710	10,7	334	15,0	236	71
Остальные реки (в том числе реки с неизученной территории бассейна)		26406	184	5717	287	4525	78
Весь бассейн		58000	560	17660	879	13703	78

(с. Кетмень-Тюбе) с прибавлением стока притока Карасу (левая) и поправки за счет забора воды в бассейне из р. Нарын и его притоков. Сток р. Карасу (левая) приближенно оценивается в 10 м³/сек., а суммарный забор каналами в многолетнем среднегодовом исчислении составляет довольно устойчивую за расчетный период величину — 15,5 м³/сек.

Значения стока с бассейна и стока р. Нарын на различных участках течения и главнейших его притоков приводятся в табл. 32.

Приферганский бассейн. Этот бассейн как по площади, так и по общему стоку занимает первое место в Киргизии, превосходя находящийся на втором месте Нарынский бассейн. На долю этих двух бассейнов приходится больше половины всей территории республики и около 60% общего стока. В связи с отсутствием в Приферганском бассейне центрального стокового канала подсчет стока здесь необходимо производить по сумме стока смежных частных водосборов. Такая работа для многолетнего (за 25 лет) периода выполнена И. А. Ильиным [37].

Как отмечает Ильин, сток с 50% всей площади Приферганья освещается наблюдениями Гидрометеорологической службы, с 4% — наблюдениями Водного хозяйства, с 9% освещается сток, искаженный забором воды, а с 37% площади сток вообще не изучается. Сток с территории, не имеющей соответствующих наблюдений или имеющей наблюдения над искаженным стоком, И. А. Ильин подсчитывает, исходя из сведений об атмосферных осадках на этой территории и найденных им средних коэффициентов стока по склонам основных горных хребтов, окружающих Ферганскую долину. Выводы И. А. Ильина и используются здесь.[1]

Данные по стоку с бассейна и основных его рек даются в табл. 33.

Чаткальский бассейн. Сток с бассейна оценивается по посту устье р. Найза с удлинением его ряда до многолетнего. Забор воды на орошение в Чаткальской долине в общем незначителен, поэтому надобность во введении соответствующей поправки отпадает.

Материалы по стоку с бассейна приведены в табл. 34.

Таблица 34

Сток рек Чаткальского бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (IV—IX)		
		км²	м³/сек.	10⁶м³	м³/сек.	10⁶м³	% от годового стока
Чаткал	ур. Найза	5460	84,4	2662	136	2144	81

[1] Данные И. А. Ильина по стоку с гидрометрически неизученных территорий сильно завышены (*Ред.*).

Кызылсуйский (Амударьинский) бассейн. Сток бассейна в настоящее время изучен слабо. Средний многолетний сток р. Кызылсу в створе республиканской границы принят по оценке М. Н. Большакова [10], сток вегетационного периода выделен по аналогии с данными по посту Дараут-Курган. Забор воды каналами здесь также невелик.

Значения стока с бассейна приводятся в табл. 35.

Таблица 35

Сток рек Кызылсуйского (Амударьинского) бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (IV—IX)		
		км²	м³/сек.	10^6м³	м³/сек.	10^6м³	% от годового стока
Кызылсу	Респ. граница	9000	56	1766	73,9	1167	66

Таримский бассейн. Расположен на юго-восточной периферии Киргизии, гидрологически почти совершенно не изучен. В оценке среднего стока основных частных водосборов этого бассейна мы опираемся на данные М. Н. Большакова и В. Г. Шпак [13]. Сток в замкнутом водосборе высокогорного оз. Чатыр-Куль, также входящем в Таримский бассейн, приближенно принят равным 5 м³/сек., а сток крайней западной обособленной части бассейна,— р. Коксу в створе государственной границы — принят согласно оценке Института

Таблица 36

Сток рек Таримского бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (V—IX)		
		км²	м³/сек.	10^6м³	м³/сек.	10^6м³	% от годового стока
Сарыджаз	Гос. граница	11175	105	3306			
Чонгузенгегуш	То же	2860	27,2	857			
Аксай	»	7953	71	2235			
Коксу	»	708	12,2	384			
Реки, впадающие в оз. Чатыр-Куль		400	5	158			
Весь бассейн		23000	220	6943	416	5485	79

Таблица 37

Сток рек Иссык-Кульского бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (V—IX)		
		км²	м³/сек.	10⁶м³	м³/сек.	10⁶м³	% от годового стока
Тюп	с. Тюп	1130	10,5	331	14,2	184	55
Безвозвратный водозабор выше поста			0,43	14	1,03	13	93
Джиргалан	с. Михайловка	2060	22,8	719	37,8	490	68
Безвозвратный водозабор выше поста			3,07	97	7,37	96	98
Каракол	Устье р. Каскасу	301	6,44	203	12,2	158	78
Ирдык	с. Ирдык	88	1,32	42	2,26	29	69
Джетыогуз	пост Лесозавода	330	5,77	182	10,9	141	77
Чонкызылсу	Лесной Кордон	302	4,68	148	9,10	118	80
Кичекызылсу	с. Покровка	103	1,20	38	2,24	29	76
Джуука	Устье р. Джуукучак	486	6,22	196	11,4	148	76
Кичеджергельчак	Джергельчак		1,15	36	1,93	25	70
Чонджергельчак	Лесозавод	122	2,22	70	4,10	53	76
Барскон	Устье р. Сасык	320	4,06	128	8,18	106	83
Тамга	с. Тамга	140	1,07	34	1,80	23	68
Тоссор	Устье р. Кодол	295	2,26	71	3,88	50	70
Тон	с. Тура-Су	237	2,14	68	3,65	47	69

Проток Бор Дубе			0,87	27	1,43	18	67
Аксай	с. Коксай	346	3,06	96	4,50	58	60
Актерек	Актерек МТС	660	4,57	144	5,07	66	46
Турасу	с. Улахол	564	3,10	98	5,29	69	70
Торайгыр	Устье р. Кызылбулак	146	0,43	14	0,65	8	57
Четкойсу			0,86	27	1,44	19	70
Чонкойсу	с. Курское	77	1,16	37	1,99	26	70
Чолпоната	свх Чолпоната	73,8	1,25	39	2,13	28	72
Чонаксу	с. Григорьевское	309	5,03	159	8,79	114	72
Кичеаксу	с. Семеновское	192	3,01	95	5,23	68	72
Чонбойсорун			2,15	68	3,61	47	69
Четбойсорун			0,84	26	1,41	18	69
Чонурюкты	Коноводческий совхоз	78,7	1,38	44	2,53	33	75
Ортоурюкты			1,14	36	1,91	25	70
Кичеурюкты			0,97	31	1,63	21	68
Уйтал	с. Алексеевка	37,9	0,50	16	0,88	11	69
Кутурга	с. Кутурга	50,3	0,90	28	1,28	17	61
Курменты			2,97	94	4,99	65	69
Остальные реки (в том числе безвозвратные водозаборы из рек Турасу, Актерек, Аксай, Тон)			9,00	283	15,1	196	69
Каркара			10,0	315	16,8	218	69
Весь бассейн		17000	130	4100	219	2838	69

Таблица 38

Сток рек Чуйского бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (V—IX)		
		км²	м³/сек.	10⁶м³	м³/сек.	10⁶м³	% от годового стока
Чу	пост Кочкорка	5370	28,4	896	38,9	504	56
Безвозвратный забор воды в Верхне-Чуйском бассейне			2,22		5,33		
Весь Верхне-Чуйский бассейн		5370	30,6	965	44,2	573	59
Чу	Устье р. Чонкемин	7220	31,7	999	44,3	574	58
Чон-Кемин	Устье	1730	21,7	684	35,5	460	67
Кичекемин	схв им. Ильича	184	2,02	64	3,22	42	66
Кызылсу	с. Бала-Булак	201	1,47	46	2,29	30	65
Шамси	Лесной Кордон	457	5,11	161	9,28	120	75
Кегеты	Лесной Кордон	242	2,36	74	4,37	57	77
Норус			1,19	38	1,94	25	66
Иссыката	с. Юрьевка	527	7,11	224	11,4	148	66

Аламедин	Устье р. Чонкурчак	317	6,37	201	12,0	154	76
Чонкурчак	Устье	97	0,75	24	1,09	14	58
Алаарча	Устье р. Кашкасу	233	4,15	131	7,66	99	75
Кашкасу	Устье	26	0,27	8	0,47	6	75
Джаламыш	клх им. Чапаева	153	1,27	40	1,95	25	62
Сокулук	с. Белогорское	353	5,23	165	9,84	128	77
Аксу	с. Чон-Арык	489	4,72	149	8,69	119	80
Карабалты	с. Сосновка	577	5,34	168	9,73	126	75
Чонкаинды	ущ. Чонкаинды	167	1,85	58	3,47	45	78
Джарлыкаинды	с. Орто-Арык	185	1,52	48	2,68	35	73
рукав	с. Орто-Арык		0,27	8	0,52	7	88
Аспара (50%)	ст. Аспара	208	1,54	48	2,52	33	69
Красная (50%)	Кеньбулун		11,4	360	11,4	148	41
Остальные реки (в том числе реки с неизученной территории бассейна)		5000	10,1	318	16,3	211	66
Весь бассейн		19000	130	4100	206	2670	65

«Киргизгипроводхоз» равным 12,2 м³/сек. Выделение стока вегетационного периода выполнено в целом для всего бассейна по аналогии с Верхне-Нарынским бассейном. Таримский бассейн как по занимаемой площади, так и по размерам своего стока стоит на третьем месте в Киргизии.

Данные по общему стоку бассейна и его частных водосборов приведены в табл. 36.

Иссык-Кульский бассейн. Это — замкнутый бассейн, не дающий стока за свои пределы. При этих условиях наиболее простым путем в оценке стока является учет речного стока по подошве горного окружения приозерной равнины по материалам Гидрометеорологической службы и Водного хозяйства. О формировании стока на равнинном окружении озера сведений нет. Можно думать, что оно незначительно, тем более, что в восточной, наиболее развитой части равнины благодаря учету стока рек Тюп и Джиргалан по их устьевым постам (с соответствующей корректировкой за счет забора воды каналами) вопрос этот вообще отпадает.

В рамках Иссык-Кульского бассейна рассматривается также Киргизская часть бассейна оз. Балхаш, представленная протекающей на самом востоке Иссык-Кульской котловины р. Каркара. Средний сток р. Каркара принят, согласно М. Н. Большакову [10].

Сведения о стоке в бассейне представлены в табл. 37.

Чуйский бассейн. Этот бассейн состоит из двух во многом отличных и достаточно обособленных друг от друга частей, хотя и связанных единым центральным стоковым каналом Верхне-Чуйского и Средне-Чуйского бассейнов.

Замкнутый характер Верхне-Чуйского бассейна, дающего концентрированный сток через р. Чу, а также состояние гидрометрической освещенности территории, делают целесообразным рассмотрение стока по нижней границе бассейна, представленной постом Кочкорка. К величине руслового стока по этому посту необходимо ввести поправку за счет забора воды из р. Чу и ее притоков для целей ирригации, составляющего в среднегодовом исчислении 4,43 м³/сек., величину, достаточно постоянную за расчетный интервал времени.

Наоборот, для Средне-Чуйского бассейна более предпочтительной и доступной из-за большой сложности водного баланса Чуйской долины и отсутствия естественных ограничивающих рубежей является оценка стока по границам горного окружения долины. Сток рек, стекающих в Чуйскую долину, изучен достаточно хорошо. Формирование стока в долине учтено в стоке р. Красной. При этом сток р. Красной, составляющий 22,8 м³/сек., приблизительно наполовину содержит возвратные воды, которые в подсчетах стока не должны учитываться. Оценка стока с неизученной части бассейна (в общем небольшой по площади и стоку) здесь принята, согласно данным М. И. Каплинского [56]. Сток р. Аспара, как пограничной с Казахстаном, берется в половинном размере.

Материалы по стоку с бассейна приведены в табл. 38.

Таблица 39

Сток рек Таласского бассейна

Река	Пункт	Площадь водосбора	Многолетний средний годовой сток		Многолетний средний сток вегетационного периода (V—IX)		
		км²	м³/сек.	10⁶м³	м³/сек.	10⁶м³	% от годового стока
Каракал	Устье	1160	7,78	245	13,2	171	70
Учкошой	Устье	1210	9,41	297	16,7	216	73
Водозабор из них выше постов			0,78	25			
Чирканак			0,57	18			
Колба	с. Колба	218	1,75	55	2,66	35	64
Кенкол	Устье р. Терскол	406	2,44	77	4,38	57	74
Бешташ	Головной арык Саз	307	3,59	113	6,81	88	78
Нельды	ур. Джурга	153	0,74	23	1,31	17	74
Урмарал	Октябрьское	1120	8,50	268	16,00	207	77
Кумыштаг	Головной арык Янги	406	2,72	86	5,19	67	78
Карабура	Сарыунгур	797	3,71	117	6,80	88	75
Бакаир			0,94	30			
Каинды			1,07	94			
Остальные реки бассейна			0,30	10			
Куркуреусай	ур. Чон-Курган	454	5,88	185	10,2	132	71
Весь бассейн		10 000	50,2	1643	87,0	1178	72

Таласский бассейн. Подсчет стока здесь произведен по линии подошвы горного окружения Таласской долины, исходя из наблюдений Гидрометеорологической службы и Водного хозяйства. В рамках этого же бассейна рассматривается и часть водосбора р. Асса, входящая в пределы Киргизии.

Характеристика стока с бассейна приведена в табл. 39.

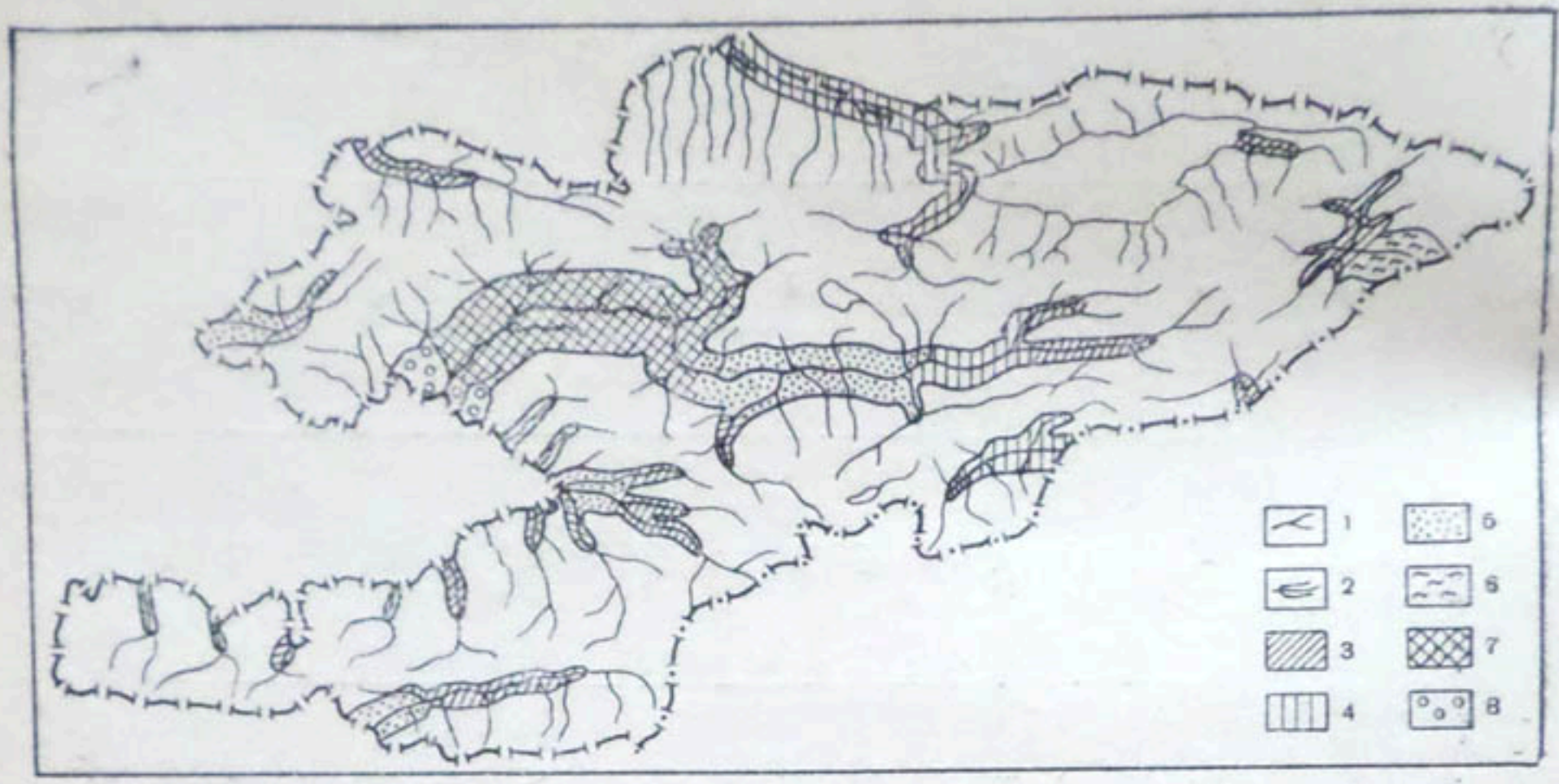

Рис. 37. Водоносность рек Киргизии. Средние расходы в м³/сек.:
1 — 10, *2* — 10—20, *3* — 20—50, *4* — 50—100, *5* — 100—200, *6* — 200—300, *7* — 300—400, *8* — 400.

Таблица 40

Гидроэнергетические ресурсы некоторых рек Киргизии

Реки	Потенциальные русловые ресурсы	
	энергия в млрд. квт ч	мощность в тыс. квт
Нарын	35,6	4066
Сарыджаз . . .	6,0	686
Сох	5,8	660
Кёкёмерен . . .	5,6	644
Чаткал	5,4	620
Тар	3,9	443
Чу	3,2	360
Карадарья . . .	2,2	255
Исфайрам . . .	2,2	251

На рис. 37 и 38 показана водоносность наиболее значительных рек и размеры среднего стока, сток вегетационного периода и площадей водосборов гидрографических бассейнов.

Таким образом, величина среднего многолетнего стока рек Киргизии составляет 1640 м³/сек. и 52 000 млн. м³ в год. Из этого количества 38 000 млн. м³, или 73% годового стока, приходится на вегетационный период. Это значит, что реки Киргизии дают около одной трети всего стока горной части Средней Азии, оцениваемого В. Л. Шульцем [108] в 5000 м³/сек. и 160 000 млн. м³ в год.

Сток рек Киргизии способен оросить 5 млн. га земель. Даже без учета стока Таримского бассейна эта цифра составляет

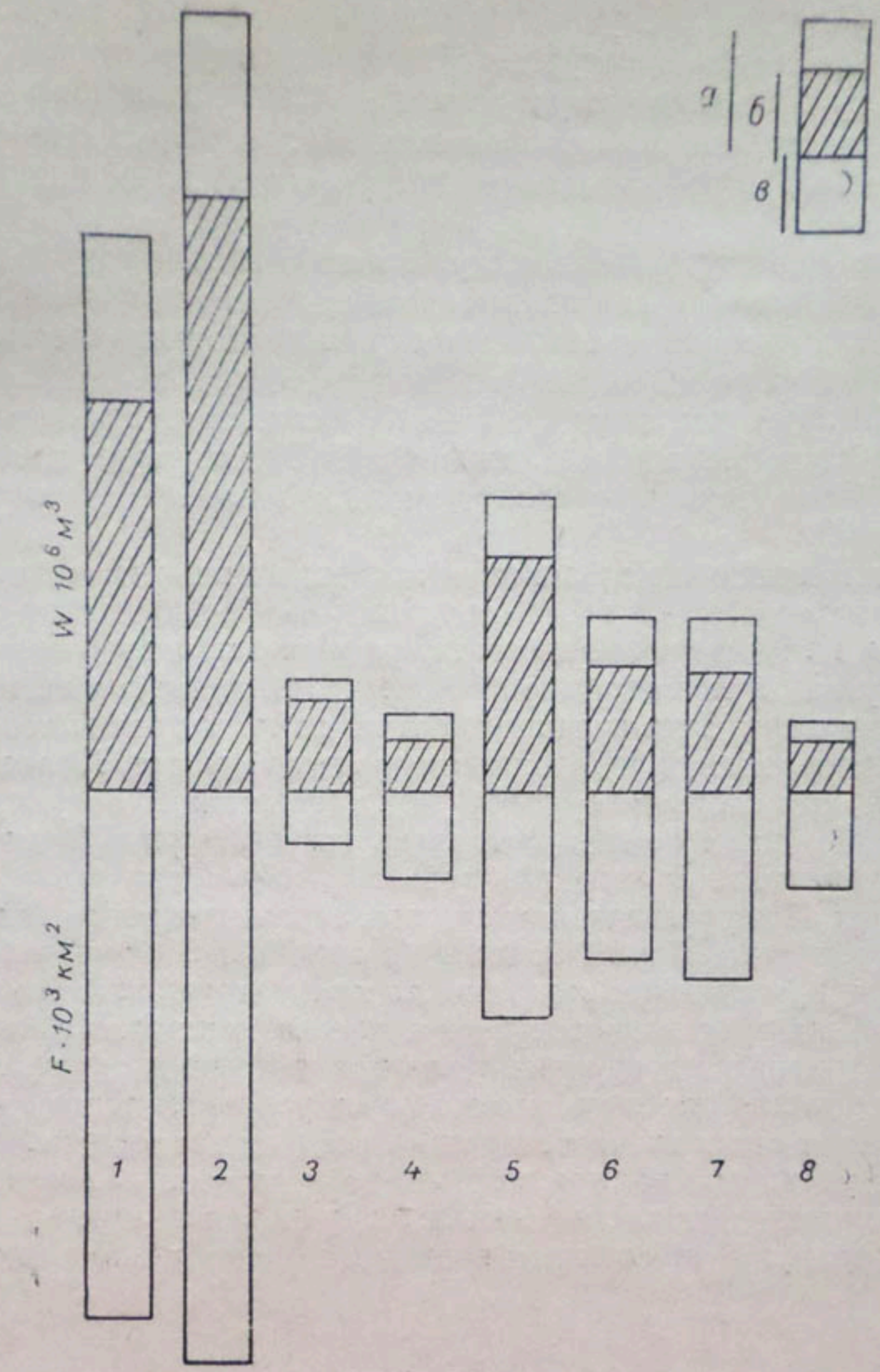

Рис. 38. Средний многолетний сток (*а*), сток вегетационного периода (*б*) и площади водосборов (*в*) по гидрографическим бассейнам.

1—Нарынский (*а*=12867·10⁶ м³; *б*=8938·10⁶ м³; *в*—53·10³ км²), *2*—Приферганский (*а*=17 660·10⁶ м³; *б*=13 718·10⁶ м³; *в*=58·10³ км²), *3*— Чаткальский (*а*=2662·10⁶ м³; *б*=2144·10⁶ м³; *в*=5,46·10³ км²), *4*—Кызылсуйский (*а*=1766·10⁶ м³; *б*=1167·10⁶ м³; *в*—9·10³ км²), *5*—Таримский (*а*=5938·10⁶ м³; *б*=5417·10⁶ м³; *в*=23·10³ км²), *6*—Иссык-Кульский (*а*=4100·10⁶ м³; *б*=2839·10⁶ м³; *в*=17·10³ км²), *7*—Чуйский (*а*=4100·10⁶ м³; *б*=2370·10⁶ м³; *в*=19·10³ км²), *8*—Таласский (*а*=1643·10⁶ м³; *б*=1178·10⁶ м³; в=10·10³ км²).

4 млн. га. Однако, как указывалось выше, сколько-нибудь полное использование водных ресурсов Киргизии сопряжено с необходимостью искусственного регулирования стока с помощью водохранилищ в целесообразном направлении. А это требует значительных, правда, весьма эффективных и быстро окупаемых, капиталовложений.

Уместно отметить, что наряду, с отмеченными водными ресурсами реки Киргизии, как горные потоки, обладают весьма значительными гидроэнергетическими ресурсами. Потенциальная русловая энергия всех рек Киргизии оценивается М. Н. Большаковым [10] в 165 млрд. квт ч или мощностью в 18,9 млн. квт в среднем за год. В табл. 40, составленной по данным М. Н. Большакова, даны гидроэнергетические ресурсы наиболее значительных в этом отношении рек Киргизии.

При совместном использовании водных и энергетических ресурсов рек необходимо считаться с несомненным приоритетом первых: энергетика, как имеющая для своего развития наряду с гидравлической и другие базы, например топливные, не должна ущемлять интересы ирригации. Этот принцип должен соблюдаться вплоть до отказа от использования гидроэнергетических ресурсов. Правда, в ряде случаев при соответствующем искусственном зарегулировании стока перспективы развития гидроэнергетики без ущерба для ирригации улучшаются. В качестве примера можно назвать р. Нарын и ее притоки. При ирригационном использовании значительной части стока за пределами горной области (в равнинах Узбекистана и Казахстана) и при наличии крупных стокорегулирующих емкостей на Нарыне и Сырдарье гидроэнергетические возможности Нарынского бассейна становятся доступными для практического применения.

Следует также отметить, что в горных условиях полные затраты на сооружение гидроэлектростанций и создание водохранилищ, т. е. затраты с учетом не только прямых, но и косвенных потребностей и последствий,— затопление земель, перенос населенных пунктов и дорог и др. будут не слишком велики и эти сооружения будут экономичными.

Глава VIII

ВОДНЫЙ БАЛАНС ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ БАССЕЙНОВ

Средний сток. Средний сток, который был рассмотрен по гидрографическим бассейнам и их основным рекам в предыдущей главе, представляя общую характеристику водоносности рек, является важнейшим показателем гидрологического режима. Он зависит, с одной стороны, от размеров площади водосборного бассейна, с другой стороны, от существа водного баланса бассейна.

При соблюдении полного сходства в водном балансе средний сток целиком будет определяться размерами водосборной площади. Вообще значительный рост площади часто является решающим для

среднего стока даже при неблагоприятных изменениях в водном балансе. Именно такую закономерность можно было заметить при рассмотрении стока наиболее значительных рек Киргизии — Нарына, Карадарьи, Сарыджаза, Кёкёмерена и Чаткала; средний сток их соответствует размерам площади их бассейнов, хотя условия водного баланса в этих бассейнах различаются сильно и изменяются в совершенно ином порядке, чем площади бассейнов.

Обычно, имея в виду практические потребности оценки среднего стока относительно любых створов на реках, для участков, в которых непосредственные наблюдения за стоком, как правило, отсутствуют, а площадные размеры водосборных бассейнов картометрически могут быть установлены, средний сток выражают в виде удельной водоносности территории — в секундных объемах, приходящихся на единицу площади водосборного бассейна, в так называемых модулях стока (л/сек. км^2). При этом, по существу, исходят из следующих допущений:

а) площадь бассейна (во всяком случае в заданных пределах) является внешней характеристикой стока, не влияющей на существо водного баланса территории;

б) водный баланс территории (по крайней мере в определенных пространственных рамках) является зональным географическим фактором, изменчивость которого совершается достаточно плавным и постепенным образом.

В табл. 41 приводятся полученные из фактических наблюдений значения многолетних модулей среднего стока и средних взвешенных высот водосборов рек Киргизии. Здесь величины модулей взяты из Гидрологического ежегодника за 1960 г., средние взвешенные высоты бассейнов по рекам Прифергапья из работы И. А. Ильина [37], а по остальным рекам — из работы М. Н. Большакова и В. Г. Шпак [13]. Материалы таблицы позволяют сделать некоторые выводы в отношении территориального распределения модулей стока.

Изменчивость модулей стока очень велика. По приводимым в таблице сведениям они меняются даже в рамках одних и тех же гидрографических бассейнов в 4—5 раз. Отчасти причиной этого может быть некоторая неточность исходных данных, например, установленных площадей водосборов, но роль ее не должна быть столь значительной. Поэтому наблюдающиеся колебания нужно признать закономерными, отражающими соответствующие колебания водного баланса речных водосборов.

Колебания модулей стока применительно к гидрографическим бассейнам в общих, территориально укрупненных чертах, связаны с географическим положением и условиями речных бассейнов. Районы, получающие по общим географическим условиям большое количество атмосферных осадков, как это следует из табл. 42, в общем характеризуются и высокими модулями стока.

Внутри этих крупных гидрографических бассейнов модули стока для отдельных речных водосборов испытывают большие колебания,

Таблица 41

Значения многолетних модулей среднего стока и средних взвешенных высот речных водосборов

Река	Пункт	M_0 л/сек. км²	$H_{ср. взв}$ км²	Река	Пункт	M_0 л/сек. км²	$H_{ср. взв}$ км²
Нарынский бассейн							
Б. Нарын	Устье	8,4	3,77	Джергетал	кишл. Джергетал	3,5	
М. Нарын	Устье	11,3	3,50	Кекджерты	х. Актала	2,6	3,13
Нарын	г. Нарын	8,2		Атбаши	Устье р. Ичкекоманда	11,9	3,53
Нарын	Устье р. Кекджерты	7,2		Атбаши	кишл. Джангизтал	6,0	3,05
Нарын	Устье р. Кекирим	6,2	2,98	Кёкёмерен	Выше устья р. Джумгол	12,9	2,92
Нарын	п. Токтогул	7,5	2,86	Кёкёмерен	Устье р. Джумгол	9,5	2,81
Нарын	кишл. Уч-Курган			Узунахмат	Устье р. Устасу	16,0	2,37
Онарча	кишл. Онарча	7,3	3,20				
Приферганский бассейн							
Гава	Устье р. Терс	14,7	2,89	Шайдан	кишл. Шайдан	12,6	2,07
Гава	кишл. Гава	8,9	2,57	Тентяксай	кишл. Чарвак	25,1	2,29
Падшаата	Устье р. Тос	16,9	2,82	Кугарт	с. Михайловское	18,8	2,03
Афлатун	с. Афлатун	12,4	2,04	Чангет	кишл. Чангет	5,9	1,64
Карасу	Устье	15,2	2,06	Зергер	кишл. Тассай	13,3	2,00
Майлису	Устье р. Кайрагач	14,7	2,56	Донгузтау	кишл. Донгузтау	16,4	2,01
Кульдук	кишл. Сары-Булак	15,7	2,27	Косчан	кишл. Косчан	14,4	2,69
Яссы	с. Саламалик	18,6	2,61	Шанкол	кишл. Шанкол	13,6	2,83
Карадарья	п. Кампыр-Рават	9,8	2,60	Абшир	кишл. Уч-Терек	6,4	2,67
Каракульджа	кишл. Акташ	23,5	3,25	Исфайрам	кишл. Уч-Кургон	9,8	3,37

Тар	кишл. Чалма	11,7	3,07	Шахимардан	п. Паульган	6,6	2,71
Куршаб	с. Гульча	8,4	3,03	Сох	кишл. Сары-Каинды	18,8	3,25
Акбура	кишл. Тулейкен	8,5	3,03	Исфара	кишл. Таш-Курган	9,0	3,42
Араван	кишл. Янги-Наукат	16,2	3,58	Ходжабакирган	кишл. Кызыл-Чангет	6,4	2,60
Киргизата	кишл. Киргиз-Ата	14,7	3,23				
Чаткальский бассейн							
Чаткал	Устье р. Терс	15,1	2,77	Терс	Устье	18,1	2,74
Чаткал	Устье р. Найза	15,5	2,70				
Иссык-Кульский бассейн							
Джиргалан	с. Советское	19,4	2,96	Тамга	с. Тамга	7,6	
Тургеньаксу	п. Лесозавода	10,7	3,41	Тосор	Устье р. Кодол	7,1	
Аксу	с. Теплоключинское	14,7	3,52	Тон	с. Турасу	9,2	
Аксу	п. Минеральные ключи	20,9	3,46	Аксай	с. Коксай	8,8	2,97
Тюп	с. Сартологой	15,8	2,74	Улахол	с. Улахол	5,0	2,97
Каракол	Устье р. Каскасу	21,1	3,51	Торайгыр	Устье р. Кызыл-Булак	4,1	2,68
Ирдык	с. Маринское	14,5	2,88	Чонкойсу	с. Курское	14,9	3,49
Джетыогуз	п. Лесозавода	17,0	3,31	Чолпоната	свх Чолпон-Ата	15,7	
Чонкызылсу	Л. Кордон (Покровка)	15,3	3,16	Чонаксу	с. Григорьевское	16,1	3,42
Кичекызылсу	с. Покровское	11,4	2,91	Кичеаксу	с. Семеновское	15,7	3,03
Джуука	Устье р. Джуукучак	12,8	3,25	Чонурюкты	Совхоз	16,9	2,84
Джергельчак	Лесозавод	17,3	3,21	Уйтал	с. Алексеевка	12,1	2,79
Барскон	Устье р. Сасык	12,6	3,49	Кутурга	с. Кутурга	17,3	
Чуйский бассейн							
Каракуджун	с. Сары-Булак	6,2		Иссыката	с. Юрьевское	13,5	3,00
Тюлек	аул Тюлек	5,4	3,15	Аламедин	Устье р. Чонкурчак	20,1	3,12

Река	Пункт	M_0 л/сек. км²	$H_{ср. взв}$ км²	Река	Пункт	M_0 л/сек. км²	$H_{ср. взв}$ км²
Джуванарык	с. Кумбель-Ата	5,2	3,08	Чонкурчак	Устье	8,1	2,70
Суек	Устье р. Ичкесай	13,8	3,24	Алаарча	Устье р. Кашкасу (Байтык)	18,0	3,40
Каракол	Устье р. Ирису	10,5	3,38	Кашкасу	Устье	11,7	2,70
Кочкор	с. Кочкорка	4,5	2,88	Джаламыш	клх им. Чапаева	8,4	2,54
Чу	с. Кочкорка	5,2	2,80	Сокулук	с. Белогорское	14,9	2,85
Чон-Кемин	Устье	10,7	3,02	Аксу	п. Чонарык	6,8	2,95
Кичекемин	свх им. Ильича	10,1	2,68	Карабалты	с. Сосновка	16,9	2,97
Кызылсу	с. Бала-Булак	7,2	2,44	Чонкаинды	ущ. Чонкаинды	11,2	3,00
Шамси	Лесной Кордон	11,2	2,94	Джарлыкаинды	с. Орто-Арык	10,2	2,95
			Таласский бассейн				
Каракол	с. Чатбазар	6,5	2,74	Бешташ	Головной арык Саз	11,7	2,92
Учкошой	с. Чатбазар	8,1	2,68	Нельды	ур. Джурга	4,6	2,90
Талас	с. Чатбазар	6,5	2,72	Урмарал	с. Октябрьское	7,5	2,50
Талас	с. Кировское	4,1		Кумыштаг	Головной арык Янги	6,5	2,67
Колба	с. Колба	8,3		Карабура	ущ. Коксай	4,6	2,60
Кенкол	Устье р. Терскол	5,6	2,54	Кюркюре	ур. Чон-Курчак	12,6	

меняясь от водосбора к водосбору, как уже указывалось, в несколько раз: в Нарынском бассейне — от 2,6 до 16 л/сек. км², в Приферганском — от 5,9 до 25,1 л/сек. км², в Иссык-Кульском — от 4,1 до 21,1 л/сек. км², в Чуйском — от 4,5 до 20,1 л/сек. км², в Таласском — от 4,1 до 12,6 л/сек. км². Эти различия обусловлены определенными причинами.

Таблица 42

Значения модулей среднего стока по гидрографическим бассейнам

Гидрографический бассейн	Модули среднего стока, л/сек. км²
Чаткальский	15,5
Приферганский	9,7
Таримский	9,6
Нарынский	7,7
Иссык-Кульский	7,7
Чуйский	6,8
Кызылсуйский	6,2
Таласский	5,4

Как указывает В. Л. Шульц, «...в условиях горных стран количество осадков и величина стока являются в первую очередь функцией: а) высоты местности, б) ориентации хребтов по отношению к влагоносным массам воздуха, в) доступности их этим массам и г) особенностей синоптических процессов» [111]. Эти представления по отдельным физико-географическим районам и их участкам (поскольку такие зависимости имеют достаточную силу лишь для сравнительно небольших территорий внутри которых все факторы географического порядка могут считаться неизменными) позволили построить расчетные связи среднего стока со средней взвешенной высотой водосборов

$$M_0 = \varphi(H_{ср}).$$

Эти связи нашли применение в практике гидрологических расчетов для оценки среднего стока рек и створов, не имеющих непосредственных гидрометрических наблюдений. Сами связи и методика построения их достаточно полно освещены в работах [111, 104], поэтому нет необходимости останавливаться на них в данном случае.

М. Н. Большаков [11] как недостаток зависимостей величины модуля стока от средних взвешенных высот водосборов отмечает их интегральный для значительных площадей характер, в результате которого при использовании этих зависимостей для неизученных небольших частных бассейнов становится неизбежным чрезмерное осреднение, граничащее с недопустимым. Им предложены так называемые зональные (дифференциальные) модули стока, как более совершенные для условий горной территории характеристики среднего стока. Эти соображения, несомненно, правильны. Весь вопрос сводится к тому, насколько обоснованно практически могут быть установлены значения зональных модулей стока и как они будут соответствовать фактическому стоку со всех площадей зон, для которых они установлены. При этом, по-видимому, неизбежны затруднения. Прежде всего они связаны с недостаточностью факти-

ческих наблюдений за стоком внутри собственно горных территорий на их отдельных участках, находящихся в тех или иных высотных зонах. Найденные для отдельных участков территории Киргизии значения зональных модулей стока даны в работе М. Н. Большакова и В. Г. Шпак [13], поэтому здесь они не приводятся.

И. А. Ильин [37] вопрос о среднем стоке рассматривает с точки зрения коэффициента стока. Он констатирует влияние на изменчивость коэффициента стока для рассматриваемых им речных бассейнов Прифергапья многих факторов подстилающей поверхности. Сказывается влияние геологических условий (коэффициент стока выше при преобладании водонепроницаемых пород — сланцев, эффузивов и ниже при увеличении роли известняков, мелкоземистых грунтов, конгломератов, песчаников, глин, мергелей мезокайнозойского возраста) и залесенности водосборов (лесная растительность как в форме редколесья, так и в виде густых лесов увеличивает коэффициент стока). Имеет значение также удельный вес в строении поверхности бассейна различных обнажений — скальных, осыпных, моренных и ледниковых участков (коэффициент стока соответственно возрастает), средняя глубина речных долин и высотное положение бассейна. С учетом этих условий И. А. Ильиным получены достаточно хорошие районные зависимости относительно коэффициента стока, имеющие силу для групп рек Кураминского и западной части Чаткальского хребтов (I), восточной части Прифергапья, от р. Алабука до р. Акбура (II), и для рек Туркестано-Алайского хребта (III)

$$\text{I}\quad \eta_i = 0{,}0245\ (л + к + о + с) + 0{,}211,$$
$$\text{II}\quad \eta_i = 0{,}0123\ (л + к + о + с) + 0{,}042,$$
$$\text{III}\quad \eta_i = 0{,}0108\ (л + к + о + с) - 0{,}110,$$

где η — коэффициент стока, л, к, о, с — площади, занятые соответственно лесами, кустарниками, осыпями и скалами, выраженные в процентах от общей площади бассейна.

Графически эти зависимости изображены на рис. 39, заимствованном из работы И. А. Ильина. Следует отметить также заключение Ильина о предпочтительности выбора в качестве характеристики высотного положения бассейна средней высоты гребней гор в верховьях рек перед обычно применяемой средней взвешенной высотой речных бассейнов, хотя эти утверждения могут вызвать и обоснованные возражения; кроме того, предлагаемая характеристика для практического и тем более массового использования, конечно, не совсем удобна. Однако все эти соображения И. А. Ильина ценны тем, что они представляют попытку более широкого раскрытия природы общего процесса стокообразования в связи с условиями строения земной поверхности.

Представляют интерес предложенные Н. Н. Пальговым [87] формулы для расчета стока ледниковых рек Заилийского Алатау. На основании того, что основными показателями водоносности в конту-

рах рассматриваемого района являются площади водосборов и площади ледников, им получены более или менее удовлетворительные зависимости для среднего стока

$$Q = 0{,}016(F + 0{,}4f),$$

где Q — средний годовой расход в м³/сек., F — полная площадь водосбора, f — площадь ледников в водосборе.

Эта зависимость была улучшена посредством учета влияния роста площади бассейна (сток относительно сокращается) и изменчивости относительной площади оледенения (чем больше площадь оледенения, тем больше сток)

$$Q = 0.16(F + 0{,}4f)\,\alpha\,\beta.$$

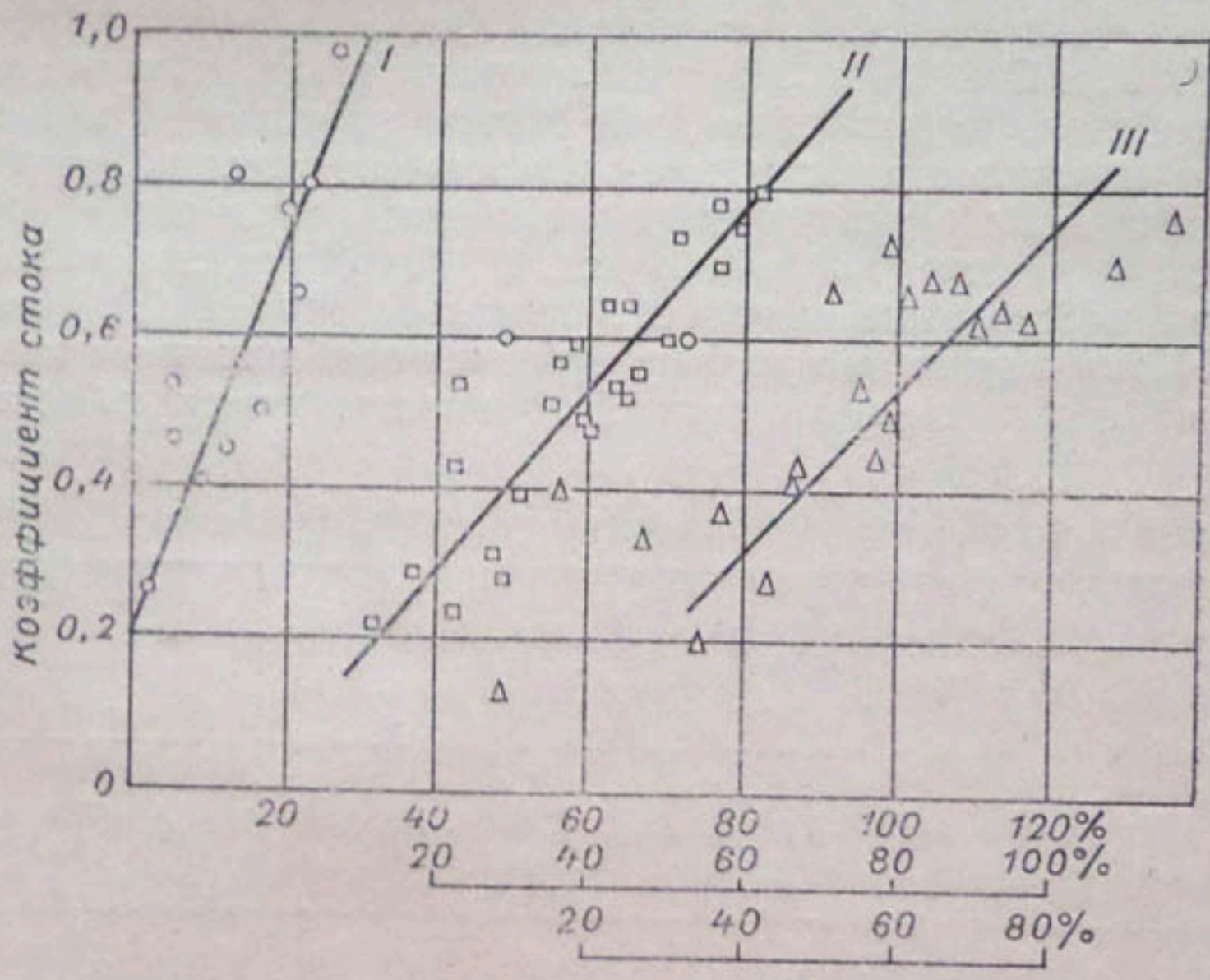

Рис. 39. Зависимость коэффициента стока от площади бассейна, занятой лесами, кустарниками, обнажениями скал, осыпями и ледниками в процентах от всей площади водосбора (по И. А. Ильину).

I — реки Кураминского и Чаткальского хребтов западнее р. Алабука, *II* — реки восточной части Ферганской котловины от р. Алабука до р. Акбура, *III* — реки Туркестано-Алайского хребта западнее р. Куршаб.

Как отмечает Н. Н. Пальгов, большие отклонения от зависимости наблюдаются за счет значительного развития инфильтрации при благоприятствующих этому условиях — в зандровых отложениях в непосредственной близости от ледников, в дельтах, при впадении рек в горные озера.

Пользуясь постоянством соотношений между средним стоком и стоком за июль (~2,2), а также летним — за июнь, июль и август (~2,0), Н. Н. Пальгов получает выражения для июльского среднего стока

$$Q_{VII} = 0{,}0352(F + 0{,}4f)\alpha\beta$$

и летнего среднего стока

$$Q_{VI-VIII} = 0{,}032(F + 0{,}4f)\alpha\beta.$$

Водный баланс гидрографических бассейнов. Отделом географии Академии наук Киргизской ССР [57] составлены карты распределения по территории атмосферных осадков за годичный период и за теплое и холодное полугодия в принятых в климатологии рамках (апрель — октябрь и ноябрь — март). В основе этих карт лежат наблюдения на 288 пунктах (79 станций, 167 постов и 42 суммарных осадкомера), приведенные к единому ряду, продолжительностью свыше 70 лет. При этом были использованы также многочисленные косвенные данные о той или иной степени увлажнения отдельных участков поверхности (почвенно-растительные условия), а в показания прежних типовых приборов внесены исправления за счет неполного учета ими зимних осадков. По Приферганскому бассейну такая же работа была выполнена несколько ранее И. А. Ильиным [37]. По этим картам могут быть найдены приближенные значения средних годовых количеств осадков по гидрографическим бассейнам.

Таблица 43

Значения осадков, стока и испарения по гидрографическим бассейнам

Бассейны	Осадки	Сток	Испарение	Осадки	Сток	Испарение	Осадки за летнее полугодие (IV—X)		Коэффициент стока
	10^6 м^3			мм			10^6 м^3	% годовых осадков	
Нарынский . . .	19 684	12 867	6817	371	245	126	16 179	0,82	0,66
Приферганский .	31 945	17 660	14285	552	304	248	19 945	0,62	0,55
Чаткальский . . .	4010	2662	1348	733	488	245	2160	0,60	0,67
Кызылсуйский (Амударьинский)	2578	1766	812	286	196	90	1801	0,70	0,69
Таримский . . .	8373	6943	1430	364	302	62	7587	0,90	0,83
Иссык-Кульский .	6639	4100	2539	391	241	150	5228	0,79	0,62
Чуйский	9713	4100	5613	511	216	295	7229	0,74	0,42
Таласский	4210	1643	2567	421	164	257	3217	0,76	0,39
Все бассейны	87 152	51 741	35 411	436	259	177	63 346	0,73	0,59
Вся Киргизия (включая оз. Иссык-Куль) . .	89 000	52 000	37 000	445	259	186		0,73	0,58

Конечно, эти карты, имеющие для высокогорных зон схематический характер, вряд ли смогут охарактеризовать отдельные речные водосборы, но в отношении крупных гидрографических бассейнов их данные, в порядке первого приближения, по-видимому, могут быть использованы.

Имея для гидрографических бассейнов значения стока и осадков и используя соответствующее этому случаю (крупные водосборы и многолетний период) уравнение водного баланса

$$X - Y - Z = 0$$

(где X — среднее годовое количество осадков, Y — средняя годовая величина стока, Z — средняя годовая величина испарения), можно

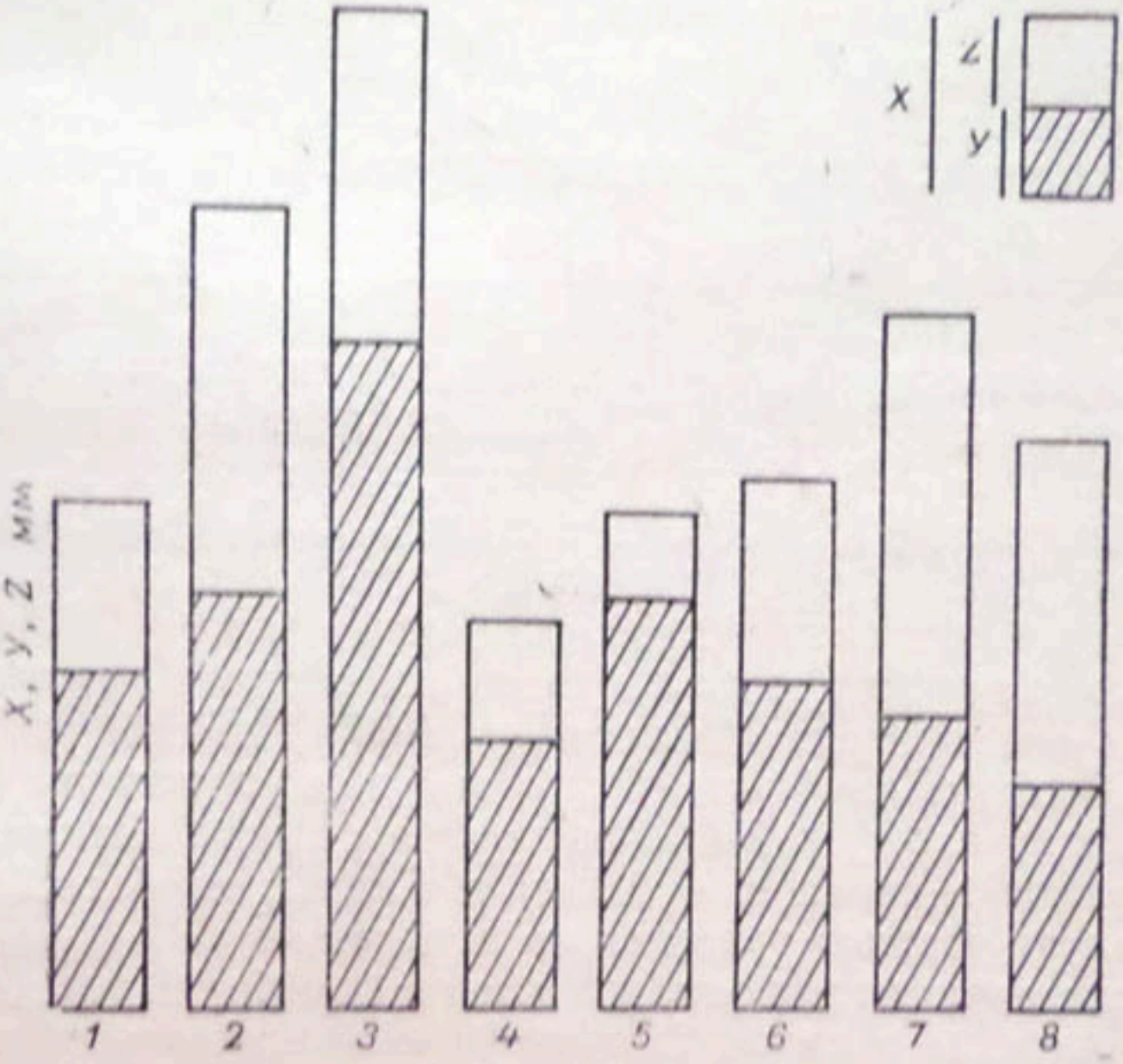

Рис. 40. Составляющие водного баланса гидрографических бассейнов (осадки X, сток Y и испарение Z).

1 — Нарынский (Y=245 мм; Z=126 мм), *2* — Приферганский (Y=304 мм; Z=248 мм), *3* — Чаткальский (Y=488 мм; Z=245 мм), *4*—Кызылсуйский (Y=196 мм; Z=90 мм, *5*—Таримский (Y=302 мм; Z=62 мм), *6* — Иссык-Кульский (Y=241 мм; Z=150 мм), *7* — Чуйский (Y=216 мм; Z=295 мм), *8* — Таласский (Y=164 мм; Z=257 мм).

найти значение испарения. Результаты этих определений и расчетов приведены в табл. 43 и изображены на рис. 40. При этом осадки по Приферганскому бассейну были взяты по данным И. А. Ильина, по остальным бассейнам — по данным отдела географии Академии наук Киргизской ССР.

Таким образом, общий приход атмосферных осадков за средний год в Киргизии (считая также осадки, выпадающие на поверхность

оз. Иссык-Куль, которые приближенно можно оценить в 2 км³) составляет 89 км³, из них 52 км³ (или 58%) идет на сток и 37 км³ (42%) расходуется на испарение. В слое воды осадки, сток и испарение соответственно составляют 445, 260 и 185 мм. При этом большая часть осадков (73%) приходится на летнее полугодие (апрель — октябрь).

О территориальном распределении осадков и стока говорилось выше, и данные табл. 43 служат лишь подтверждением сказанного. Особо выделяется в этом отношении Чаткальский бассейн, в котором слой осадков и слой стока значительны как ни в одном другом бассейне Киргизии.

Слой испарения в различных гидрографических бассейнах зависит от многих факторов. На нем сказывается влияние высотного положения бассейна, развитости низколежащих межгорно-долинных территорий, величина поступающих осадков. Наименьшее значение испарения в Таримском бассейне, представляющем наиболее высокогорную и наиболее оледененную часть Киргизии. Испарение здесь невелико, если даже принять во внимание возможную заниженность оценки осадков в этом бассейне, обусловленную недостаточностью наблюдений. Мало́ испарение и в Кызылсуйском бассейне, приближающемся по степени высокогорности и оледененности к Таримскому бассейну. Весьма значительно испарение в Чуйском и Таласском бассейнах, характеризуемых большим развитием относительно низких равнинных площадей, в Ферганском и Чаткальском бассейнах, со сравнительно невысоким гипсометрическим уровнем и большим количеством осадков.

Благоприятное для стока соотношение осадков и испарения обусловливает исключительно высокий коэффициент стока в Таримском бассейне. Высокие коэффициенты стока присущи также Кызылсуйскому, Чаткальскому и Нарынскому бассейнам. Наименее благоприятны условия стока в Чуйском и Таласском бассейнах. Здесь большая часть осадков тратится на испарение.

Из числа элементов водного баланса наиболее достоверны сведения по данным о стоке. Предпринятая и использованная здесь оценка осадков по территории Киргизии без сомнения является серьезным достижением. В то же время она оставляет желать лучшего, в особенности в отношении высокогорных районов. Можно думать, что это улучшение в будущем даст большую величину осадков (и соответственно испарения). В связи с этим на изложенные здесь сведения по водному балансу гидрографических бассейнов Киргизии нужно смотреть как на сведения, имеющие ориентировочный характер.

РЕЖИМ СТОКА

Глава IX

ОСНОВНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В РЕЖИМЕ РЕК

В режиме стока рек Киргизии можно выделить два основных периода: половодье и межень. Половодье приходится на теплое полугодие или его первую половину и характеризуется повышенными расходами воды. Остальная часть года представляет меженный период с низкими расходами.

Таяние накопившихся за зимний период на горных склонах запасов снега благодаря постепенному, восходящему распространению теплой погоды происходит длительное время — начиная с момента наступления положительных температур в нижней части горных речных бассейнов до практически полного исчезновения запасов снега по всем высотным зонам бассейна, или, если это простирание по высоте значительно (при наличии ледников), до наступления осеннего похолодания в верхних частях бассейнов, где до этого происходило таяние.

Таяние снега в каждый данный момент времени в горных бассейнах совершается в отличие от равнинных рек не по всей поверхности водосбора, а лишь в некоторой полосе, ограниченной снизу нижней границей залегания снежного покрова, так называемым тылом снеготаяния, и сверху — верхней границей распространения положительных температур и начинающегося таяния снега, называемой фронтом снеготаяния. В течение первой части теплого полугодия эта полоса таяния постепенно перемещается, поднимаясь вверх по склонам гор. В связи с этим таяние в горном бассейне, а вместе с тем и весь период повышенного стока (период половодья) оказываются растянутыми на длительное время — до пяти-шести месяцев. Естественно, что при такой продолжительности половодного периода повышение расходов воды носит в сравнении с половодьями на равнинных реках более умеренный и менее концентрированный характер.

В течение периода половодья в силу обычных изменений погодных условий таяние периодически то усиливается, то ослабевает или на некоторое время совершенно приостанавливается. Усиление таяния приводит к быстрому увеличению расходов, возникновению паводков, сменяющихся через некоторое время спадом расходов. Неравномерность хода стока обостряется также выпадением дождевых и ливневых осадков, приводящих к образованию кратковременных, но резких подъемов.

Весь половодный период, таким образом, представляет чередование отдельных больших и умеренных паводков, разделенных межпаводковыми промежутками. Однако прекращение таяния и поступления талых вод и жидких осадков на поверхность водосбора благодаря подземной зарегулированности стока и притоку подземных вод не приводит к исчезновению стока. По той же причине межпаводковые спады в первой половине половодного периода повышаются, во второй — постепенно понижаются. Таким образом, половодье на горных реках значительно отличается от половодий на равнинных реках [23] и благодаря общему характеру чередования отдельных паводков часто называется паводковым периодом [108, 37, 44, 114].

В противоположность половодному периоду меженный период, приходящийся на холодную половину года, как правило, отличается относительно невысокими расходами и отсутствием интенсивных колебаний расходов. В это время сток поддерживается практически целиком за счет поступления в русловую сеть подземных вод.

Влияние горной природы, конечно, не ограничивается большой продолжительностью половодного периода. Оно существенно сказывается на всех сторонах режима рек. При этом черты горного режима рек проступают тем резче и сильнее, чем более гористы условия водосбора. В частности, чем выше вертикальное простирание речного бассейна, чем более высоко расположен бассейн, тем позднее заканчивается паводковый период и тем, при прочих равных обстоятельствах, река многоводнее. Как было отмечено выше, это связано с тем, что при рассмотрении природных условий территории и водного баланса горных бассейнов запасы снега и вообще размеры годовых осадков возрастают с высотой местности. Основные запасы снега и все запасы льда оказываются сосредоточенными в высокогорной зоне. По мере увеличения высотного положения речного бассейна повышаются и основные зоны питания стока, а время таяния в этих зонах все больше отодвигается к лету. Таким образом, календарное время прохождения паводков, половодного периода или иначе внутригодовое распределение стока само может служить показателем степени высокогорности питающего реку бассейна и тем самым участия в этом питании различных источников в соответствии с их высотными закономерностями. А соотношение роли отдельных источников питания в стоке реки и является тем решающим фактором, который определяет основные черты и особенности режима рек, режима стока. На этих представлениях и осно-

ваны классификации рек Средней Азии, в том числе и получившая широкое признание и распространение классификация В. Л. Шульца [110, 111], а также предложенная в последнее время классификация О. П. Щегловой [115]. Нет необходимости касаться прежних предложений по классификации; они теперь имеют лишь историческое значение, поэтому достаточно остановиться на двух упомянутых классификациях.

Классификация В. Л. Шульца. В. Л. Шульц выделяет четыре класса рек, отличающихся друг от друга условиями питания, количественной ролью тех или иных источников питания в общем стоке рек. Эти классы, а также формальные признаки, служащие для отнесения рек к тому или иному классу, приведены в табл. 44.

Таблица 44

Классификация рек В. Л. Шульца

Типы рек	Отношение стока за периоды VII—IX и III—VI $\delta = \frac{W_{VII-IX}}{W_{III-VI}}$	Сток за период VII—IX в % от годового стока W_{VII-IX}	Месяц с максимальным стоком
Реки ледниково-снегового питания	$\geqslant 1{,}0$	$\geqslant 38$	VII, VIII
Реки снегово-ледникового питания	0,99—0,27	40—17	V, VI
Реки снегового питания . . .	0,27—0,18	16—12	IV, V
Реки снегово-дождевого питания . .	0,17—0,00	13—00	III, IV, V

В отношении этой классификации необходимо сделать следующие пояснения.

1. В соответствии с существующей высотной закономерностью гидрометеорологических процессов данный порядок классификации рек выражает последовательно нисходящий уровень питающих реки бассейнов. Если в качестве показателя высотного положения речных бассейнов пользоваться их так называемыми стредневзвешенными высотами

$$H_{\text{ср. взв}} = \frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + \ldots + f_k h_k}{f_1 + f_2 + \ldots + f_k} = \frac{\sum f_n h_n}{F}$$

(где $f_1, f_2, \ldots, f_n$ и $h_1, h_2, \ldots, h_n$ — площади и средние высотные уровни частных расчетных участков бассейна, F — общая площадь всего бассейна), то реки ледниково-снегового питания будут характеризоваться наибольшей средневзвешенной высотой, реки снегово-ледникового питания — несколько меньшей, реки снегового питания — еще меньшей, а реки снегово-дождевого питания — наиболее низкой средневзвешенной высотой.

2. Как замечает В. Л. Шульц, формулировка отдельных классов в некоторой степени носит условный характер. Например, было бы ошибочно, судя по наименованию высшего класса, считать, что преобладающим здесь является обязательно ледниковый сток, т. е. сток талых ледниковых вод. На самом же деле скорее наоборот. Как правило, преобладание на реках этого класса имеет как раз снеговой сток, сток талых снеговых вод за счет сезонных снегов. Первое место, отведенное в наименовании ледниковому питанию, подчеркивает лишь то, что в сравнении с другими классами реки этого класса имеют наиболее значительное ледниковое питание.

3. Рассматривая классификацию рек, нужно считаться с тем, что она имеет силу именно для данного конкретного бассейна, замыкаемого гидрометрическим постом, сведения по которому использованы для отнесения реки к тому или иному классу. Если рассматривать другой бассейн, даже на этой же самой реке, путем соответствующего перемещения замыкающего створа, принадлежность реки к тому или иному классу при определенном удалении от первого створа может измениться. Такое положение связано с тем, что сток, на котором по существу и строится классификация, по своей физической природе является интегральной характеристикой, отражающей условия стокообразования в целом по всему водосборному бассейну. Например, р. Нарын, имеющая высокогорный характер и относящаяся к рекам ледниково-снегового питания в верхнем течении, в нижнем течении приобретает среднегорный характер и является рекой снегово-ледникового питания.

Снижение качеств высокогорности водосборного бассейна вниз по течению реки — явление вполне логичное, поскольку в этом направлении приращение площади совершается за счет все более низких высот. Но не исключено и повышение качеств высокогорности. Это будет иметь место тогда, когда рост водосборной площади у невысокогорной реки будет совершаться за счет водосборов высокогорных притоков. Редкий пример такой обратной трансформации представляет р. Джиргалан.

Понятно, что принадлежность реки к тому или иному классу при достаточно устойчивом характере в многолетнем разрезе может испытывать кратковременные отклонения по отдельным годам в зависимости от конкретных условий отдельного года и от годичных колебаний в соотношении отдельных составляющих стока.

4. Эта классификация применима лишь к рекам горных склонов с неискаженным за счет переменного во времени забора воды в каналы режимом, но не применима к равнинным участкам рек, режим которых обычно является искусственным и не отражает его естественного состояния.

Подавляющее большинство рек Киргизии (имеются в виду, конечно, основные реки горных склонов) примерно поровну распределяется между двумя высшими классами классификации В. Л. Шульца (табл. 45). Большинство рек Иссык-Кульской котловины и Северной Киргизии (Чуйский, Таласский бассейны), реки Верхне-На-

рынского бассейна, реки Таримского бассейна (восток и юго-восток Киргизии) и большинство рек юго-запада Киргизии (реки южного Прифергапья и Алайской котловины) принадлежат к классу рек ледниково-снегового питания. К классу рек снегово-ледникового питания относятся реки Средне- и Нижне-Нарынского бассейнов, Чаткальского бассейна, реки Северного Прифергапья, часть рек Восточного Прифергапья и небольшая часть рек Таласского, Чуйского и Иссык-Кульского бассейнов на участках относительно невысоких и пологих горных склонов. Лишь отдельные реки в Восточном Прифергапье относятся к рекам снегового и снегово-дождевого питания.

Классификация О. П. Щегловой. О. П. Щегловой предложена новая классификация рек Средней Азии, имеющая целью большую детализацию и более широкий охват типов рек в сравнении с ранее разработанными классификациями. Выделенные классы и примененные при этом критерии указаны в табл. 46.

В качестве одного из критериев классификации использован предложенный В. Л. Шульцем параметр внутригодового распределения стока δ, но наряду с ним типы питания связываются также и с относительным участием в образовании стока различных источников питания. На наш взгляд, при обоснованной детализации классов рек и удачной градации параметра δ для выделения классов практическое использование этой классификации при современных условиях будет осложняться требующейся количественной оценкой роли источников питания. Как известно, такая оценка непосредственно из имеющихся массовых данных о стоке не может быть получена; для этого требуется специальный анализ. В современных условиях анализ этот сильно затруднен: результаты обычных и широко применяемых методов расчленения стока не всегда могут быть признаны вполне объективными и сравнимыми.

По-видимому, без большой погрешности практически можно пользоваться классификацией О. П. Щегловой с применением лишь одного критерия — параметра δ, считая его достаточно тесно связанным в общем случае со вторым критерием. Второй критерий при таком понимании приобретает вспомогательное, расшифровывающее значение. В таком понимании классификации О. П. Щегловой классность рек Киргизии представляет достаточно пеструю картину, впрочем хорошо увязанную с общим комплексом природных условий отдельных гидрографических бассейнов и их различных участков.

Бассейны рек ледникового питания расположены (табл. 45) на склонах окраинных хребтов Тянь-Шаня, отличающихся наибольшим высотным простиранием водосборов и наибольшим развитием оледенения. Это — некоторые реки на северных склонах Терскей-Алатау, ряд рек в наиболее возвышенных и наиболее оледененных частях Киргизского, Таласского Алатау и Алайского хребтов. К сожалению, из-за отсутствия соответствующих наблюдений нельзя

Таблица 45

Классификация рек Киргизии по типам питания

Река	Пункт	Отношение стока за периоды VII—IX и III—VI	Сток за период VII—IX в % от годового	Месяц с наибольшим стоком	Принадлежность реки к соответствующему типу питания	
					по В. Л. Шульцу	по О. П. Щегловой
Нарынский бассейн						
Большой Нарын	Устье	1,21	46	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Малый Нарын	Устье	1,55	53	VII	—„—	—„—
Нарын	г. Нарын	1,37	49	VII	—„—	—„—
Нарын	Устье р. Кекджерты	1,36	49	VII	—„—	—„—
Нарын	Устье р. Кекирим	1,03	41	VII	—„—	—„—
Нарын	п. Токтогул	0,89	37	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Нарын	кишл. Уч-Курган	0,78	35	VI	—„—	—„—
Онарча	кишл. Онарча	0,80	36	VI	—„—	—„—
Джергетал	кишл. Джергетал	0,50	28	V	—„—	—„—
Кекджерты	х. Актала	0,71	33	VI	—„—	—„—
Атбаши	Устье р. Ичкекоманда	0,83	38	VI	—„—	—„—
Атбаши	кишл. Джангизтал	0,87	31	VI, VII	—„—	—„—
Кекирим	кишл. Кара-Табылга	0,61	35	VI	—„—	—„—
Западный Каракол	Устье	1,02	42	VI	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Ортокуганды	г. Орто-Куганды	0,77	35	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Кекемерен	Выше устья р. Джумгол	0,85	38	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Кекемерен	Ниже устья р. Джумгол	0,83	37	VI	—„—	—„—

Ковюксу	Устье	0,85	38	VI	—„—	—„—
Узунахмат	Устье р. Устасу	0,70	34	VI	—„—	—„—
	Приферганский бассейн					
Гава	Устье р. Терс	0,27	19	V, VI	Снег.-леди.	Снег.-дожд.
Гава	кишл. Гава	0,28	19	V	—„—	—„—
Кассансай	Устье р. Урюкты	0,41	25	VI, V	—„—	Снег.
Урюкты	Устье	0,57	21	VI	—„—	—„—
Падшаата	Устье р. Тос	0,66	33	VI	—„—	—„—
Афлатун	с. Афлатун	0,51	25	V	—„—	Снег.-дожд.
Карасу (правая)	Устье	0,38	23	V	—„—	—„—
Майлису	Устье р. Кайрагач	0,32	20	V	—„—	—„—
Шайдан	кишл. Шайдан	0,33	20	V	—„—	—„—
Тентяксай	кишл. Чарвак	0,32	20	V	—„—	—„—
Кугарт	с. Михайловское	0,24	17	V	Снег.	—„—
Чангет	кишл. Чангет	0,18	12	IV	—„—	—„—
Зергер	кишл. Тассай	0,16	12	IV	Снег.-дожд.	—„—
Донгуз-Тау	кишл. Донгуз-Тау	0,19	14	V	Снег.	—„—
Кульдук	кишл. Сары-Булак	0,25	17	V	—„—	—„—
Яссы	с. Саламалик	0,27	20	V	Снег.-ледн.	Снег.-дожд.
Яссы	г. Узген	0,26	17	V	Снег.	—„—
Карадарья	п. Кампыр-Рават	0,58	30	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Каракульджа	кишл. Акташ	0,79	38	VI, VII	—„—	—„—
Тар	кишл. Чалма	0,78	37	VI	—„—	—„—
Куршаб	с. Гульча	0,83	35	VI	—„—	—„—
Акбура	кишл. Папан	1,20	34	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.

Река	Пункт	Отношение стока за периоды VII—IX и III—VI	Сток за период VII—IX в % от годового	Месяц с наибольшим стоком	Принадлежность реки к соответствующему типу питания	
					по В. Л. Шульцу	по О. П. Щегловой
Акбура	кишл. Тулейкен	1,22	43	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Араван	кишл. Янги-Наукат	1,69	53	VII, VI	—„—	—„—
Киргизата	кишл. Киргизата	1,49	51	VII	—„—	—„—
Косчан	кишл. Косчан	0,68	35	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Косчан	Устье	0,56	26	VI	—„—	—„—
Шанкол	кишл. Шанкол	0,97	42	VI, VII	—„—	—„—
Абшир	кишл. Учтерек	0,72	31	VI	—„—	—„—
Исфайрам	с. Уч-Коргон	1,42	44	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Исфайрам	ур. Лянгар	1,53	47	VII	—„—	—„—
Коксу	Устье	1,14	32	VII	—„—	—„—
Шахимардан	кишл. Паульган	1,42	49	VII	—„—	—„—
Сох	кишл. Сары-Канда	2,50	60	VII	—„—	Ледн.
Исфара	кишл. Таш-Курган	2,86	61	VIII	—„—	—„—
Ходжабакирган	кишл. Кызыл-Танга	1,61	47	VII	—„—	Снег.-ледн.
Аксу	ущ. Дазгон	1,81	47	VII	—„—	—„—
Чаткальский бассейн						
Чаткал	Устье р. Терс	0,68	34	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Чаткал	Устье р. Найза	0,63	32	VI	—„—	—„—
Терс	Устье	0,63	33	VI	—„—	—„—

Иссык-Кульский бассейн

Тюп	с. Сартологой	0,43	26	V	Снег.-ледн.	Снег.-дожд.
Тюп	с. Тюп	0,48	25	V	—.—	—.—
Джиргалан	с. Советское	0,61	32	V, VI	—.—	Снег.
Тургеньаксу	п. Лесозавода	1,49	50	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Бозщук	с. Ново-Вознесеновка	0,88	37	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Аксу	с. Теплоключинское	1,74	55	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Аксу	п. Минеральные Ключи	1,56	50	VII	—.—	—.—
Каракол	Устье Каскасу	1,94	56	VII, VIII	—.—	—.—
Ирдык	с. Ирдык	1,01	40	VI, VII	—.—	—.—
Джетыогуз	пос. Лесозавода	1,39	53	VII	—.—	—.—
Чонкызылсу	Устье р. Кашкатор	2,24	63	VII	—.—	Ледн.
Чонкызылсу	п. Лесной Кордон	1,82	55	VII	—.—	Снег.-ледн.
Кичекызылсу	с. Покровское	1,30	47	VII, VI	—.—	—.—
Джуука	Устье р. Джуукучак	2,96	61	VIII, VII	—.—	Ледн.
Джергельчак	Устье р. Джуукучак	2,96	61	VIII, VII	Ледн.-снег.	—.—
Барскон	п. Лесозавод	2,77	58	VIII, VII	—.—	—.—
Тамга	Устье р. Сасык	2,44	61	VII	—.—	—.—
Тосор	с. Тамга	1,87	51	VII, VIII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Тон	Устье р. Кодол	1,98	53	VIII, VII	—.—	—.—
Аксай	с. Тарасу	2,47	54	VIII	—.—	Ледн.
Актерек	с. Коксай	2,66	51	VIII	—.—	—.—
Улахол	п. Актерекская МТС	1,18	33	VIII	—.—	Снег.-ледн.
Торайгыр	с. Улахол	1,38	45	VII	—.—	—.—
Чонкойсу	Устье р. Кызылбулак	0,71	30	V	Снег.-ледн.	Снег.

Река	Пункт	Отношение стока за периоды VII—IX и III—VI	Сток за период VII—IX в % от годового	Месяц с наибольшим стоком	Принадлежность реки к соответствующему типу питания	
					по В. Л. Шульцу	по О. П. Щегловой
Чолпоната	с. Курское	1,60	50	VII, VIII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Чонаксу	свх Чолпон-Ата	1,66	49	VIII	—„—	—„—
Кичеаксу	с. Григорьевское	1,97	53	VIII	—„—	—„—
Чонурюкты	с. Семеновское	1,26	45	VII	—„—	—„—
Уйтал	п. Поневодческий свх	0,89	40	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Кутурга	с. Алексеевка	0,65	32	VI	—„—	—„—
	с. Кутурга	0,57	25	V	—„—	—„—
Чуйский бассейн						
Каракуджур	с. Сары-Булак	1,08	41	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Тюлек	аул Тюлек	1,04	38	VII	—„—	—„—
Джуванарык	с. Кумбель-Ата	1,11	42	VII	—„—	—„—
Суек	Устье р. Ичкесай	0,85	39	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Каракол	Устье р. Ирису	1,39	51	VII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Кочкор	с. Кочкорка	0,99	33	VI	Снег.-ледн.	Снег.
Чу	с. Кочкорка	1,07	35	VII, VI	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Чон-Кемин	Устье	1,43	44	VII	—„—	—„—
Кичекемин	свх им. Ильича	0,97	37	VI, VII	Снег.-ледн.	Снег.
Кызылсу	с. Бала-Булак	1,24	42	VII, VIII	Ледн.-снег.	Снег.-ледн.
Шамси	п. Лесной Кордон	1,72	51	VII	—„—	—„—

Кегеты	п. Лесной Кордон	1,91	53	VII, VIII	—.—	—.—
Иссыката	с. Юрьевское	2,39	52	VIII	Леди.-снег.	Леди.
Аламедин	Устье р. Чонкурчак	2,72	61	VIII, VII	—.—	—.—
Чонкурчак	Устье	1,60	44	VIII	—.—	Снег.-леди.
Алаарча	Устье р. Кашкасу	2,15	57	VII, VIII	—.—	Леди.
Кашкасу	Устье	0,73	35	VI	Снег.-леди.	Снег.
Джаламыш	клх им. Чапаева	1,27	41	VII	Леди.-снег.	Снег.-леди.
Сокулук	с. Белогорское	2,24	57	VII, VIII	—.—	Леди.
Аксу	с. Чон-Арык	1,77	52	VII	Леди.-снег.	Снег.-леди.
Карабалты	с. Сосновка	1,33	47	VII	—.—	—.—
Чонкаинды	ущ. Чонкаинды	1,72	53	VII	—.—	—.—
Джарлыкаинды	с. Орто-Арык	1,53	49	VII	—.—	—.—

Таласский бассейн

Каракол	с. Чатбазар	1,14	42	VII	Леди.-снег.	Снег.-леди.
Учкошой	с. Чатбазар	1,16	43	VI	—.—	—.—
Талас	с. Чатбазар	1,15	42	VII, VI	—.—	—.—
Талас	с. Кировское	1,13	36	VII	Леди.-снег.	Снег.-леди.
Колба	с. Колба	1,39	42	VII	—.—	—.—
Кенкол	Устье р. Терскол	0,35	22	VI, V	Снег.-леди.	Снег.-дожд.
Бешташ	Головной арык Саз	1,04	43	VI	Леди.-снег.	Снег.-леди.
Нельды	ур. Джурга	0,57	23	V	Снег.-леди.	Снег.
Урмарал	с. Октябрьское	1,63	51	VII	Леди.-снег.	Снег.-леди.
Кумыштаг	Головной арык Янги	1,03	42	VI	—.—	—.—
Карабура	ущ. Коксай	1,90	53	VII	—.—	—.—
Куркуреусай	ур. Чон-Курчан	2,04	53	VII	—.—	Леди.

Таблица 46

Классификация рек О. П. Щегловой

Типы рек	Питание в % от среднего годового стока			Отношение стока за периоды VII—IX и III—VI $\delta = \frac{W_{VII-IX}}{W_{III-VI}}$
	ледниковое	дождевое	подземное	
Реки ледникового питания	⩾35			⩾2,0
Реки снегово-ледникового-питания	<35 и ⩾15			<2,0 и ⩾1,0
Реки снегового питания	<15			<1,0 и ⩾0,5
Реки снегово-дождевого питания		>10		<0,5
Реки подземного питания			>80	

определенно высказаться в отношении рек, стекающих с наиболее сильно оледененных хребтов Центрального Тянь-Шаня, как и южных районов Внутреннего Тянь-Шаня и Алая-Туркестана. Исходя из общих географических условий можно полагать, что они также будут относиться к числу рек ледникового питания.

Снегово-ледниковое питание имеют многие реки Иссык-Кульского бассейна, Чуйского бассейна (Кочкорской и Чуйской впадин), Таласского бассейна, реки Верхне-Нарынского бассейна и ряд рек южного Прифергапья.

Реками снегового питания являются реки Чаткальского, Средне-Нарынского бассейнов, некоторые реки Иссык-Кульского, Чуйского, Таласского бассейнов и юго-восточного и южного Прифергапья.

Реки снегово-дождевого питания представлены отдельными реками в Иссык-Кульском и Таласском бассейнах и широко — в Нижне-Нарынском бассейне и Восточном Прифергапье.

Реки подземного питания можно встретить во всех гидрографических бассейнах, как и в горных частях; здесь они представлены обычно небольшими реками, особенно в межгорных долинах.

Изложенная картина распределения рек различных типов питания получена применительно к рассмотрению этих рек по створам на выходе рек в межгорные долины. Зональное рассмотрение, естественно, дало бы иную картину: оно привело бы к последовательно нисходящим поясам типов питания по простиранию горных хребтов с пятнами или участками подземного питания — примерно к той картине, которая в виде картографической схемы дана О. П. Щегловой [115].

На высокогорных реках, относящихся к первому классу, по В. Л. Шульцу, и первому и второму классам, по О. П. Щегловой,

половодный период охватывает в среднем май — сентябрь, на низкогорных реках, относящихся ко второму классу, по В. Л. Шульцу, и третьему классу, по О. П. Щегловой,— апрель — август, относящихся к третьему и четвертому классам, по В. Л. Шульцу, и четвертому классу, по О. П. Щегловой,— март — июль.

При использовании стока в народнохозяйственных целях важно, по возможности, учесть свойство разновременной концентрации стока на реках различных классов. Это может быть достигнуто путем создания, например, ирригационных систем, объединяющих в себе сток рек различных типов питания. Такие системы позволят в значительной мере смягчить явление недостатка воды в источниках орошения в так называемые «критические» периоды, приходящиеся на первую половину лета на высокогорных реках и на вторую половину на низкогорных.

Глава X

РАСХОДЫ ПОЛОВОДЬЯ

Реки, относящиеся к различным типам питания, отличаются и по характеру режима стока: по распределению стока во времени, наступлению периодов половодья и межени, прохождению максимума и минимума стока, характеру изменения расходов воды.

Половодный период — время поступления на поверхность бассейна почти всего объема талых и дождевых вод, пополнения запасов подземных вод и расходования их наиболее подвижных частей, интенсивного руслового стока.

Границы половодного периода, его начало и конец, не носят четкого характера. Переход от меженного периода к половодью соответствует моменту начала поступления в сток талых, дождевых и высокодинамичных подземных вод. Переход этот совершается постепенно, нередко в виде довольно длительной серии небольших подъемов и спадов. Это — некоторая переходная полоса, которая с одинаковым основанием может быть отнесена и к меженному и к половодному периоду. В соответствии с постепенным и прерывистым ходом весенних процессов, еще более усложняясь за счет явления грунтового регулирования стока, так же постепенно и прерывисто развивается и картина стока. Не проще выглядит и переход от половодого режима к меженному. Согласно теоретической схеме граница между половодным и меженным периодами это — момент полного истощения наиболее динамичных составляющих подземного стока. Практически же этот момент не всегда может быть установлен путем анализа гидрографа или каким-нибудь другим образом.

На практике дата перехода от меженного к половодному состоянию определяется как начало существенного увеличения расходов воды, протекающего без дальнейшего возврата к меженному уровню, что является свидетельством начавшегося пополнения и расхо-

дования запасов подземных вод. Дата перехода от половодного режима к меженному определяется как момент перелома в ходе спада половодной волны и смены интенсивного спада неинтенсивным спадом, что служит показателем исчерпания запасов наиболее подвижных подземных вод. Естественно, что границы, определенные подобным путем, не свободны от элементов субъективизма, и результаты различных исполнителей будут несколько, а в отдельных случаях даже значительно, отличаться. Нужно сказать, что здесь мало помогают имевшиеся предложения в отношении критериев разграничения паводков и межени, как, например, учет внутристочных колебаний стока. Последние могут иметь место и в меженное время, скажем, при подтаивании руслового льда, заберегов, донного льда, что в нижних течениях горных рек при ясной погоде нередко достигает большого развития и вследствие грунтовой зарегулированности стока могут отсутствовать большую часть половодного периода. Тем не менее неизбежные неточности в определении границ основных периодов режима стока благодаря близости стока переходных периодов к условиям как половодья, так и межени и относительной непродолжительности переходных периодов в сравнении с периодами паводков и межени обычно не приводят к серьезным затруднениям в характеристике основных периодов стока.

В целях внесения большей определенности и объективности в задачу разграничения основных периодов стока в среднем многолетнем разрезе в последнее время О. П. Щегловой [114] предложен метод, основанный на относительной оценке коэффициентов вариации (C_r) средних месячных или средних декадных расходов воды. Переход от практически постоянных меженных значений этого коэффициента к повышенным и сильно меняющимся будет означать начало половодного периода, обратный переход от высоких значений к низким и устойчивым — окончание половодного периода. Такой подход несомненно соответствует природе половодья, как периода стекания поверхностных и динамичных подземных вод, подверженных значительной изменчивости во времени.

Средние многолетние даты начала и конца периода половодья зависят от классности рек. Чем ниже (в смысле нисходящего порядка водосборов) классность реки, тем больше паводковый период сдвигается к началу года. Наиболее раннее прохождение характерно для рек снегово-дождевого питания. Здесь половодье охватывает период март — июль. На реках снегового питания половодье приходится на апрель — август. Наиболее поздние половодья наблюдаются на реках снегово-ледникового и ледникового питания. Здесь они приурочены к периоду май — сентябрь. На рис. 41 изображены гидрографы среднего многолетнего стока для рек, представляющих различные классы.

Необходимо отметить, что на времени начала половодья, как и на других характеристиках стока наряду с высотным положением рек в некоторой мере сказывается также и общее изменение клима-

тических условий в горизонтальном направлении. Так, во внутренних районах Тянь-Шаня в связи с большей континентальностью климата, более резкой сменой холодного периода теплым, что обеспечивает сохранность снега в нижних зонах и эффективность весеннего

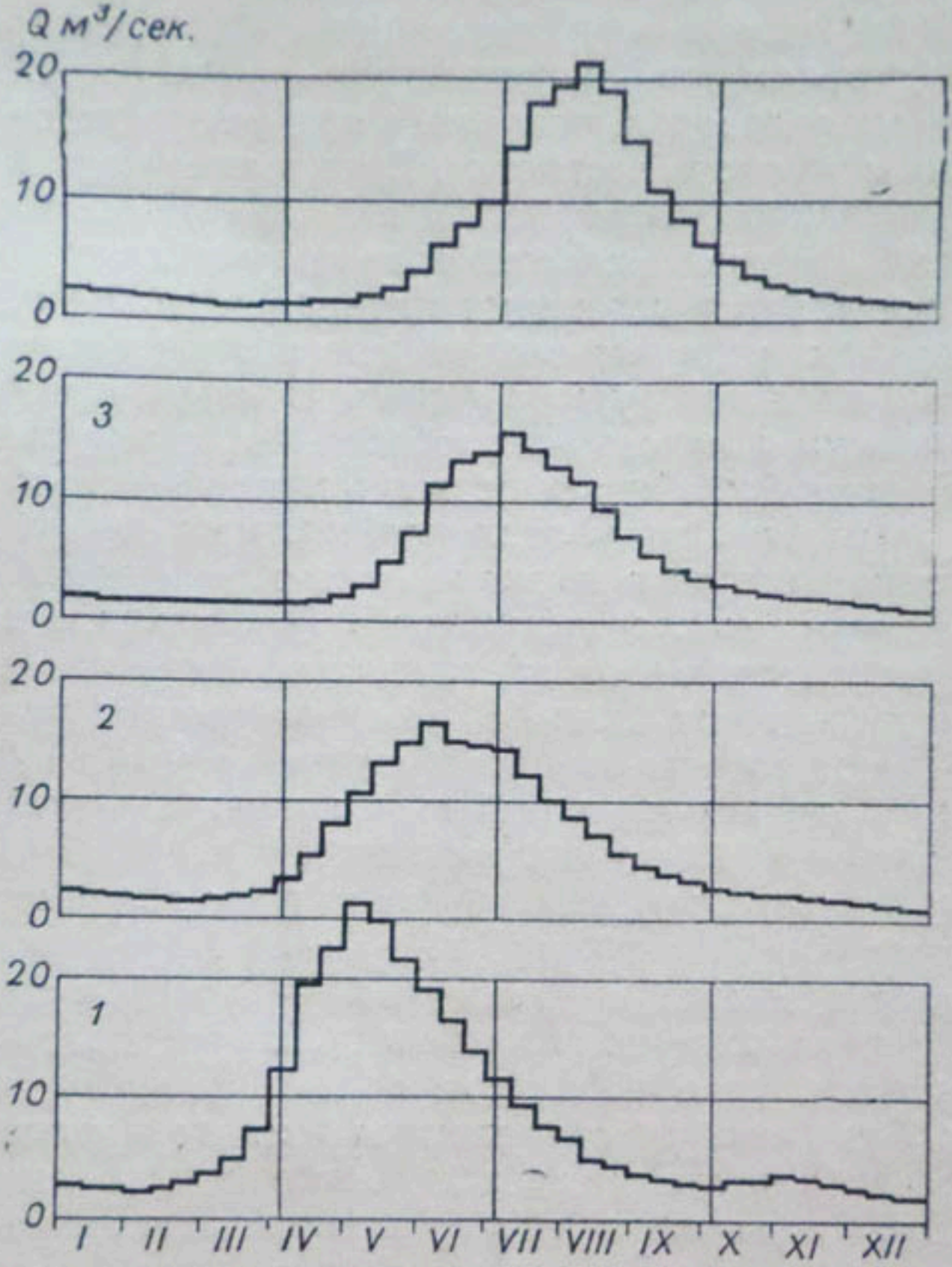

Рис. 41. Гидрографы средних многолетних расходов воды (1936—1960 гг.) рек снегово-дождевого (*1*—Майлису), снегового (*2* — Падшаата), снегово-ледникового (*3*—Карабалты) и ледникового (*4*—Джуука) питания.

потепления и таяния, наблюдается более раннее наступление половодья. Исключение не составляет и Иссык-Кульский бассейн, континентальность климата которого хотя в общем и сильно смягчается оз. Иссык-Куль, но не в отношении характера смены холодного периода теплым и нарастания весенних температур. Таким образом, влияние высотного положения бассейна носит районный характер.

В зависимости от общих условий каждого отдельного года, от размеров запаса снега и развития погодной обстановки сроки начала и окончания половодья подвержены значительным колебаниям относительно средних дат. По сведениям И. А. Ильина [37], для рек Приферганья отклонения начала половодья от его средних дат могут достигать на разных реках от 13 до 40 дней.

Для общего хода изменения расходов половодья характерно их постепенное возрастание с меженных уровней до достижения гребня или максимума половодья, после чего начинается постепенный спад расходов до меженного состояния. Время наступления максимума половодья, обязанного таянию основных запасов снега и льда в бассейнах, также связано с классностью рек, поскольку оно главным образом определяется условиями питания реки. Чем ниже классность реки, тем основные запасы снега сосредоточены в более низких зонах, характеризуемых ранним таянием, и тем раньше наступает максимум половодья и, наоборот, чем выше классность, чем выше расположен бассейн, тем позже момент максимума половодья. В связи с этим время наступления максимума в виде месяца с наибольшим стоком вошло в качестве одного из критериев определения классности рек по классификации В. Л. Шульца. Как было показано при рассмотрении классификации рек, наиболее поздние максимумы половодья, приходящиеся на июль и август, присущи рекам ледниково-снегового питания, более ранние, приходящиеся на май, июнь,— рекам снегово-ледникового питания, на апрель — май — рекам снегового и снегово-дождевого питания.

Максимум половодья разграничивает фазу подъема и спада половодья (рис. 42). На высокогорных реках фаза подъема оказывается продолжительной, а фаза спада — крутой и короткой. Обратная картина характерна для низкогорных рек; здесь резкой и короткой является фаза подъема и пологой и продолжительной — фаза спада. Эти различия объясняются тем, что в условиях высокогорных бассейнов обильные запасы снега и льда находятся в верхних высотных зонах, где таяние происходит лишь в разгар лета — в июле и августе. До этого же времени в течение длительного периода половодный сток поддерживается за счет таяния лишь второстепенных запасов снега в более низких зонах. После того как завершается таяние в верхних зонах, в связи с закономерным нисходящим перемещением фронта снеготаяния в том же направлении происходит резкое выключение зон таяния и последовательное и довольно быстрое выключение высотных зон из активного питания (за счет выпадения жидких осадков), наступает короткий и сравнительно интенсивный спад половодья. В низкогорных бассейнах таяние основных запасов снега наступает быстро, но затем в течение продолжительного времени половодный сток еще поддерживается за счет таяния второстепенных запасов снега в верхних зонах, а также за счет выпадения жидких осадков. Все это обеспечивает длительность фазы спада половодья на низкогорных реках. Таким об-

разом, если поступление второстепенных масс талых и дождевых вод на высокогорных реках происходит до наступления фазы максимума половодья, то на низкогорных реках эти массы поступают после максимума половодья.

Все сказанное в отношении максимума половодья, фаз его подъема и спада относилось к многолетним средним условиям. При рассмотрении отдельных реальных лет картина может быть и иной.

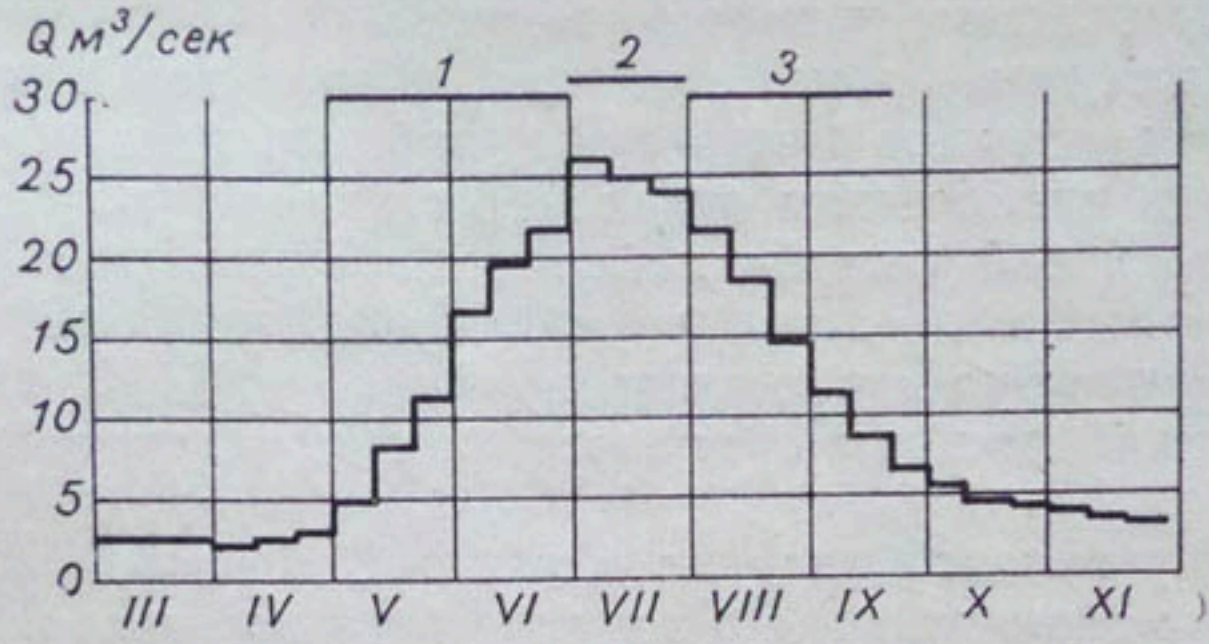

Рис. 42. Расходы половодного периода, р. Урмарал — пост Октябрьское (1936—1960 гг.).

1 — фаза подъема половодья, *2* — максимума, *3* — спада.

Понятие основных зон питания стока, с которым связано наступление максимума половодья, продолжительность его фаз подъема и спада, из года в год подвержено известным пространственным колебаниям. Эти колебания обусловлены изменчивостью высотного распределения осадков и бассейна, особенностями прихода тепла и тающей снеговой или ледовой поверхности, условиями выпадения концентрированных жидких осадков. Совокупное воздействие всех перечисленных факторов в каждый отдельный год может привести и приводит к определенным особенностям в развитии стока половодья.

При упоминаниях о фазах подъема и спада половодья имелись в виду фоновые, действующие длительное время закономерности хода половодного стока. Если обратиться к рассмотрению кратковременных изменений стока, то необходимо отметить, что максимальный расход половодья, являющийся, как правило, и максимальным годовым расходом, может совпасть и не совпасть с максимальной фазой. В зависимости от общих географических особенностей речных бассейнов в одних случаях это может быть обусловлено своеобразием накопления запасов снега в бассейне и кратковременным особо интенсивным развитием процесса таяния, в других, более многочисленных случаях,— выпадением мощных

жидких осадков. После прохождения такого кратковременного паводкового пика, представляющего максимум абсолютных расходов половодья, общий фон развития стока восстанавливается и входит в нормальное русло развития основных фаз подъема, максимума и спада.

Наступление половодного периода как периода активного стокообразования может быть связано с началом таяния в нижних частях горного бассейна, где оно наступает раньше всего. Таяние снега, как отмечалось выше, протекает в некоторой полосе, заключенной между фронтом и тылом снеготаяния. Очевидно, наиболее интенсивное развитие процесса таяния снега, а вслед за тем и развитие стока будет иметь место в тех случаях, когда фронт снеготаяния будет в наибольшем отдалении от тыла (что связано с поступлением тепловой энергии к тающей поверхности), когда горизонтальное протяжение зоны таяния будет наиболее значительным (т. е. таяние будет протекать в расширенной части бассейна) и вертикальная мощность запасов тающего снега будет наибольшей.

О приходе тепловой энергии к тающей снеговой поверхности приближенно можно судить по ходу температур воздуха. При ознакомлении с общими чертами климата Киргизии было отмечено, что характерным для развития летней погоды является периодическое возникновение в непосредственной близости от нее условий термической депрессии, при которых в течение нескольких дней наблюдается энергичный рост температур. В этих условиях фронт снеготаяния быстро перемещается вверх, разрыв между фронтом и тылом увеличивается, таяние резко усиливается, расходы воды возрастают. По прохождении состояния термической депрессии, при наступлении относительного похолодания, фронт и тыл снеготаяния сближаются, интенсивное таяние приостанавливается, сток сокращается. При особо неблагоприятных условиях — значительном похолодании в зоне таяния — фронт снеготаяния может оказаться ниже тыла, что, естественно, влечет за собой полное прекращение таяния и сильное сокращение стока, который будет поддерживаться лишь за счет притока имеющихся в бассейне запасов подземных вод. Смена таких условий усиления и ослабления таяния в течение половодного периода соответственно отражается и на ходе стока: периодически возникают паводки, кратковременные подъемы расходов, чередующиеся со спадами. Следует отметить, что благодаря особенностям формирования и притока подземных вод в фазе подъема половодья наблюдается также постепенное повышение и межпаводковых спадов. Это, так же как и отмеченная непрерывность руслового стока при прерывистом характере поступления талых вод на поверхность бассейна, является выражением грунтовой зарегулированности стока, включающей протекающие одновременно с таянием образование запасов подземных вод в бассейне, и их непрерывное расходование на сток тем больше, чем больше размеры подземных вод.

Здесь были рассмотрены лишь термические условия стокообразования и их роль в изменениях стока. Несомненно, при одних и тех же условиях стокообразование будет протекать тем более энергично, чем больше будут запасы тающего снега, которые, с одной стороны, определяются вертикальной мощностью снежного покрова, с другой,— горизонтальной развитостью частных площадей бассейна, приходящихся на те или иные высотные ступени. Как уже отмечалось, наиболее значительные по мощности запасы снега образуются, как правило, в верхних зонах речных бассейнов, хотя и здесь возможны определенные колебания. Точно так же наибольшее развитие частных площадей по высотным ступеням, как правило, приходится на средние и верхние части бассейнов. Поэтому, как бы ни были благоприятны термические условия в начальной стадии половодного периода в самой ранней стадии на низкогорных реках и довольно продолжительной начальной фазе половодья на высокогорных, сток в это время благодаря неразвитости частных площадей и незначительности запасов тающего снега не достигает значительной силы. Силу он набирает постепенно, становясь все более мощным к фазе максимума половодья. Эта же схема приложима и к фазе спада половодья на низкогорных реках.

Влияние осадков, выпадающих в период начавшегося таяния, на половодные расходы связано с видом осадков, со временем их выпадения и количеством. Не всякое выпадение осадков влечет за собой немедленное, явно связанное с выпавшими осадками, увеличение расходов воды, хотя рано или поздно оно должно найти отражение в общем стоке. Так, осадки, выпавшие в твердом виде, сначала сокращают расход воды. Это объясняется тем, что свежевыпавший снег, обладая огромной отражательной способностью, сильно ослабляет приток тепла к поверхности тающего снега. Также к сокращению расходов воды обычно приводят и осадки, выпавшие в жидком виде в большом количестве. Выпадение осадков и облачная погода, сопровождающаяся неизбежным ослаблением притока тепла, вызывают уменьшение талого стока, что не всегда компенсируется поступившим на поверхность бассейна объемом жидких осадков, точнее той их частью, которая быстро стекает поверхностным путем. Лишь тогда, когда такая компенсация не только достигается, но и превышается, выпадение жидких осадков обусловливает увеличение расходов воды в реке. Это имеет место тогда, когда размеры осадков значительны и выпадают они также на значительной части бассейна. Такие дождевые паводки могут быть весьма мощными.

Выше, в качестве отличия режима половодья горных рек от половодий на равнинных реках зоны средних широт указывалось свойство умеренности половодных расходов, как и большой продолжительности и растянутости половодного периода на горных реках. В отношении общего объема половодного стока эти два свойства действуют в противоположных направлениях: первое из них снижает объем стока половодья, а второе, наоборот, увеличивает его.

Таблица 47

Многолетние данные о времени половодного периода и доле стока половодья в годовом стоке

Река	Пункт	Календарное время половодного периода	Доля половодного стока в годовом стоке	Река	Пункт	Календарное время половодного периода	Доля половодного стока в годовом стоке
Нарынский бассейн							
Большой Нарын	Устье	IV—IX	0,81	Джергетал	Джергетал	IV—IX	0,81
Малый Нарын	Устье	IV—IX	0,86	Кекджерты	х. Актала	IV—IX	0,78
Нарын	г. Нарын	IV—IX	0,83	Атбаши	Устье р. Ичкекоманда	IV—IX	0,80
Нарын	Устье р. Кекджерты	IV—IX	0,81	Атбаши	кишл. Джангизтал	V—IX	0,56
Нарын	Устье р. Кекирим	IV—IX	0,75	Кекемерен	Выше устья р. Джумгал	IV—IX	0,80
Нарын	п. Токтогул	IV—IX	0,76	Кекемерен	Устье р. Джумгал	IV—IX	0,77
Нарын	кишл. Уч-Курган	IV—IX	0,76	Узунахмат	Устье р. Устасу	IV—IX	0,80
Онарча	кишл. Онарча	IV—IX	0,79				
Приферганский бассейн							
Гава	Устье р. Терс	III—VIII	0,86	Майлису	Устье р. Кайрагач	III—VII	0,72
Гава	кишл. Гава	III—VIII	0,84	Шайдан	кишл. Шайдан	III—VII	0,69
Падшаата	Устье р. Тос	IV—IX	0,80	Тентяксай	кишл. Чарвак	III—VIII	0,80
Афлатуи	с. Афлатуи	IV—VIII	0,64	Кугарт	с. Михайловское	III—VIII	0,83
Карасу	Устье	III—VIII	0,77	Чангет	кишл. Чангет	III—VII	0,69
Зергер	кишл. Тассай	III—VII	0,78	Киргизата	кишл. Киргизата	IV—IX	0,83
Доигузтау	кишл. Доигузтау	III—VIII	0,82	Косчан	кишл. Косчан	IV—IX	0,84

Кульдук	кишл. Сары-Булак	III—VIII	0,80	Шанкол	кишл. Шанкол	IV—IX	0,85
Яссы	с. Саламалик	IV—VIII	0,85	Абшир	кишл. Учтерек	IV—IX	0,70
Карадарья	п. Кампыр-Рават	IV—IX	0,78	Исфайрам	Уч-Коргон	V—IX	0,67
Каракульджа	кишл. Акташ	IV—IX	0,85	Шахимардан	Паульган	V—IX	0,60
Тар	кишл. Чалма	IV—IX	0,83	Сох	кишл. Сары-Канда	V—IX	0,79
Куршаб	с. Гульча	IV—IX	0,74	Исфара	кишл. Таш-Курган	V—IX	0,77
Акбура	кишл. Тулейкен	IV—IX	0,75	Ходжабакирган	кишл. Кызыл-Танга	V—IX	0,74
Араван	п. Янги-Наукат	IV—IX	0,82				

Чаткальский бассейн

Чаткал	Устье р. Терс	IV—IX	0,80	Терс	Устье	IV—IX	0,82
Чаткал	Устье р. Найза	IV—IX	0,79				

Иссык-Кульский бассейн

Тюп	с. Сартологой	IV—IX	0,81	Тамга	с. Тамга	V—IX	0,71
Джиргалан	с. Советское	IV—IX	0,82	Тосор	Устье р. Кодол	V—IX	0,71
Тургеньаксу	п. Лесозавода	IV—IX	0,82	Тон	с. Турасу	V—IX	0,70
Аксу	с. Теплоключинское	IV—IX	0,85	Аксай	с. Коксай	V—IX	0,67
Аксу	Минеральные Ключи	IV—IX	0,80	Улахол	с. Улахол	V—IX	0,71
Каракол	Устье р. Каскасу	IV—IX	0,82	Торайгыр	Устье р. Кызылбулак	IV—VIII	0,50
Ирдык	с. Мариинское	IV—IX	0,76	Чонкойсу	с. Курское	V—IX	0,79
Джетыогуз	п. Лесозавода	IV—IX	0,82	Чолпоната	свх Чолпон-Ата	IV—IX	0,78
Чонкызылсу	Лесной Кордон	IV—IX	0,84	Чонаксу	с. Григорьевское	V—IX	0,73
Кичекызылсу	с. Покровское	IV—IX	0,80	Кичеаксу	с. Семеновское	V—IX	0,72
Джуука	Устье р. Джуукучак	V—IX	0,77	Чонурюкты	Совхоз	IV—IX	0,81
Джергельчак	Лесозавод	V—IX	0,79	Уйтал	с. Алексеевка	IV—VIII	0,71
Барскон	Устье р. Сасык	V—IX	0,84	Кутурга	с. Кутурга	IV—VIII	0,59

Река	Пункт	Календарное время половодного периода	Доля половодного стока в годовом стоке	Река	Пункт	Календарное время половодного периода	Доля половодного стока в годовом стоке
			Чуйский бассейн				
Каракуджур	с. Сары-Булак	V–IX	0,61	Иссыката	с. Юрьевское	V—IX	0,67
Тюлек	аул Тюлек	V—IX	0,65	Аламедин	Устье р. Чонкурчак	V–IX	0,79
Джуванарык	с. Кумбель-Ата	V—IX	0,71	Чонкурчак	Устье	V—IX	0,60
Суек	Устье р. Ичкесай	V—IX	0,78	Алаарча	Устье р. Кашкасу	V—IX	0,77
Каракол	Устье р. Ирису	V—IX	0,83	Кашкасу	Устье	IV—IX	0,74
Кочкор	с. Кочкорка	V—IX	0,53	Джаламыш	клх им. Чапаева	V—IX	0,65
Чу	с. Кочкорка	V—IX	0,56	Сокулук	с. Белогорка	V—IX	0,79
Чон-Кемин	Устье	V—IX	0,68	Аксу	Чон-Арык	V—IX	0,77
Кичекемин	свх им. Ильича	IV—IX	0,72	Карабалты	с. Сосновка	V—IX	0,76
Кызылсу	с. Бала-Булак	IV—IX	0,71	Чонкаинды	ущ. Чонкаинды	V—IX	0,78
Шамси	Лесной кордон	V—IX	0,77	Джарлыкаинды	с. Орто-Арык	V—IX	0,74
Кегеты	Лесной кордон	V—IX	0,78				
			Таласский бассейн				
Каракол	с. Чатбазар	V—IX	0,72	Бешташ	Головной арык Саз	V—IX	0,79
Учкошой	с. Чатбазар	V—IX	0,73	Нельды	ур. Джурга	IV—VIII	0,77
Талас	с. Чатбазар	V—IX	0,70	Урмарал	с. Октябрьское	V—IX	0,78
Талас	с. Кировское	V–IX	0,57	Кумыштаг	Головной арык Янги	V—IX	0,79
Колба	с. Колба	V—IX	0,64	Карабура	ущ. Коксай	V—IX	0,77
Кенкол	Устье р. Терскол	IV—IX	0,82	Куркуреусай	ур. Чон-Курчан	V—IX	0,72

В связи с этим общий объем половодного стока в годовом стоке в большинстве случаев оказывается примерно таким же, как и на равнинных реках. Как следует из табл. 47, доля половодного стока в годовом стоке рек Киргизии в общем составляет 70—80%. Правда, в отдельных случаях эта величина снижается до 55—60% или поднимается до 85%. Отсюда следует, что половодный сток занимает главенствующее место в годовом стоке рассматриваемых рек. Понятно, что при хозяйственном использовании стока особое внимание должно быть обращено на максимально полное использование стока половодного периода.

Глава XI

МЕЖЕННЫЕ РАСХОДЫ

Меженный период — вторая половина стокового года, следующая за паводковым периодом. В сравнении с паводками меженный период характеризуется невысокими и довольно устойчивыми расходами. Временные границы и продолжительность меженного периода, доля меженного стока в общем годовом стоке связаны с тем,

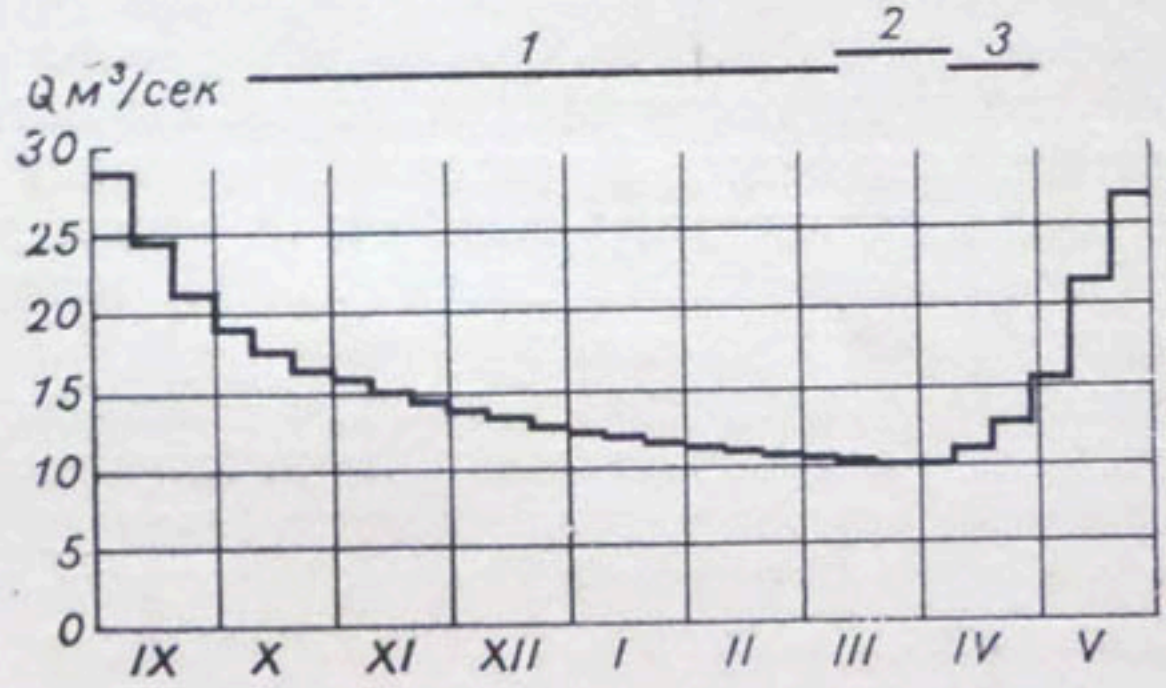

Рис. 43. Расходы меженного периода, р. Исфайрам — пост Уч-Коргон (1936—1960 гг.).
1 — фаза спада, *2* — минимума, *3* — начавшегося подъема.

что по этому поводу было сказано в отношении периода половодья и его стока. Поэтому нет необходимости останавливаться на этих вопросах еще раз.

Меженный период — время расходования на сток запасов устойчивых подземных вод в бассейне. Основные закономерности стока меженного периода определяются условиями притока этих вод в русловую сеть. В общем случае меженный период может быть подразделен на три фазы: фазу спада, фазу минимума и фазу начинающегося подъема стока (рис. 43).

Фаза спада стока охватывает на реках Киргизии большую часть меженного периода и характеризуется постепенным и плавным снижением расходов воды с начала межени. Такой характер изменения расходов соответствует постепенному истощению запасов подземных вод в бассейне. Заключительной стадией снижения расходов является фаза минимума расходов. Она наступает незадолго до окончания меженного периода, в январе — феврале на низкогорных и в марте — апреле на высокогорных реках. Расходы в это время определяются наиболее низким уровнем притока в русловую сеть грунтовых вод при отсутствии притока поверхностных вод. Фаза начинающегося подъема — обычно кратковременная заключительная часть меженного состояния. В это время, несмотря на продолжающееся сокращение притока в русловую сеть подземных вод (этот приток, естественно, становится еще более низким, чем даже в фазу минимума стока), общие размеры стока более или менее возрастают за счет подтаивания ледяных образований в русле, начавшегося в нижних зонах речных водосборов таяния сезонного снега и выпадения жидких осадков, поступления в русловой сток поверхностных и подвижных грунтовых вод. Но в отличие от половодного периода поступление этих вод пока еще совершается в небольших размерах.

Казалось бы, подземное питание, в зимнее время являющееся исключительным, должно обусловить отсутствие разносторонних колебаний расходов воды. На самом деле колебания стока имеют место. Они обусловлены поступлением дождевых вод в осенний период, всевозможными ледовыми явлениями в зимний период, приводящими то к задержанию или ослаблению стока, то, наоборот, к усилению. Порой возможны и значительные колебания — прохождение осенних и зимних паводков.

Осенние паводки, проходящие в октябре — ноябре, в Киргизии имеют ограниченное распространение. Они наблюдаются только на реках, стекающих с юго-западных склонов Ферганского хребта (реки Майлису, Кугарт, Тентяксай, Чангет, Яссы и их притоки). Эти реки имеют низкогорные бассейны, климатические условия здесь отличаются, с одной стороны, наибольшей в пределах Киргизии продолжительностью теплого полугодия и, с другой стороны, наличием наряду с весенним резко выраженного осеннего максимума в ходе осадков. Результатом сочетания всех этих условий и являются осенние паводки на названных реках (рис. 44). Осенние паводки как по продолжительности, так особенно по масштабам имеют, конечно, значительно более сдержанный характер, чем весенне-летние паводки. В других районах Киргизии осенние паводки (за пределами Киргизии, на реках западных окраин Тянь-Шаня они представляют распространенное явление) не наблюдаются, что является следствием сглаженности осеннего максимума осадков, более раннего наступления осеннего похолодания и более высокого гипсометрического положения речных водосборов.

Своеобразие зимних паводков заключается в том, что они, во-первых, не связаны не только с поступлением вод на поверхность

бассейна, но даже с притоком вод в русловую сеть и, во-вторых, они представляют локальные по длине рек явления, возникая лишь на определенных участках и быстро затухая по прохождении некоторого сравнительно небольшого расстояния. Во всем остальном на сравнительно коротком участке своего прохождения они подобны

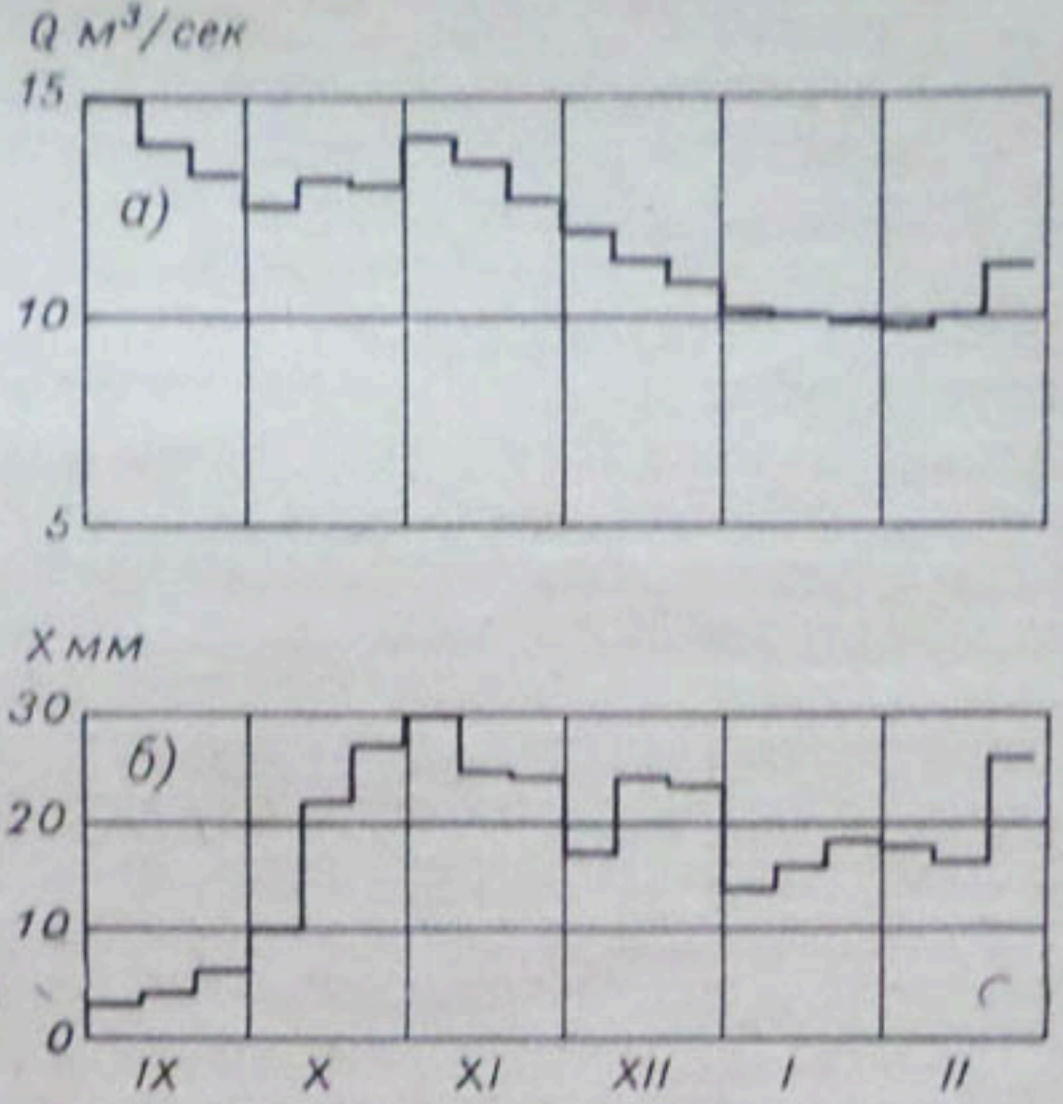

Рис. 44. Осенний паводок (*а*) и осенние осадки (*б*), р. Тентяксай — пост Чарвак.

обычным летним паводкам. Таким образом, зимние паводки, в отличие от весенне-летних и осенних, представляют результат лишь перераспределения русловых вод во времени и по участкам течения.

Образование зимних паводков характерно для горных течений многих рек. Они возникают в обстановке довольно продолжительного стояния холодной погоды, сопровождающегося возникновением на благоприятных для этого участках русла зажоров, а порой и заторов, с поднятием уровня воды выше участка зажора и накоплением значительных запасов воды. Снос зажорных плотин и прорыв этих запасов создают местные паводки, которые в районах своего возникновения могут достигать большой силы.

В качестве примера зимних паводков можно указать на паводок, прошедший 27/XI 1962 г. на р. Сокулук, в районе гидрологического поста. По наблюдениям и описанию работников гидрометеорологической станции Фрунзе события развивались следующим образом. С 12/XI установилась холодная погода. К 8 час. 24/XI температура воздуха на посту понизилась до −23,4°. С 18/XI на реке появились ледяные образования — забереги, достигшие к 26/XI

2—2,5 м с каждого берега. В двадцатых числах начали возникать зажоры: один образовался 24/XI ниже водпоста и вызвал подъем уровней на посту с 24 до 88 см, основной зажор возник в 3,5 км выше поста на расширенном участке долины с низкими пойменными берегами и создал подпор на расстояние 300 м вверх по реке. Зажоры были также на расстояниях 700, 1240 и 1390 м выше поста. С 26/XI началось потепление. В 8 час. 27/XI температура воздуха была равна −14,9°, а к 12 час. поднялась до +2°. Началось подтаивание заберегов, размеры которых в ширину сократились на 0,5 м. В 13 час. 30 мин. произошел прорыв зажоров, и по реке с сильным шумом прошла паводковая волна высотой в 2,5—3 м, состоявшая из воды, льда, шуги и донных отложений. На берегах остались нагромождения льдин размерами до 1,5 м при толщине до 0,5 м. Наряду с отложениями донного льда кое-где на пойме остались тонкие слои песка и гальки.

Прохождение паводковой волны сопровождалось образованием недолговременного затора в 110 м выше поста. В этом месте русло сужено огромными валунами, а пойма стеснена древесной растительностью. Проплывающие здесь льдины сгрудились между валунами и деревьями, образовав плотину, причем продолжавшие подходить с большой скоростью льдины взлетали вверх на 5—7 м, ударяясь о плотину. Через 20 мин. плотина была прорвана и паводковая волна проследовала вниз по течению реки.

Высота паводковой волны и максимальный расход паводка были чрезвычайными. Металлический гидрометрический мостик, рассчитанный на пропуск расходов летних паводков весьма малой обеспеченности, примерно на 1 м оказался под водой и был унесен потоком. Оказались разрушенными постовые сооружения, деревянный мост через реку и голова водозаборного канала вблизи поста.

Таким образом, периодическое возникновение зажоров и заторов вызывает определенные колебания в ходе зимнего меженного стока, носящие строго локальный характер: колебания уровней воды в ту и другую сторону, понижение расходов воды при образовании зажоров выше места наблюдения, прохождение паводков при прорыве зажоров и последующее восстановление нормального хода уровней и расходов. При этом нужно считаться и с тем, что зимние паводки на участках их прохождения могут достигать большой силы, а в некоторых случаях, как это было в приведенном примере, даже превосходить летние паводки.

Ледовые явления, играющие чрезвычайно большую роль в режиме меженного стока, в зависимости от высотных и гидрографических условий участков течения, а также особенностей питания, представляют на реках Киргизии весьма сложную картину по видам и их распределению.

Рассматривая ледовые явления на реках горной области Средней Азии, В. Л. Шульц [108] отмечает наличие условий, благоприятствующих динамическому ледообразованию: больших скоростей течения, каменистых и порожистых русел и др., в связи с чем наиболь-

шее распространение здесь получают плывущие ледовые образования, представленные почти исключительно шугой. Ледостав на реках горной области носит локальный характер, встречаясь на участках расширений долин с характерными для них относительно умеренными уклонами. В отдельных, особо благоприятных, условиях ледостав может быть длительным, например на р. Кумтор, представляющей один из истоков р. Нарын и вытекающей из озера у ледника Петрова, продолжительность ледостава составляет до двухсот дней, как это свойственно рекам Сибири: Енисею, Лене, Колыме и другим. Из стационарных ледяных образований для горной области более типичными являются забереги, ледяные мосты и перемычки и т. п.

М. С. Рамазан [93] в отношении интенсивности шуго-ледовых явлений по участкам течения рек дает следующую типовую схему. В верхнем течении, охватывающем все горное течение рек и характеризующемся большими уклонами, сосредоточенным потоком и высокими скоростями течения шуго-ледовые явления получают наибольшее развитие и представлены донным льдом, заберегами, ледяными мостами. В предгорных течениях рек, где одна часть стока отводится каналами, другая расходуется на фильтрацию в грунты, а оставшаяся небольшая часть протекает в условиях пониженных уклонов и скоростей, возможно и промерзание потока. В нижних долинных течениях рек, где русловой сток пополняется за счет притока грунтовых вод вследствие повышенной температуры последних, ледовые явления отсутствуют или сильно ослаблены.

По нашему заданию в зиму 1959-60 г. в Алаарчинском бассейне А. М. Панасюком велись специальные наблюдения за ледовым режимом рек бассейна. Эти наблюдения показали следующее. На наиболее мощных по стоку притоках родникового происхождения с небольшим поверхностным пробегом (Саватар, Перевалочные Ключи, Исаликма) в течение всей зимы ледовые явления совершенно отсутствуют (если не считать незначительный лед на берегах за счет набрызгивания). На подобных же притоках с небольшими расходами воды и более длительным поверхностным пробегом (Алагуш, Кунтибес, Сарыкунгей, Балахман) ледовые явления представлены заберегами, а в середине зимы — также ледяными перемычками, местами ледоставом без шуги. На остальных притоках реки в среднем и нижнем ее течении образуется ледостав мощностью до 0,5 м, на некоторых — ледостав с полыньями и шугой. На притоках верхнего течения реки, берущих начало от ледников (Джетысу, Туюк, Топкарагай), мощный ледостав достигает 1 м толщины и имеет характер наледи. При впадении в р. Алаарча эти притоки образуют мощные наледи многоярусной структуры с обширными наплывами. Такие образования достигают 200 м в длину и 50 в ширину.

Сама р. Алаарча в верхнем течении покрывается сплошным ледоставом (толщина льда от 0,2 до 0,7 м) с редкими полыньями. В среднем течении реки после впадения притоков Перевалочные Ключи

и Саватар (расход р. Алаарча перед впадением этих притоков равен 0,2 м³/сек., суммарный приток Перевалочных Ключей и Саватора — 0,5 м³/сек.) в результате отепляющего воздействия вод этих притоков ледовые явления на реке исчезают. Они появляются вновь, лишь спустя 5—6 км вниз по течению, в виде слабых заберегов, спустя еще 5—6 км ледовые образования становятся более интенсивными — появляются более мощные забереги, местами ледяные мосты, временами шуга и донный лед.

Изложенная картина ледовой обстановки в бассейне относится к середине зимнего периода. В соответствии с изложенной интенсивностью ледовых явлений находится и их продолжительность — начало и окончание, усиление и ослабление проявлений ледового режима.

Картина ледовых явлений в Алаарчинском бассейне показательна и в отношении роли концентрированных выходов подземных вод. Действительно, наряду с климатической и зональной обусловленностью в ряде случаев выходы подземных вод, оказывающих на поток отепляющее воздействие и представляющих азональный фактор, сильно осложняют картину распределения ледовых явлений по рекам и их участкам. Участки с интенсивным ледообразованием сменяются участками, где при значительных поступлениях в русло подземных вод лед отсутствует, затем снова участками с ледовыми явлениями и т. д. (табл. 48).

Влияние ледовых явлений на ход расходов воды сказывается не только в виде зажорных образований и связанных с ними зимних наводков. В обстановке холодной погоды сток частично расходуется и задерживается в русле в виде различных ледяных образований: ледостава, наледей, заберегов, донного льда, ледяных шапок, мостов и перемычек. Общая мощность этих образований может быть весьма значительной. Возникновение и последующий прогресс этих ледяных образований вызывает, естественно, сокращение стока. При наступлении потепления эта задержанная часть стока в результате таяния льда обратно возвращается в русловой сток и способствует его усилению. При стоянии ясной погоды, холодной в ночное время и с прогревом в дневные часы, на нижних участках горного и начальных участках долинного течения рек нередко можно наблюдать суточный ход стока, обусловленный явлениями ночного замерзания и дневного подтаивания.

На рис. 45 приводятся гидрограф суточных расходов р. Чу по посту Кочкорка за меженный период (1936—1966 гг.) и графики средних суточных и 13-часовых температур воздуха за тот же период по гидрометеорологической станции Кочкорка (1881—1960 гг.). На рисунке отчетливо видна зависимость явления руслового ледообразования, консервации части стока и обратного возврата законсервированной воды в сток от температурных условий. Несомненно, что известное участие в этой зависимости принадлежит и защитному воздействию самих ледовых образований от дальнейшего охлаждения потока.

Таблица 48

Интенсивность ледовых явлений

Интенсивны	Малоинтенсивны	Отсутствуют
Большой Нарын	Нарын (среднее и нижнее течение: устье р. Кекирим, п. Уч-Курган)	Карасу (правая)
Малый Нарын	Атбаши (нижнее течение)	Карадарья
Нарын (верхнее течение, Кетмень-Тюбинская впадина)	Кекирим	Яссы (нижнее течение)
Онарча	Кёкёмерен (нижнее течение)	Майдан
Джергетал	Джумгал	Майлису
Кекджерты	Ковюксу	Акбура (верхнее течение)
Атбаши (верхнее течение)	Узунахмат	Араван (нижнее течение)
Каракоин	Яссы (верхнее течение)	Косчан (нижнее течение)
Кёкёмерен (верхнее течение)	Кульдук	Исфайрам
Шанкол	Донгузтау	Абширсай
Тамынген	Зергер	Шахимардан
Тюп (верхнее течение)	Каракульджа	Гавасай
Джиргалан (верхнее течение)	Тар	Урюкты
Тургеньаксу	Куршаб	Сох
Бозщук	Кугарт	Ходжабакирган
Каракол (Иссык-Кульский)	Чангет	Аксу (Минеральные Ключи)
Ирдык	Тентяксай	Тон
Джетыогуз	Акбура (нижнее течение)	Аксай (Иссык-Кульский)
Кичекызылсу	Араван (верхнее течение)	Актерек
Чонкызылсу	Киргизата	Чу (Кочкорка, Милянфан)
Джуука	Косчан (верхнее течение)	Кегеты
Джергельчак	Падшаата	Бешташ
Барскон	Кассансай	Карабура
Тамга	Исфара	
Чонаксу	Чаткал	
Кичеаксу	Тюп (нижнее течение)	

Интенсивны	Малоинтенсивны	Отсутствуют
Уйгал	Джиргалан (нижнее течение)	
Кутурга	Аксу (Теплоключинское)	
Каракуджур	Чонкызылсу (верхнее течение)	
Тюлей	Тосор	
Суек	Улахол	
Чу (нижнее течение)	Торайгыр	
Каракол (Кочкорский)	Чонкойсу	
Чон-Кемин (верховья)	Чолпоната	
Туюк	Чонурюкты	
Алаарча	Джуванарык	
Кашкасу	Кочкор	
Джеламыш	Чонкемин (нижнее течение)	
Сокулук	Кичекемин	
Талас (верхнее течение)	Шамси	
Талас (нижнее течение)	Турагаин	
Каракол (Таласский, верхнее течение)	Иссыката	
Учкошой	Аламедин	
Колба	Чонкурчак	
Бешташ	Аксу	
Кенкол	Карабалты	
Нельды	Талас (среднее течение)	
Кумыштаг	Каракол (Таласский, нижнее течение)	
	Урмарал	

В среднем многолетнем разрезе за период с середины ноября до конца января объем воды, консервируемой в русле р. Чу в виде ледовых образований, составляет по разности фактического и восстановленного гидрографов меженного стока 6,5 млн. м^3, или около 2% всего меженного стока. В зиму 1952-53 г. при мощных ледообразовательных процессах объем задержанной воды составил 12 млн. м^3, что соответствует 5% меженного стока за этот год. Это равнозначно стоку с равномерным расходом в 400 л/сек. в течение целого года.

Вблизи поста Кочкорка ледовые явления ввиду обильного поступления здесь в русло подземных вод и их отепляющего воздействия не наблюдаются. Ледообразование и консервация стока имеют место значительно выше, на реках, составляющих р. Чу. Поэтому и на температуры по станции Кочкорка, использованные на рис. 45, нужно скорее смотреть лишь как на относительные характеристики температурного режима в районах ледообразования.

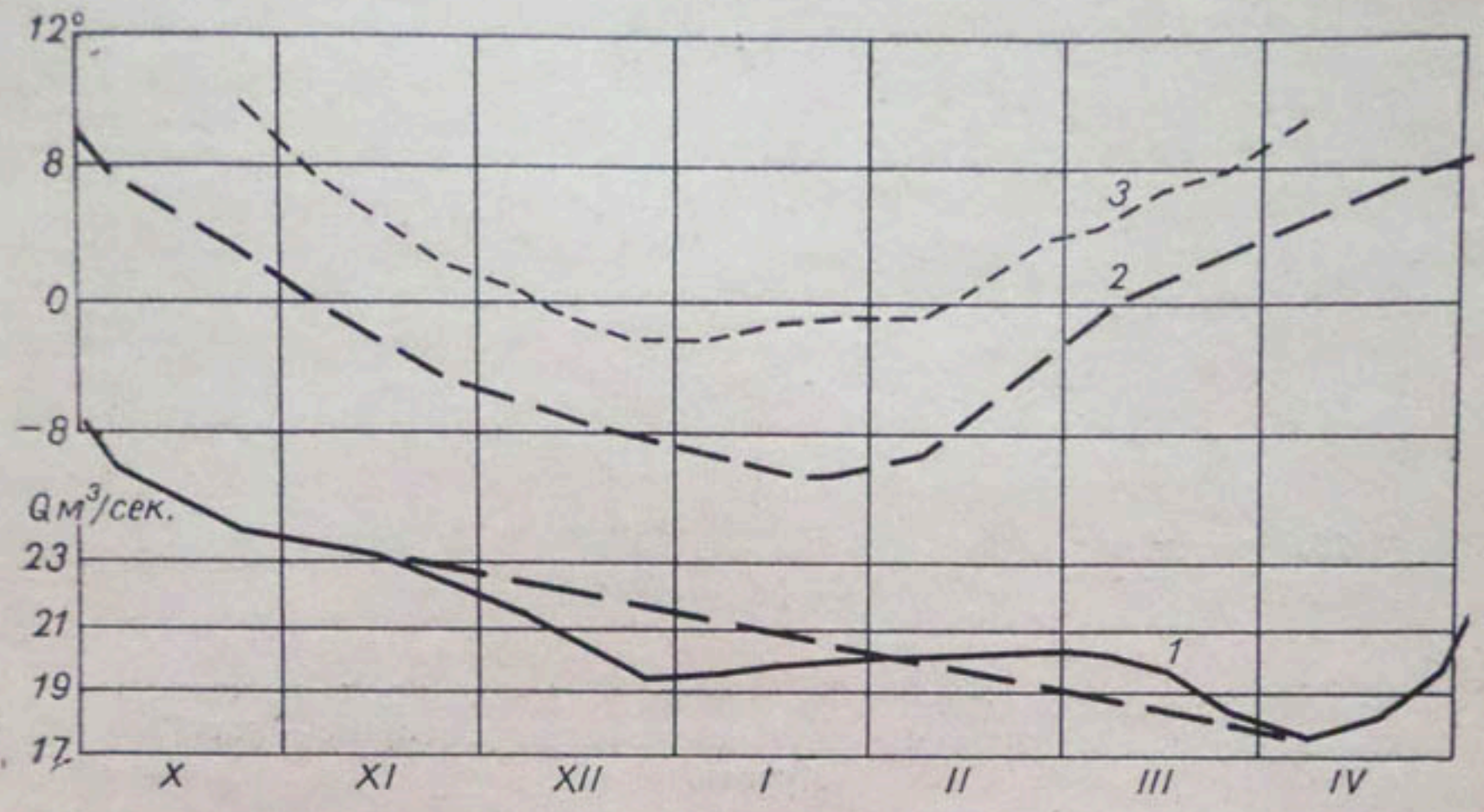

Рис. 45. Многолетний ход температуры воздуха по средним суточным (*2*) и 13-часовым (*3*) данным и расходов воды р. Чу (*1*) по метеостанции и гидрологическому посту Кочкорка.

Прерывистая линия изображает зимний участок гидрографа при предполагаемом отсутствии ледовых явлений.

Именно ледовыми изменениями стока, его задержанием и последующим возвратом объясняется своеобразие гидрографа стока верхнего течения р. Чу в период межени: наступление минимума стока в апреле, перед самым началом паводка, после, казалось бы, уже начавшегося увеличения стока в феврале, обусловленного таянием ледяных образований в русле и обратным возвратом задержанных вод в сток.

Общие закономерности изменения стока меженного периода, как обусловленного поступлением в русловую сеть малоподвижных подземных вод, сформировавшихся в предшествующий половодный период, находят применение и в практике гидрологических прогнозов. Если прогнозные зависимости для половодного периода (месячные, квартальные и вегетационные средние расходы воды) основываются на учете накопления осадков в данный осадковый год, то для меженного периода они строятся на оценке общих запасов подземных вод и фазы их расходования и имеют простой вид

$$Y = f(Q_{\text{предш}}).$$

Длительность предшествующего периода, по которому берутся расчетные расходы, определяется опытным путем. Он, с одной стороны, должен быть возможно коротким и близко примыкающим к прогнозному периоду, поскольку при этих условиях зависимость между предшествующим и последующим периодами будет наиболее тесной. С другой стороны, слишком короткий, пусть даже близкий,

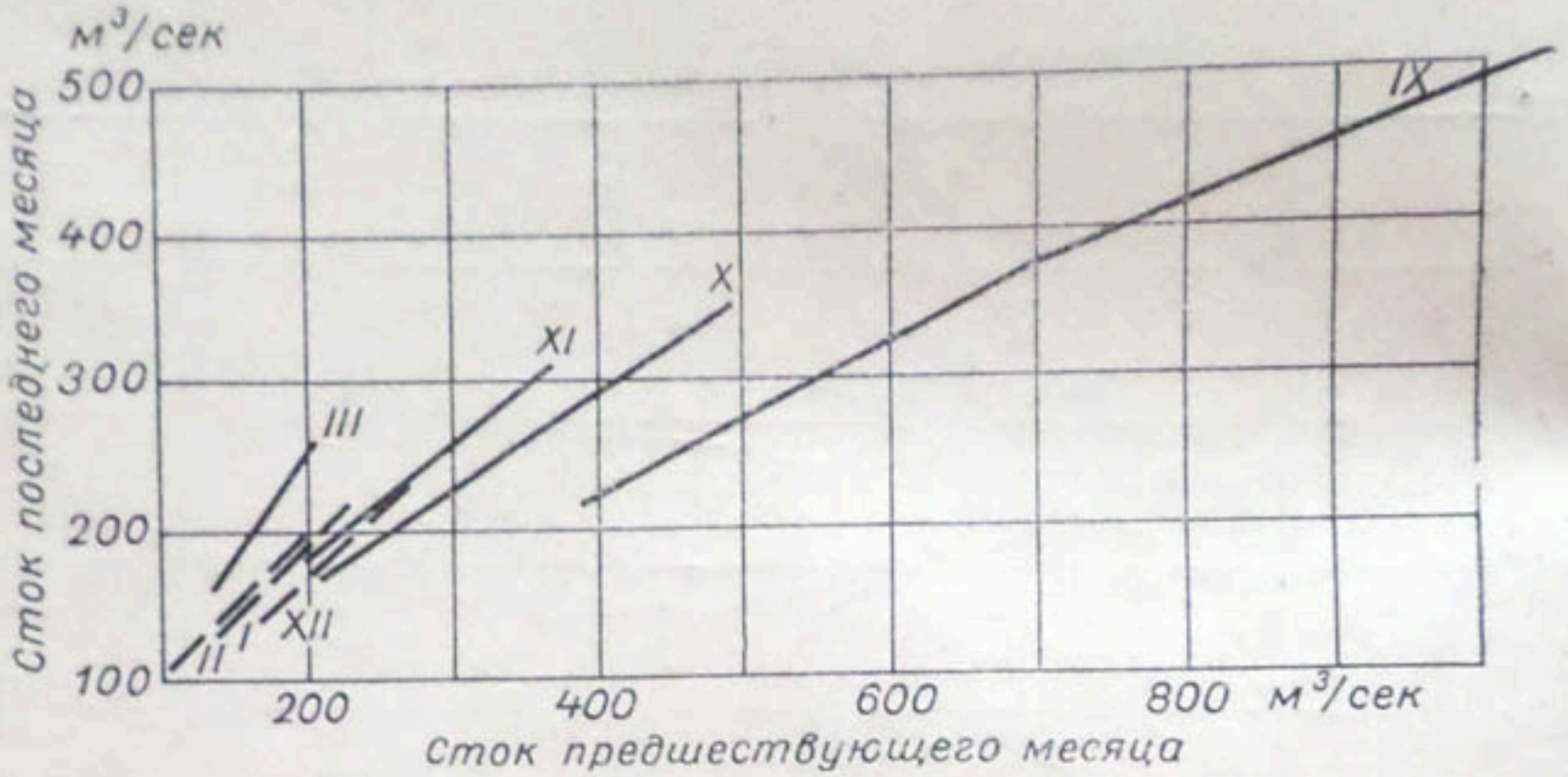

Рис. 46. Зависимость средних месячных расходов воды меженного периода от расходов предшествующего месяца, р. Нарын — пост Уч-Курган.

период будет нести больше индивидуальных черт, присущих лишь этому короткому периоду и не распространяющихся далеко на последующее время. Поэтому здесь необходимо придерживаться некоторой средней линии. Практически этот период бывает равен декаде, двум, а иногда и большим срокам и, естественно, прямо зависит от продолжительности прогнозного периода.

Такой подход к прогнозу стока за отрезки меженного периода является несомненно правильным, хотя нужно отметить, что получающиеся зависимости далеко не идеальны: на основной ход изменения меженного стока накладываются колебания, вызванные ледовыми явлениями, временным задержанием стока в виде ледяных образований и последующим его возвратом в результате таяния этих образований в русловую сеть, а также возможностью некоторого поступления талых и дождевых вод, прохождением на некоторых реках осенних и зимних паводков и др.

В качестве примера на рис. 46 изображен разработанный инженером А. Г. Фокиной (1959 г.) метод прогноза средних месячных расходов воды меженного периода на р. Нарын (в створе Уч-Курганской станции) по средним расходам непосредственно предшествующих месяцев.

Для ряда крупных рек Средней Азии и Южного Казахстана (реки Нарын, Кекемерен, Чирчик, Или, Вахш) И. П. Дружининым,

Б. Г. Коваленко, Н. В. Хамьяновой [29] показана возможность прогноза стока за весь меженный период с большой заблаговременностью в 7 и 8 месяцев. Аргументом здесь служит сток паводкового периода

$$W_{\text{год}} = a W_{\text{IV–VII}} + b \quad \text{или} \quad W_{\text{год}} = a W_{\text{IV–VIII}} + b;$$
$$W_{\text{VIII–III}} = W_{\text{год}} - W_{\text{IV–VII}} = (a - 1) W_{\text{IV–VII}} + b \quad \text{или}$$
$$W_{\text{IX–III}} = W_{\text{год}} - W_{\text{IV–VIII}} = (a - 1) W_{\text{IV–VIII}} + b,$$

где W — сток за период, соответствующий указанным интервалам (в месяцах), a и b — постоянные, определяемые опытным путем.

Иначе говоря, это есть констатация зависимости стока за полный стоковый год от стока за его летнее полугодие (за половодье) и стока межени от стока половодья. Это положение лежит в основе долгосрочных прогнозов стока как за период половодья, так и за период межени.

Глава XII

УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ

Уровни представляют важную характеристику режима рек, выражающую размеры общих и местных запасов воды в бассейне и их состояние относительно прилегающей территории. В то же время зависимость между уровнями и общими запасами воды в бассейне или водностью рек и даже местными запасами воды, рассматриваемыми на ограниченном участке, в непосредственной близости от фиксирующего уровня поста, не является устойчиво однозначной, ее однозначность периодически нарушается.

В рамках каждого периода однозначной связи уровней с расходами воды первые служат практическим средством определения и подсчета стока. Отсюда совершенно ясна огромная роль уровенных наблюдений в системе стационарных гидрометеорологических работ.

Как и все гидрометеорологические характеристики, уровни подвержены изменениям. В числе этих изменений нужно различать изменения, совершающиеся внутри периодов однозначной связи уровней и расходов воды, и изменения, происходящие в промежутки между такими периодами. Изменения уровней внутри периодов однозначной связи уровней и расходов отражают собой колебания стока, которые были рассмотрены выше и которые здесь не будут затрагиваться. Наиболее интенсивно эти изменения протекают, естественно, в период половодья.

Периоды однозначной связи уровней с расходами время от времени прерываются. В одних случаях такие нарушения наблюдаются часто, в других — редко. Необходимо сказать, что в отличие от стоковых характеристик уровенные характеристики не обладают

Таблица 49

Классификация русел по степени их устойчивости

Устойчивые		Среднеустойчивые		Неустойчивые		Особо неустойчивые	
река	пункт	река	пункт	река	пункт	река	пункт
Нарын	г. Нарын	Нарын	кишл. Уч-Курган	Нарын	п. Токтогул	Нарын	Дункур
Акбура	кишл. Тулейкен	Гавасай	кишл. Гава	Атбаши	п. Джангиз-тал	Кугарт	с. Михайловское
Араван	кишл. Янги-Наукат	Яссы	с. Саламалик	Кёкёмерен	Ниже устья р. Джумгол	Карадарья	п. Кампыр-Рават
Сох	кишл. Сары-Канда	Зергер	кишл. Тассай	Падшаата	Устье р. Тос	Куршаб	с. Гульча
Кенкол	Устье р. Терскол	Тар	кишл. Чалма	Майлису	Устье р. Кайрагач	Барскон	Устье р. Сасык
		Исфайрам	п. Уч-Коргон	Тентяксай	Чарвак	Джетыогуз	п. Лесозавода
		Шахимардан	п. Паульган	Шайдан	кишл. Шайдан		
		Чонаксу	с. Григорьевское	Чангет	кишл. Чангет		
		Аксу	Теплоключинское	Яссы	кишл. Узген		
		Тургеньаксу	п. Лесозавода	Кульдук	кишл. Сары-Булак		
		Джуука	Устье р. Джуукучак	Донгузтау	кишл. Донгузтау		
		Чонкызылсу	Лесной Кордон	Каракульджа	кишл. Ак-Таш		

	Тосор	Устье р. Кодол	Ходжабакирган	кишл. Кызыл-Танга
	Чу	п. Кочкорка	Исфара	кишл. Таш-Курган
	Чу	кишл. Кутемалды	Кызылсу	п. Дараут-Курган
	Чу	кишл. Терек-Джон	Тюп	п. Сартологой
	Чу	п. Милянфан	Джиргалан	п. Лизогубовка
	Кегеты	п. Кегеты	Каракол	г. Пржевальск
	Джамалыш	клх им. Чапаева	Чу	п. Бурулдайский мост
	Аксу	п. Чон-Арык		
	Талас	с. Кировское	Чон-Кемин	Устье
	Каракол	с. Чатбазар	Шамси	Лесной Кордон
	Бешташ	п. Лесной Кордон	Иссыката	п. Юрьевка
			Аламедин	Устье р. Чонкурчак
			Чонкурчак	Устье
			Алаарча	Устье р. Кашкасу
			Кашкасу	Устье
			Сокулук	с. Белогорка
			Карабалты	с. Сосновка
			Чонкаинды	ущ. Чонкаинды
			Каракол	п. Акташ
			Талас	с. Чатбазар
			Урмарал	с. Октябрьское
			Карабура	ущ. Коксай
			Куркуреусай	ур. Чон-Курчан

интегральными свойствами; они имеют локальное значение. Поэтому те или иные свойства уровней во всем, что выходит за пределы ограждаемого ими стока, присущи лишь данному створу и могут быть иными для других, пусть даже близких створов. В связи с этим и упомянутые нарушения связи уровней с расходами в строгом смысле будут относиться (во всяком случае в полном виде) только к конкретно рассматриваемому створу и могут не иметь силы для других створов этой же реки.

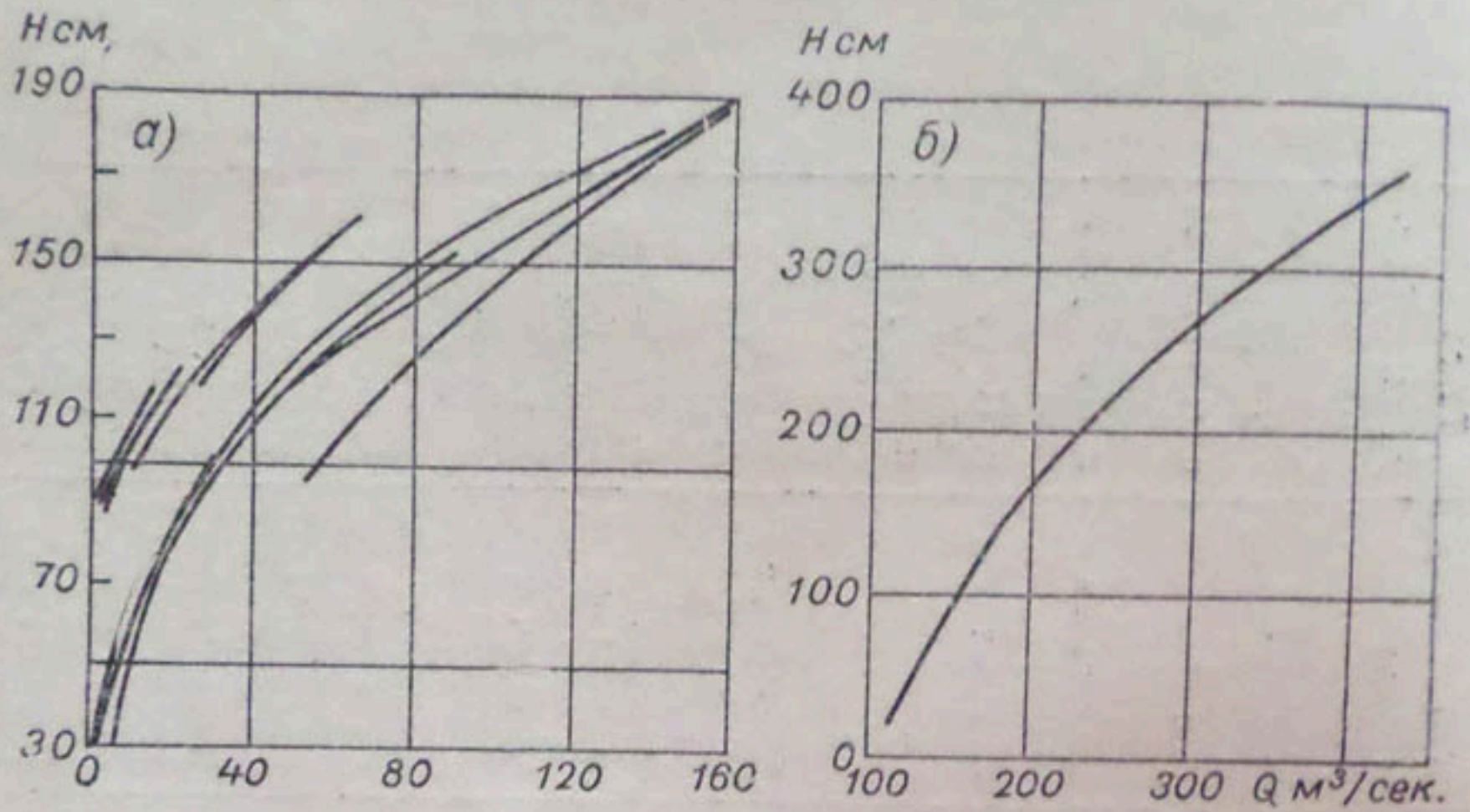

Рис. 47. Кривые связи уровней с расходами воды (1963—1964 гг.) как показатели степени устойчивости русел.

а — р. Кугарт — пост Джергетал (особо неустойчивое русло), *б* — р. Нарын — г. Нарын (устойчивое русло).

Нарушения однозначной связи уровней и расходов являются следствием двух основных причин: деформации русла за счет процессов размыва и намыва и возникновения в русле ледяных образований, вызывающих явления подпора.

Деформация русла — явление, широко распространенное на реках Киргизии. С особенной силой она проявляется в паводки, при высоких и интенсивно изменяющихся значениях расходов воды. Наблюдается прямая связь между мощью паводков данного года и частотой и размахом русловых деформаций.

В табл. 49 створы ряда гидрологических постов по интенсивности русловых деформаций разбиты на четыре группы. К группе устойчивых русел отнесены створы с практически неизменной связью уровней и расходов или с редкими и небольшими изменениями. В группе особо неустойчивых русел объединены створы, в которых русловые деформации часты и имеют большой размах: при одних и тех же по величине расходах изменения уровней исчисляются десятками сантиметров. Промежуточные градации занимают среднее положение между этими крайними группами (рис. 47).

Процесс деформации русла стоит в зависимости от многих факторов гидрологического и геологического порядка. Он представляет отражение общих геологических процессов разрушения и снижения горных поднятий, аккумуляции и повышения уровня окружающих эти поднятия депрессий. Для течения этих процессов характерна неравномерность и скачкообразность во времени и по территории. Такое же свойство присуще и явлениям деформации речных русел. Рассмотрение этих явлений за сравнительно короткие отрезки времени внутри отдельных лет и за ряд лет показывает, что деформации совершаются как с положительным, так и с отрицательным знаком, обнаруживая в общем колебательные движения русла в вертикальной плоскости вокруг некоторого среднего положения. Это, конечно, не противоречит тому, что в геологическом времени вертикальное движение русла может иметь и односторонний характер прогрессивного понижения или повышения. Как видно из непосредственных наблюдений по очевидному размыву более древних отложений и древних конусов выноса, внутри горных областей и на предгорных участках межгорных долин имеет место нисходящее перемещение речных русел. Можно предполагать, что за пределами горных областей Средней Азии будет наблюдаться обратная картина — восходящее движение русел. Действительно, как отмечает К. Ф. Артамонов [7], в нижнем течении Амударьи общий уровень русла находится в состоянии прогрессивного поднятия относительно окружающей местности. Между этими двумя разнородными участками должна располагаться нейтральная зона. Причем, эта зона имеет как кратковременные, так и долговременные горизонтальные смещения.

Сильное влияние на интенсивность русловых деформаций оказывают геологические и топографические условия отдельных участков русла. На многих реках можно найти участки и с практически неизменным, устойчивым руслом (конечно, не в геологическом времени), когда река прокладывает свой путь через прочные коренные породы и имеет значительные уклоны, препятствующие отложению приносимых потоком сверху наносов, и участки с очень подвижным руслом, когда река минует площади с уменьшенными уклонами, сложенные легко размываемыми наносными отложениями. В последних случаях русловые деформации нередко оказываются настолько мощными, что теряется стабильность даже плановых очертаний русла: река в широкой пойменной полосе дробится на множество непостоянных, быстро меняющихся, то возникающих, то отмирающих рукавов. Примеры таких участков, характеризующихся неустойчивыми и сильно деформирующимися руслами, упоминались выше, при рассмотрении гидрографии Киргизии.

В период зимней межени нарушения связи уровней с расходами обусловлены ледовыми явлениями. Появление заберегов (в отдельных случаях и ледостава), донного льда, их развитие делает зимние уровни несравнимыми с летними и в зависимости от изменения мощности ледовых образований приводит к весьма частым наруше-

ниям связи между уровнями и расходами. Частота и интенсивность этих нарушений зависят от состояния погодных и климатических условий, а само появление таких нарушений в сильнейшей степени связано с температурными особенностями речных вод на отдельных участках течения. Влияние температурных особенностей речных вод на ледовый режим, отепление вод на участках концентрированного поступления в русло подземных вод с исчезновением или ослаблением ледовых явлений было рассмотрено в предыдущей главе.

Наиболее значительные, а порой и опасные изменения уровней связаны, с одной стороны, с весенними и летними паводками и, с другой стороны, с зажорно-заторными явлениями в зимнее время, с зимними паводками. Нужно иметь в виду, что нередко наибольшие уровни и наиболее энергичные их колебания приходятся не на половодный период, а как раз на зимние месяцы. В связи с этим при проектировании и строительстве гидротехнических, транспортных и прочих объектов, так или иначе подверженных воздействию речных потоков, на зимние уровни, как и на зимние расходы воды местного значения, должно быть обращено самое серьезное внимание.

Глава XIII

ПОДЗЕМНАЯ ЗАРЕГУЛИРОВАННОСТЬ СТОКА

При рассмотрении вопросов формирования стока, водного баланса горных бассейнов, режима расходов горных рек приходилось часто сталкиваться с явлением грунтового или подземного регулирования стока. При этом оказывалось, что с подземной зарегулированностью связаны важнейшие черты гидрологического процесса и что без учета этого явления не могут быть правильно поняты ни вопросы питания рек, ни вопросы режима стока.

Конечным результатом подземной зарегулированности является повышенная устойчивость стока. Талые и дождевые воды, поступившие на поверхность бассейна, не сразу обращаются в сток, а некоторую часть своего пути преодолевают в виде подземных потоков с присущими им замедленными скоростями и значительной сглаженностью колебаний. Это приводит к усилению роли тенденции в изменениях речного стока; изменения эти замедляются, а появление дополнительной подземной емкости по пути трансформации талых и дождевых вод в сток неизбежно влечет за собой снижение максимума и повышение минимума стока, смягчение колебаний стока. Таким образом, явление грунтовой зарегулированности усиливает присущее вообще горным рекам свойство зарегулированности стока, обусловленное такими внешними влияющими на поступление вод на поверхность бассейна факторами, как горный рельеф и связанная с ним высотная зональность процессов таяния.

Понятно, что чем сильнее степень подземной зарегулированности, тем более развита устойчивость стока. Естественно, на разных реках степень подземной зарегулированности стока в зависимости от геологических условий речных бассейнов будет различной: на одних реках она будет сильной, а на других—слабой. Очевидно, что судить о степени зарегулированности можно будет по размаху колебаний стока. Например, для этой цели можно воспользоваться характеристикой колебаний стока в течение года, поскольку чем выше будет степень зарегулированности, тем соотношение половодных и меженных расходов должно быть ближе, и наоборот. К этому вопросу можно подойти, рассматривая изменения стока за более короткие периоды, скажем, по размаху колебаний стока между смежными, не слишком длительными отрезками времени. Такая характеристика также будет выражать степень зарегулированности стока. Связующим эти два подхода к оценке зарегулированности является изложенное выше представление о дифференциации подземного питания по степени динамичности подземных вод на различные составляющие.

Различные составляющие подземного стока будут обладать различными стокорегулирующими свойствами. Поэтому для достаточно полного выражения подземной зарегулированности одной характеристики, обычно ориентирующейся на длительные периоды, недостаточно. Она должна оцениваться не только в отношении устойчивого грунтового стока (по размаху длительных колебаний), но и относительно сезонного грунтового стока (по размаху колебаний стока за короткие смежные периоды).

Для характеристики зарегулированности стока или внутригодовой неравномерности стока применяются различные характеристики. Так, В. Г. Андреянов [4] употребляет так называемый коэффициент внутригодовой неравномерности стока, А. Н. Важнов [14] — отношение минимального стока к среднему. Здесь для выражения степени устойчивой грунтовой зарегулированности использовано отношение максимальной и минимальной среднемесячных величин стока из многолетнего ряда

$$R_y = \frac{Q_{\text{мес. max}}}{Q_{\text{мес. min}}} \text{ (многол.)},$$

согласно следующей градации [41]:

очень сильная — $R_y \leqslant 3{,}5$
сильная — $R_y = 6{,}5 - 3{,}6$
средняя — $R_y = 9{,}5 - 6{,}6$
слабая — $R_y = 12{,}5 - 9{,}6$
очень слабая — $R_y \geqslant 12{,}6$

Территориальная картина проявления устойчивой подземной зарегулированности речного стока (табл. 50) отличается большой пестротой, напоминающей пестроту геологических карт. При этом связь между свойством зарегулированности стока рек и геологическими условиями их водосборов не ограничивается внешним сходством

Характеристика устойчивой грунтовой зарегулированности стока

Река	Пункт	Отношение многолетних расходов к средним месячным	Степень зарегулированности	Река	Пункт	Отношение многолетних расходов к средним месячным	Степень зарегулированности
Нарынский бассейн							
Большой Нарын	Устье	8,8	Средняя	Атбаши	Устье р. Ичкекоманда	8,4	Средняя
Малый Нарын	Устье	15,9	Очень слабая	Атбаши	кишл. Джангизтал	2,0	Очень сильная
Нарын	г. Нарын	9,3	Средняя	Кекирим	кишл. Кара-Табылга	14,5	Очень слабая
Нарын	Устье р. Кекджерты	8,8	Средняя	Сусамыр	Выше устья р. Западный Каракол	10,4	Слабая
Нарын	Устье р. Кекирим	5,3	Сильная	Западный Каракол	Устье	9,2	Средняя
Нарын	Токтогул	5,3	Сильная	Кёкёмерен	Выше устья р. Джумгал	9,5	Средняя
Нарын	п. Уч-Коргон	6,0	Сильная	Ортокуганды	кишл. Орто-Куганды	7,9	Средняя
Онарча	Онарча	7,9	Средняя	Кёкёмерен	Устье р. Джумгал	7,4	Средняя
Джергетал	Джергетал	8,4	Средняя	Ковуксу	Устье	11,3	Слабая
Кекджерты	х. Актала	9,0	Средняя	Узунахмат	Устье р. Устасу	8,7	Средняя
Ферганский бассейн							
Гава	Устье р. Терс	17,8	Средняя	Урюкты	Устье	5,3	Сильная

Гава	кишл. Гава	15,1	Очень слабая	Падшаата	Устье р. Тос	8,3	Средняя
Кассансай	Устье р. Урюкты	13,1	Очень слабая	Афлатун	с. Афлатун	4,0	Сильная
Карасу (правая)	Устье	7,7	Средняя	Куршаб	с. Гульча	5,1	Сильная
Майлису	Устье р. Кайрагач	8,2	Средняя	Акбура	кишл. Папан	6,0	Сильная
Шайдан	кишл. Шайдан	5,3	Сильная	Акбура	кишл. Тулейкен	5,6	Сильная
Тентяксай	кишл. Чарвак	9,0	Средняя	Араван	п. Янги-Наукат	10,7	Слабая
Кугарт	с. Михайловское	11,2	Слабая	Киргизата	кишл. Киргизата	11,5	Слабая
Чангет	кишл. Чангет	7,2	Сильная	Косчан	кишл. Косчан	11,9	Слабая
Зергер	кишл. Тассай	10,5	Слабая	Шанкол	кишл. Шанкол	12,8	Очень слабая
Донгузтау	кишл. Донгузтау	9,8	Слабая	Абшир	кишл. Учтерек	4,5	Сильная
Кульдук	кишл. Сары-Булак	9,7	Средняя	Исфайрам	ур. Лянгар	6,8	Средняя
Каратюбе	Устье	18,4	Очень слабая	Исфайрам	п. Уч-Коргон	5,1	Сильная
Яссы	с. Саламалик	18,6	Очень слабая	Шахимардан	п. Паульган	3,5	Очень сильная
Яссы	г. Узген	9,3	Средняя	Сох	с. Сары-Канда	11,5	Слабая
Каракульджа	кишл. Акташ	10,0	Слабая	Исфара	кишл. Таш-Курган	10,9	Слабая
Тар	Чалма	9,6	Слабая	Ходжабакирган	кишл. Кызыл-Танга	5,2	Сильная
Карадарья	п. Кампыр-Рават	7,0	Средняя				

Чаткальский бассейн

Чаткал	Устье р. Терс	8,6	Средняя	Терс	Устье	9,6	Слабая
Чаткал	Устье р. Найза	8,6	Средняя				

Река	Пункт	Отношение многолетних расходов к средним месячным	Степень зарегулированности	Река	Пункт	Отношение многолетних расходов к средним месячным	Степень зарегулированности
Иссык-Кульский бассейн							
Тюп	с. Сартологой	9,6	Средняя	Чонкызылсу	Лесной Кордон	12,1	Слабая
Джиргалан	с. Советское	9,0	Средняя	Кичекызылсу	с. Покровское	8,8	Средняя
Тургеньаксу	п. Лесозавода	8,8	Средняя	Джуука	Устье р. Джуукучак	11,3	Слабая
Бозшук	с. Ново-Вознесеновка	6,9	Средняя	Джергельчак	Лесозавод	10,1	Слабая
Аксу	с. Теплоключинское	13,5	Очень слабая	Барскон	Устье р. Сасык	21,7	Очень слабая
Аксу	Мин. Ключи	8,5	Средняя	Тамга	с. Тамга	5,7	Сильная
Каракол	Устье р. Каскасу	11,1	Слабая	Тосор	Устье р. Кодол	6,1	Сильная
Ирдык	с. Мариинское	6,1	Сильная	Тон	с. Турасу	7,3	Средняя
Джетыогуз	п. Лесозавода	11,5	Слабая	Аксай	с. Коксай	5,7	Сильная
Актерек	п. Актерекская МТС	2,1	Очень сильная	Чонаксу	с. Григорьевское	7,2	Средняя
Улахол	с. Улахол	5,9	Сильная	Кичеаксу	с. Семеновское	6,1	Средняя
Торайгыр	Устье р. Кызылбулак	5,9	Сильная	Чонурюкты	Совхоз	9,3	Средняя
Чонкойсу	с. Курское	6,6	Средняя	Уйтал	с. Алексеевка	9,2	Средняя
Чолпоната	свх Чолпон-Ата	6,6	Средняя	Кутурга	с. Кутурга	3,6	Сильная

Чуйский бассейн

Каракуджур	с. Сары-Булак	5,0	Сильная	Кегеты	Лесной Кордор	11,0	Слабая
Тюлек	аул Тюлек	4,2	Сильная	Иссыката	с. Юрьевское	5,9	Сильная
Джуванарык	с. Кумбельата	5,6	Сильная	Аламедин	Устье р. Чонкурчак	11,7	Слабая
Суек	Устье р. Ичкесай	10,2	Слабая	Чонкурчак	Устье	4,2	Сильная
Каракол	Устье р. Ирису	19,1	Очень слабая	Алаарча	Устье р. Кашкасу	9,0	Средняя
Кочкор	с. Кочкорка	2,5	Очень сильная	Кашкасу	Устье	8,0	Средняя
Чу	с. Кочкорка	2,4	Очень сильная	Джаламыш	клх им. Чапаева	3,9	Сильная
Чон-Кемин	Устье р. Карагайлибулак	9,9	Слабая	Сокулук	с. Белогорка	11,9	Слабая
Чонкемин	Устье	5,1	Сильная	Аксу	кишл. Чон-Арык	10,2	Слабая
Кичекемин	свх им. Ильича	4,5	Сильная	Карабалты	с. Сосновка	9,1	Средняя
Кызылсу	с. Бала-Булак	4,2	Сильная	Чонкаинды	ущ. Чонкаинды	9,6	Слабая
Шамси	Лесной Кордон	8,9	Средняя	Джарлыкаинды	с. Орто-Арык	7,4	Средняя

Таласский бассейн

Каракол	с. Чатбазар	6,3	Сильная	Бешташ	Головной арык Саз	11,0	Слабая
Учкошой	с. Чатбазар	7,6	Средняя	Нельды	ур. Джурга	10,4	Слабая
Талас	с. Чатбазар	5,9	Сильная	Урмарал	с. Октябрьское	11,3	Слабая
Талас	с. Кировское	3,3	Очень сильная	Кумыштаг	Головной арык Янги	12,0	Слабая
Колба	с. Колба	4,7	Сильная	Карабура	ущ. Коксай	9,7	Слабая
Кенкол	Устье к. Терскол	12,1	Слабая	Куркуреусай	ур. Чон-Курчак	7,1	Средняя

по территориальному многообразию; она является отражением непосредственной и тесной зависимости между геологическим сложением территории и ее стокорегулирующими свойствами. Наименьшая зарегулированность стока присуща бассейнам, сложенным преимущественно сланцами, интрузивными породами, древними конгломератами и песчаниками (реки Яссы, Кугарт, Каракульджа, Тар, Гава, Сох, Исара и др.). Сильно зарегулирован сток с бассейнов, сложенных известняками и четвертичными отложениями — галечниками, песками и др. (реки Шахимардан, Атбаши, Чу и др.).

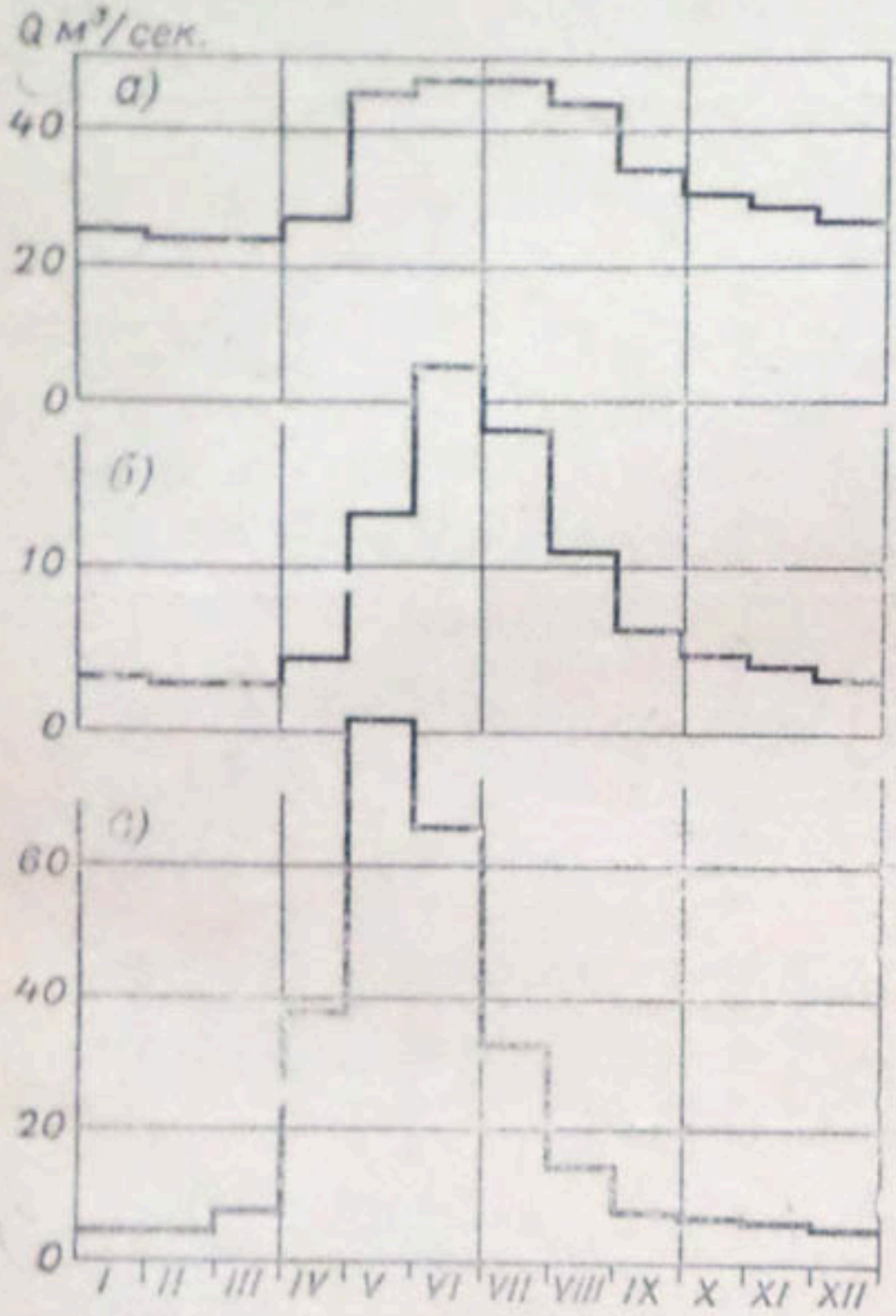

Рис. 48. Гидрографы среднего многолетнего стока рек различных степеней устойчивой зарегулированности: очень сильной (*а*) — р. Атбаши — п. Джангистал, средней (*б*) — р. Кекемерен — ниже устья Джумгол и очень слабой (*в*) — р. Яссы — п. Саламалик.

На реках значительной протяженности наблюдается усиление зарегулированности стока вниз по течению, что связано с большим развитием четвертичных отложений в долинных течениях рек и их стокорегулирующим влиянием. Это относится к средним и нижним течениям рек Нарын, Чу и Талас. Примеры рек с различной степенью устойчивой подземной зарегулированности стока показаны на рис. 48.

Логично представление о связи между степенью подземной зарегулированности стока и распределением стока по половодному и меженному периодам. Очевидно, чем более развито явление подземной зарегулированности стока, тем больше будет доля меженного и меньше доля половодного стока. Такая связь изображена на рис. 49. Как следует из этого рисунка, хотя на долю половодного стока и приходится всегда большая часть годового стока, но в обратной зависимости от степени подземной зарегулированности она может возрасти до 80 и даже 85% от годового стока. При этом зависимость оказывается криволинейной: при слабой и очень слабой зарегулированности доля стока половодья сохраняется на уровне

80—85%, не возрастая далее несмотря на снижение показателя зарегулированности стока. Это значит, что снижение степени подземной зарегулированности при этом мало сказываясь на крайне высоком соотношении половодного и меженного стоков, обусловливает лишь более энергичное сокращение стока от начала меженного периода и более быстрое иссякание запасов подземных вод в бассейне.

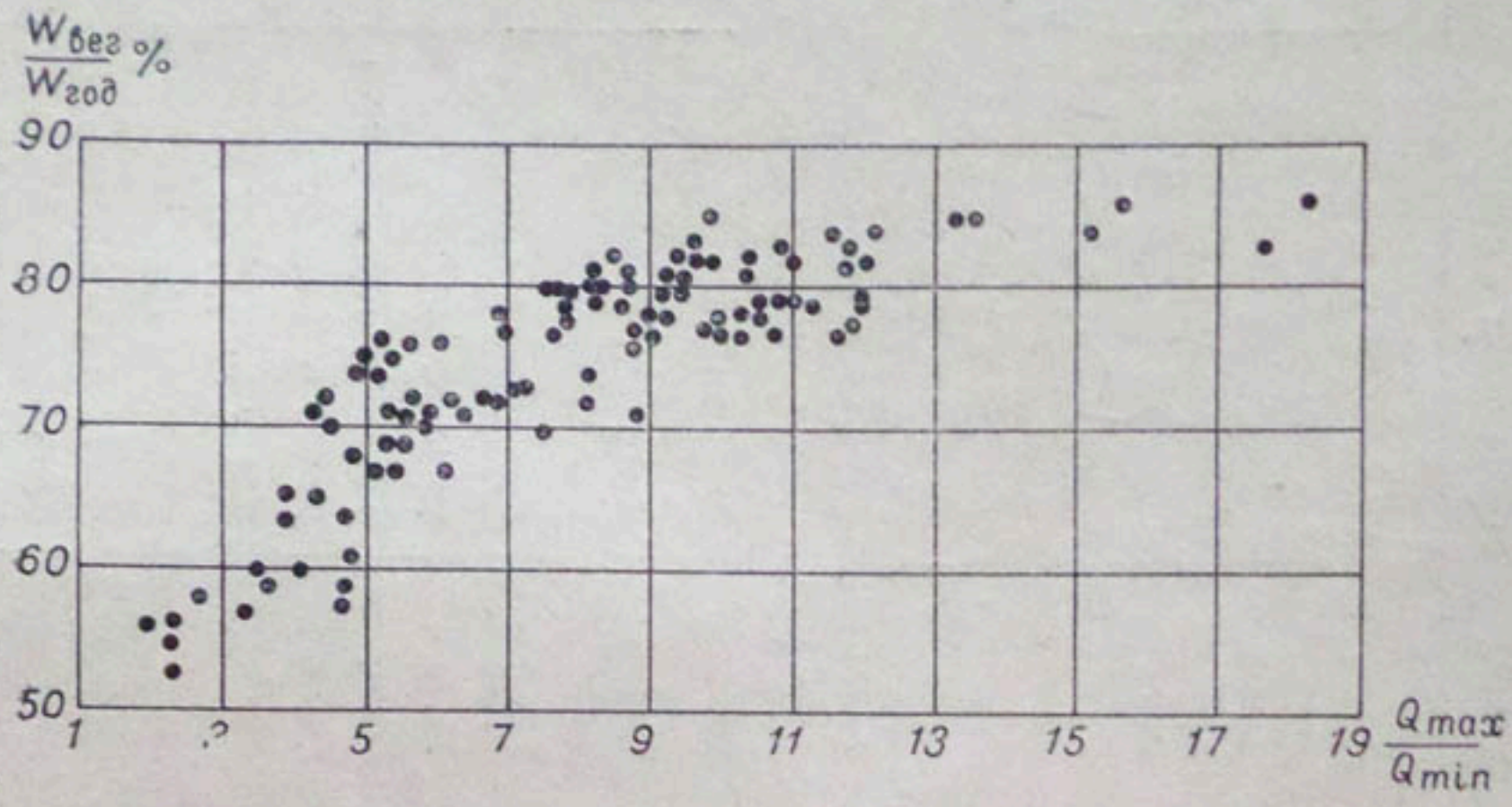

Рис. 49. Зависимость распределения стока между паводковым и меженным периодами от степени устойчивой грунтовой зарегулированности стока.

Для оценки степени сезонной подземной зарегулированности стока можно воспользоваться отношением величин наибольших изменений средних расходов воды между смежными календарными декадами к средним расходам половодья

$$R_{сез} = \frac{Q_{наиб.\ изм.\ дек}}{Q_{ср.\ полов}} \text{ (многол.)}.$$

Практически величины изменения расходов рациональнее определять как среднее, скажем, из трех наблюдавшихся за многолетний период наибольших изменений с целью устранения влияния несравнимых условий. Степень сезонной подземной зарегулированности стока может быть оценена по шкале:

сильная — $R_m \leqslant 1{,}1$
средняя — $R_m = 1{,}7—1{,}2$
слабая — $R_m \geqslant 1{,}8$

Территориальная пестрота картины подземной зарегулированности сохраняется и для данного ее вида (табл. 51). Обращает на себя внимание независимость степени проявления устойчивого и сезонного вида зарегулированности. Например, р. Малый Нарын при очень слабой устойчивой зарегулированности имеет среднюю

Таблица 51

Характеристика сезонной грунтовой зарегулированности стока

Река	Пункт	Отношение максимального междекадного изменения стока к среднему паводковому расходу	Степень зарегулированности	Река	Пункт	Отношение максимального междекадного изменения стока к среднему паводковому расходу	Степень зарегулированности
Нарынский бассейн							
Большой Нарын	Устье	1,4	Средняя	Джергетал	Джергетал	4,4	Слабая
Малый Нарын	Устье	1,6	Средняя	Кёкджерты	х. Актала	1,9	Слабая
Нарын	г. Нарын	1,5	Средняя	Атбаши	Устье р. Ичкекоманда	1,8	Слабая
Нарын	Устье р. Кёкджерты	1,3	Средняя	Атбаши	кишл. Джангизтал	1,8	Слабая
Нарын	Устье р. Кекирим	1,6	Средняя	Кёкёмерен	Выше устья р. Джумгол	1,5	Средняя
Нарын	п. Токтогул	1,4	Средняя	Кёкёмерен	Устье р. Джумгол	1,5	Средняя
Нарын	п. Уч-Курган	1,3	Средняя	Узунахмат	Устье р. Устасу	1,0	Сильная
Онарча	Онарча	1,7	Средняя				
Приферганский бассейн							
Гава	кишл. Гава	1,8	Слабая	Карасу	Устье	1,6	Средняя
Падшаата	Устье р. Тос	1,1	Сильная	Майлису	Устье р. Кайрагач	1,6	Средняя
Шайдан	кишл. Шайдан	1,1	Сильная	Карадарья	п. Кампыр-Рават	1,4	Средняя

Тентяксай	кишл. Чарвак	1,4	Средняя	Куршаб	с. Гульча	1,4	Средняя
Кугарт	с. Михайловское	2,4	Слабая	Акбура	кишл. Тулейкен	1,2	Средняя
Чангет	кишл. Чангет	1,9	Слабая	Абшир	кишл. Учтерек	1,3	Средняя
Яссы	с. Саламалик	1,4	Средняя	Исфайрам	п. Уч-Коргон	1,2	Средняя
Каракульджа	кишл. Акташ	1,1	Сильная	Шахимардан	Паульган	0,7	Сильная
Тар	кишл. Чалма	1,4	Средняя				

Иссык-Кульский бассейн

Тюп	с. Сартологой	2,3	Слабая	Чонкызылсу	Лесной Кордон	1,3	Средняя
Джиргалан	с. Советское	2,2	Слабая	Джуука	Устье р. Джуукучак	1,1	Сильная
Тургеньаксу	п. Лесозавода	2,1	Слабая	Барскон	ур. Сасык	1,5	Средняя
Аксу	с. Теплоключинское	1,0	Сильная	Улахол	с. Улахол	1,5	Средняя
Каракол	Устье р. Каскасу	1,4	Средняя	Чонаксу	с. Григорьевское	1,2	Средняя

Чуйский бассейн

Каракуджур	с. Сары-Булак	1,6	Средняя	Кегеты	Лесной Кордон	1,6	Средняя
Тюлек	аул Тюлек	1,5	Средняя	Иссыката	с. Юрьевское	1,0	Сильная
Джуванарык	с. Кумбельата	2,2	Слабая	Аламедин	Устье р. Чон-Курчак	1,1	Сильная
Суек	Устье р. Ичкесай	1,7	Средняя	Алаарча	Устье р. Кашкасу	1,2	Средняя
Каракол	Устье р. Ирису	1,6	Средняя	Сокулук	с. Белогорка	0,8	Сильная
Чу	с. Кочкорка	1,5	Средняя	Аксу	Чон-Арык	1,9	Слабая
Чу	Кутемалды	1,6	Средняя	Карабалты	с. Сосновка	1,2	Средняя
Чон-Кемин	Устье	1,1	Сильная	Чонкаинды	ущ. Чонкаинды	1,0	Сильная
Шамси	Лесной Кордон	0,9	Сильная				

Таласский бассейн

Каракол	с. Чатбазар	1,4	Средняя	Бешташ	Головной арык Саз	1,5	Средняя
Учкошой	с. Чатбазар	1,9	Слабая	Урмарал	с. Октябрьское	1,0	Сильная
Талас	с. Чатбазар	1,1	Сильная	Карабура	ущ. Коксай	1,0	Сильная
Талас	с. Кировское	1,6	Средняя	Куркуреусай	ур. Чон-Курчан	1,3	Средняя
Кенкол	Устье р. Терскол	2,7	Слабая				

зарегулированность по сезонному грунтовому стоку, а р. Атбаши при очень сильной устойчивой зарегулированности имеет слабую зарегулированность. Реки Джуука, Аламедин, Сокулук, Урмарал, Карабура характеризуются слабой устойчивой и сильной сезонной зарегулированностью, а реки Чангет, Джуванарык имеют сильную устойчивую и слабую сезонную зарегулированность и так далее.

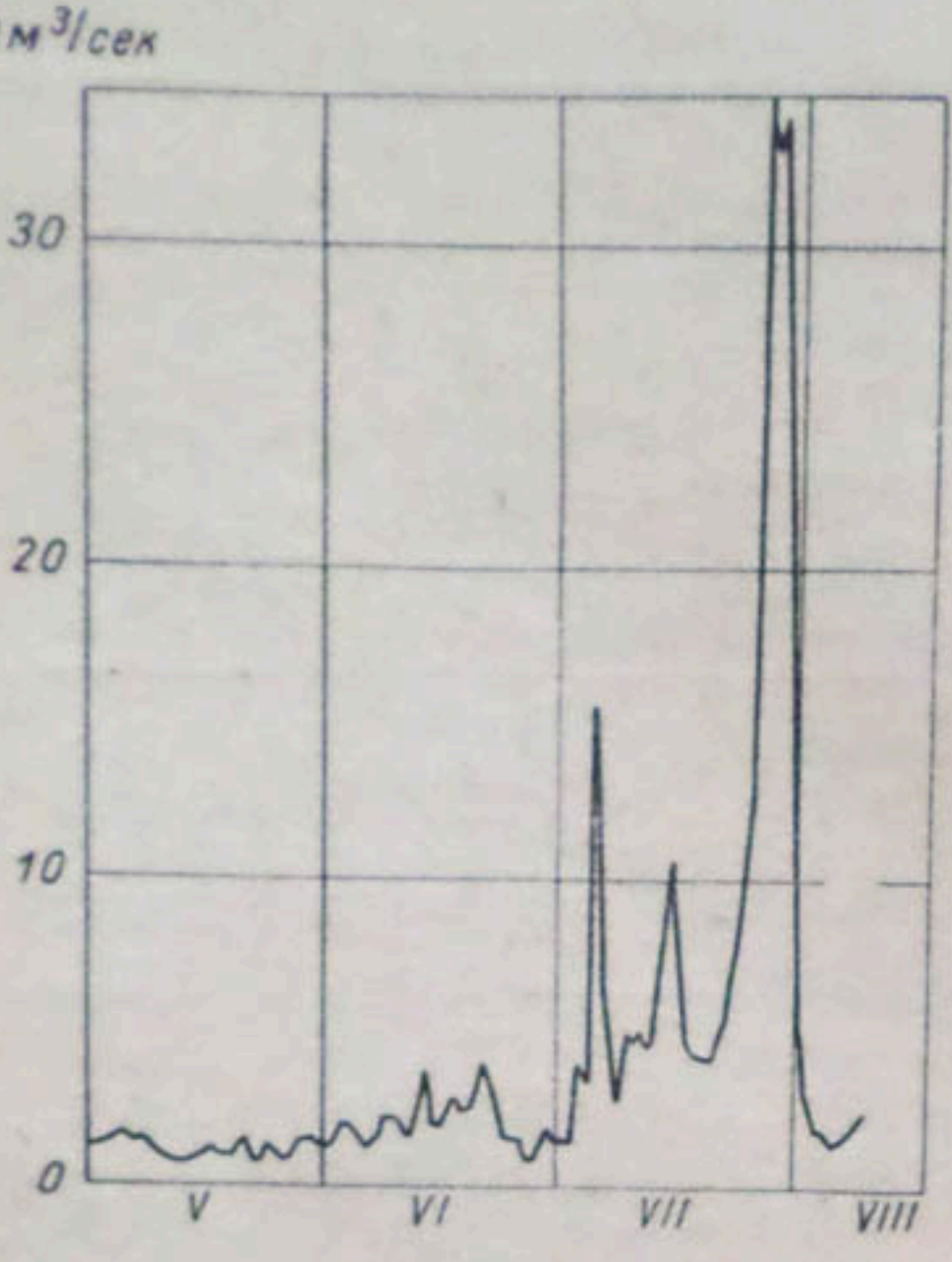

Рис. 50. Гидрограф стока половодья на реке со слабой сезонной зарегулированностью, р. Тосор — пост устье р. Кодол (Иссык-Кульский бассейн), 1965 г. В августе очередным большим паводком пост был разрушен, поэтому наблюдения были прерваны.

Замечается даже слабая тенденция к обратной зависимости интенсивности устойчивой и сезонной зарегулированности, хотя связь между ними, конечно, не является простой; в ней участвуют и дополнительные геологические факторы.

Свойство независимости проявления отдельных видов грунтовой зарегулированности стока хорошо известно специалистам службы гидрологических прогнозов. В повседневной своей деятельности им, например, приходится считаться с тем, что несмотря на исключительно большую роль подземных вод в стоке многих рек, высокую устойчивость подземного стока, если его рассматривать осредненно за длительные периоды, за короткие периоды, сутки и пентады, возможны весьма интенсивные колебания стока, его быстрое возрастание и сокращение даже в несколько раз (рис. 50).

Свойство грунтовой зарегулированности стока имеет большое практическое значение. Устойчивая зарегулированность, обусловливая значительную сглаженность внутригодового стока, является благоприятствующим моментом для гидроэнергетического использования рек. В то же время она, сближая по размерам половодный и меженный стоки, неблагоприятна для интересов ирригации, поскольку потребность ирригации в воде главным образом связана с периодом половодья. Практически это приводит к увеличению необходимых для регулирования стока емкостей. Что касается текущей грунтовой зарегулированности, то она представляет положительный фактор как для энергетики, так и для ирригации, являясь

фактором, сглаживающим резкость кратковременных колебаний стока. При освоении гидроэнергетических и ирригационных возможностей рек свойства зарегулированности стока должны быть приняты во внимание; путем искусственного воздействия на режим стока (путем создания регулирующих емкостей) эти свойства в одних случаях необходимо усилить, в других, наоборот,— ослабить.

Свойство грунтовой зарегулированности стока лежит в основе методов краткосрочных прогнозов стока.

Н. И. Колесниковой разработан метод прогноза средних суточных расходов воды р. Нарын в створе Уч-Курганской станции путем суммирования средних расходов за предшествующий день (что соответствует времени руслового добегания) по вышерасположенным пунктам — устье р. Кекирим на р. Нарын и устье р. Джумгол на р. Кёкёмерен. Верхние участки бассейна, сток которых при этом учитывается, имеют общую площадь в 40 950 км² при полной площади бассейна к створу Уч-Курганской станции 58 400 км². Таким образом, сток к расчетному створу не учитывается примерно с одной трети бассейна, а это, несомненно, будет оказывать влияние на результаты, причем этот результат нельзя отнести за счет точности прогноза. Практически сток с нижней части бассейна был учтен в двух видах: как пропорциональный стоку с верхней части бассейна и одновременно независимый в своем абсолютном ходе

$$Y = \alpha(Q_{\text{Н}} + Q_{\text{К}})_{\text{предш. дня}} + \beta,$$

где $Q_{\text{Н}} + Q_{\text{К}}$ — сумма средних суточных расходов за предшествующий прогнозному день по Нарынскому (устье р. Кекирим) и Кёкёмеренскому (устье р. Джумгол, нижний) постам, α и β — переменные, выбор значений которых производится сообразно известным их величинам по предшествующему расчетному дню.

В последние годы широкое распространение в Киргизии получили прогнозы средних расходов воды за календарные пентады половодного периода. Обычно аргументом в таких прогнозных зависимостях служит срок за некоторый, непосредственно предшествующий период, например, как было сделано инженером Д. Б. Еникеевой, за три дня

$$Y = f(Q_{3\ \text{предш. дня}}).$$

Глава XIV

СЕЛЕВЫЕ ПАВОДКИ

Характер и изученность. Сели представляют один из важнейших элементов гидрологического режима горных территорий. В первую очередь они привлекают внимание своими разрушительными последствиями; при их прохождении повреждаются головные сооружения и головные участки ирригационных каналов, уничтожаются

почвы и посадки на больших площадях, разрушаются населенные пункты, размываются дороги и мосты, погибает застигнутый врасплох скот. Иногда жертвами селей становятся люди.

Разрушительный характер селей и огромные убытки, причиняемые ими народному хозяйству, делают изучение селевых явлений первоочередной задачей.

Изучение селей сопряжено с большими трудностями. Последние связаны с тем, что сели представляют чрезвычайные явления, возникающие, как правило, внезапно и формирующиеся в сложной и весьма пестрой гидрометеорологической обстановке, развивающиеся быстро и сопровождающиеся мощными русловыми деформациями.

В настоящее время имеется достаточно обширный материал, свидетельствующий о широкой распространенности селей на территории Киргизии. Архивы ирригационных и дорожных управлений, фонды Гидрометеорологической службы и проектных организаций содержат сведения о многих сотнях случаев селей, имевших место в пределах Киргизии с начала последней четверти прошлого столетия до позднейших времен. Из анализа этих материалов можно сделать следующие выводы.

1. В материалах приведены описания селей, прошедших лишь в Иссык-Кульском, Чуйском, Таласском и Ферганском бассейнах, т. е. на северных и западных окраинах Киргизии. Это следует объяснить не только соответствующей ограниченностью распространения самих селевых явлений. Культурное освоение земель долгое время происходило именно на этих окраинах, в связи с чем прохождение селей во внутренних районах Киргизии, где они могли иметь место, документально не фиксировалось. Новейшие исследования действительно показали, что сели присущи и внутренним районам Киргизии.

2. Как следует из этих материалов, практически сели невозможно разграничить от больших паводков. Можно лишь заметить, что наименование «сель» употребляется в тех случаях, когда речь идет о саях, небольших речках, а наименование «паводок» — в отношении более или менее значительных рек. Однако и эта линия не выдерживается последовательно. Под тем или иным названием в описаниях фигурирует бурный, с повышенным содержанием наносов поток, принесший прибрежным сооружениям и участкам определенные изменения и ущерб.

3. Благодаря тому, что сели фиксировались лишь в обжитых окраинных районах Киргизии, можно полагать, что даже в этих районах описывались далеко не все сели. Без сомнения вне поля зрения оставались, да и сейчас еще остаются, сели в собственно горных районах, если к выходу из гор они утрачивают ясновыраженный селевой характер и не создают серьезной разрушительной угрозы. Поэтому имеющиеся материалы должны рассматриваться как выборка, в которой предпочтение отдано обжитым окраинным долинам и значительности причиненного хозяйственного ущерба.

4. Необходимо также отметить известную односторонность материалов. Обычно они содержат довольно полный перечень хозяйственного ущерба, иногда описание русловых деформаций и прочих внешних проявлений селя. Лишь в редких случаях приводятся некоторые ориентировочные количественные характеристики потока: максимальные расходы, крупность и объем твердых включений.

Очень слабо в материалах отражаются условия, вызвавшие сели. Правда, почти во всех случаях возникновение селя связывается с выпадением обильных дождей. Однако все это относится к местам наблюдения селя, но не его зарождения. Обстановка в очагах селеобразования остается неясной и не может быть восстановлена как ввиду большой пестроты этой обстановки, так и недостаточной развитости наблюдательной сети.

Нужно также считаться с тем, что при возможном комбинированном действии нескольких селеобразующих факторов отмечались лишь осадки, как непосредственно наблюдаемые, в то время как другие факторы ускользали из поля зрения. Это, конечно, не противоречит тому бесспорному факту, что подавляющее большинство селей и, конечно, наиболее мощные из них обусловлены дождевыми и прежде всего ливневыми осадками.

К подобным заключениям приходит и П. М. Машуков [81] при рассмотрении селевых «летописей» Узбекистана.

Из имеющихся в настоящее время сведений о селях на территории Киргизии можно установить, что для них характерны повышенные расходы воды. Вблизи очагов возникновения селей расходы потока нередко возрастают во много раз в сравнении с обычными расходами. По мере удаления от очагов соотношение между селевыми и обычными расходами падает, паводковая волна постепенно распластывается. Точно так же по мере удаления от очагов возникновения изменяется и характер движения селевого потока. Вало-, или волнообразное, движение, присущее селевому потоку вблизи районов зарождения, постепенно затухает и при выходе в межгорные долины становится обычно еле ощутимым, сохраняясь лишь в виде ритмичного усиления и ослабления потока. Вообще, для селевых паводков на более или менее значительных реках вовсе не обязательно многократное возрастание расходов. Так, например, если на р. Ала-арче, в месте ее выхода из гор, расходы до 25 $м^3$/сек. обычно еще не означают селевого состояния, то расходы порядка 30 $м^3$/сек. уже соответствуют селевым расходам.

Селевые потоки несут большое количество наносов, среди которых могут быть обломки скал весом во многие десятки тонн и мельчайшие частицы. Крупность наносов убывает по направлению движения потока: крупные фракции постепенно выпадают из потока, преобладание получают более мелкие.

Насколько могут быть велики объемы селевых выносов видно из примера, приводимого И. О. Раушенбах [94]: сель, прошедший 8/VII 1950 г. на р. Большой Алмаатинке, за 1 час вынес в 13 раз больше

твердого материала, чем река несет за год при нормальных условиях стока.

Диапазон насыщенности селевых потоков наносами чрезвычайно велик. По степени насыщенности они могут приближаться как к состоянию оплывин, так и к состоянию обычных паводков. Для условий Киргизии более характерны селевые паводки с умеренными концентрациями наносов, с явно преобладающей ролью водной фазы.

Селевые потоки выполняют работу по перестройке русла и долины. Они углубляют русло, на отдельных участках покидают прежние русла и разрабатывают новые, порой существенно изменяют гидрографию и рельеф местности. Большое значение здесь имеют геологические условия долины. Там, где русло пролегает в скальном ущелье, оно изменяется мало; в расширенных участках горных долин, сложенных рыхлыми отложениями, а также по выходе в межгорные долины прохождение селевого потока может сопровождаться большими размывами, заносом прежних и выработкой новых русел. С этой руслодеформирующей работой связан и разрушительный эффект селей, о котором говорилось выше.

Рассматривая наиболее существенные и общие черты, присущие этому явлению в условиях Киргизии, сели можно определить как чрезвычайные, т. е. большие и опасные, паводки на реках и саях, характеризующиеся следующими тремя основными признаками: большими расходами потока, высокой концентрацией наносов и энергичной деформацией русла. Все эти качества накапливаются и исчезают постепенно, и какая-либо четкая переходная грань между обычными паводками и селями не существует. Именно такое представление соответствует действительной природе селей. Необходимость представления селей как паводков, насыщенных большим количеством наносов, подчеркивается Д. Л. Соколовским [100], который вполне обоснованно указывает на то, что при ином подходе природа селей не может быть понята.

Сели представляют сложное многостороннее явление. Они выступают как обязательный элемент гидрологического режима горной территории, как одна из периодически повторяющихся форм стока в условиях горной природы — больших паводков, которые всегда приобретают селевой характер. Условия горной природы благоприятствуют концентрированному выпадению значительных осадков и при определенных условиях их быстрому стеканию, как и насыщению водных потоков наносами. Вместе с тем сели представляют элемент геологического развития горной территории, принимая как одно из звеньев денудационного процесса участие в выносе материалов разрушения гор, в создании и изменении положительных и отрицательных форм рельефа. Благодаря интенсивно протекающему процессу разрушения гор на горных склонах и в горных долинах и ущельях накапливаются огромные массы продуктов разрушения. Их вынос за пределы гор совершается главным образом за счет селевых паводков. Из этих соображений и следует

исходить при проектировании и организации мер селевой безопасности.

С точки зрения механизма формирования сели возникают как результат несоответствия между водным потоком и его ложем в смысле форм и сложения. Русла горных потоков в Киргизии, будь то постоянных или временных, пролегают, как правило, и на собственно горных, и на равнинных участках течения в наносах, принесенных и отложенных этими потоками. Транспортабельность таких наносов соответствует определенным условиям паводковых расходов и скоростей. При паводках, превосходящих некоторые критические размеры, состояние устойчивости ложа оказывается нарушенным, водный поток насыщается слагающими его ложе наносами, начинает быстро перестраивать русло посредством размывов и отложений в соответствии с непрестанно меняющимся своим скоростным полем. Паводковый поток, таким образом, обращается в селевой. При этом чем ближе к очагам селеобразования, тем более резко выражены селевые признаки и чем дальше от них, тем больше селевые признаки нивелируются.

В полном согласии с изложенным находятся выводы А. Н. Крошкина [66], полученные в результате лабораторных и полевых исследований деформации речных русел на устойчивых аллювиальных участках. Он различает три состояния деформации. При небольших расходах паводка деформация незначительна, она носит местный характер и постепенно приводит к соответствию русла условиям потока

$$h_d \leqslant \Delta_{ср},$$

где h_d — средняя величина деформации русла; $\Delta_{ср}$ — средняя высота выступа камней, слагающих естественную отмостку русла.

При больших расходах потока деформация становится значительной

$$\Delta_{ср} < h_d \leqslant d_{отм},$$

где $d_{отм}$ — средний диаметр отмостки, слагающей русло. Это состояние руслоформирования, некоторого динамического равновесия между характером потока и сложением русла.

Наконец, при очень больших расходах паводка наступает состояние полного переформирования, разрушения прежнего русла. В этом случае

$$h_d > d_{отм}.$$

Условия формирования и некоторые закономерности. Условия образования селей могут быть подразделены на статические и динамические. Статические условия связаны вообще с горной природой и заключаются, согласно расшифровке С. Г. Рустамова [96], в обязательном сочетании горного характера рельефа со значительными уклонами долин и крутизной склонов с благоприятствующим литологическим составом и податливостью горных пород разруше-

нию, приводящих к накоплению рыхлых, измельченных материалов на склонах, наличием высокого поверхностного ливневого стока и площадей, лишенных растительности. Эта ситуация, как отмечает С. Г. Рустамов, может быть усилена в результате некоторых неразумных искусственных мероприятий, таких, как вырубка лесов, чрезмерная пастьба скота и неправильная вспашка склонов.

Среди факторов, способствующих и усиливающих селеобразование, Н. В. Думитрашко [30] обращает внимание на наличие новейших и современных тектонических движений и сейсмических явлений, вызывающих дробление и интенсивное выветривание горных пород, повсеместное мощное скопление рыхлых элювиальных и осыпных материалов различных фракций, а также широкое развитие особо податливых разрушению сланцев, песчаников, песчано-глинистых и валунно-галечных отложений ледникового, водно-ледникового и аллювиально-пролювиального генезиса.

Все эти условия характерны для Киргизии. В отличие от некоторых других территорий, где селеобразующим материалом служат продукты выветривания современного образования, накапливающиеся в межселевые периоды, и отсутствие подготовленного селеобразующего твердого материала иногда может послужить тормозом для селеобразования, в Киргизии эти материалы в обилии представлены, как отмечает М. И. Иверонова [36], изучавшая сели в Иссык-Кульской котловине, древними материалами ледникового, гравитационного и пролювиального генезиса. Все сказанное, конечно, не исключает того, что различные участки горных склонов и межгорных долин в зависимости от их топографических, климатических и геологических условий будут характеризоваться различной степенью селеносности и селеопасности, как в смысле повторяемости, так соответственно и мощи селевых явлений. Это подтверждается данными рис. 51, где отражены повторяемости селей в различных районах Киргизии, составленные с учетом архивных материалов, позднейших наблюдений и сведений, полученных от местного населения и работников водного хозяйства.

Условия, порождающие большие паводки, являются и причинами зарождения селей. Причинами образования больших паводков в обстановке Киргизии являются интенсивное таяние снега, ледников и высокогорных снегов, прорывы моренных озерных емкостей и главным образом выпадение обильных жидких осадков.

В имеющихся материалах, как отмечалось выше, почти во всех случаях непосредственной причиной образования селя называются ливневые осадки. При этом очень часто подчеркивается наличие весьма обильных осадков, порой выпадающих в течение нескольких дней и завершающихся интенсивным ливнем. Во многих случаях отмечается грозовой характер ливня, начинавшегося нередко с выпадения града. Последние обстоятельства свидетельствуют о крайне неустойчивом состоянии атмосферы, что в горных условиях приводит к выпадению весьма большого количества осадков.

В смысле характера и последствий селевых паводков ливневого происхождения очень показательны сели в Таласском бассейне в мае 1913 г. В Таласской долине и окружающих ее Таласском и Киргизском хребтах разразилась гроза с градом и сильным ливнем. С горных склонов в долину хлынули селевые потоки, которые, пересекая долину в различных направлениях, устремились к р. Та-

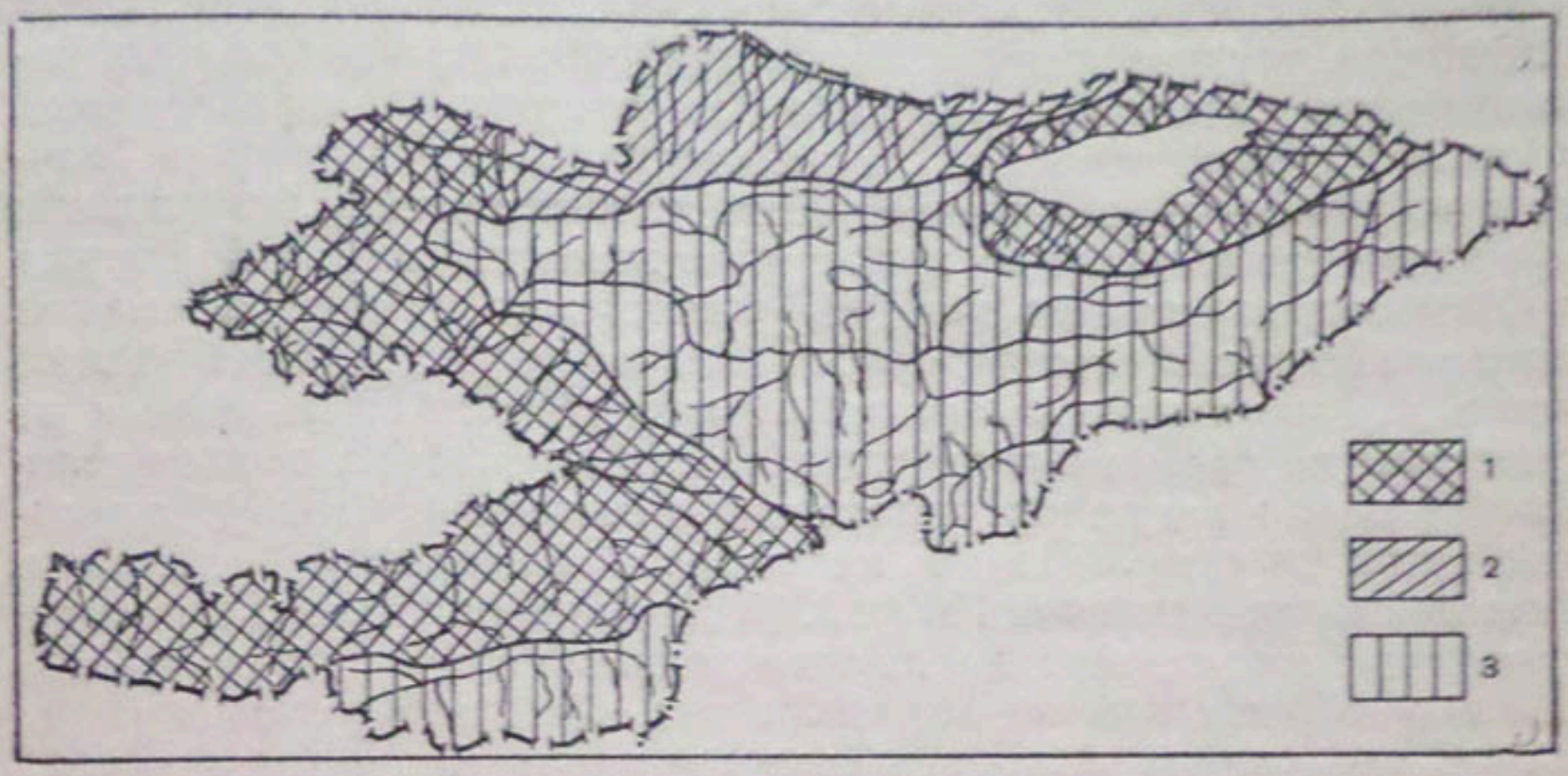

Рис. 51. Повторяемость селевых явлений.
1 — частая повторяемость (ежегодное прохождение селей), *2* — средняя повторяемость (прохождение селей раз в 3—4 года), *3* — редкая повторяемость (реже 3—4 года).

лас. Селевыми потоками были затоплены селения Александровское (ныне Кировское), Грозное, Покровка и др. На многих участках были разрушены дороги, сорваны головные участки каналов, размыты и занесены наносами магистральные и оросительные каналы, уничтожены посевы на больших площадях, погибли тысячи голов скота, были отмечены человеческие жертвы. Только в с. Александровском потоки снесли черепичный завод, пять мельниц, одна из которых была принесена в с. Покровку, разрушили и повредили много домов. Большой урон понес и г. Аулие-Ата (ныне Джамбул). Этот пример показывает, какое грозное явление представляют сели в Киргизии и к каким опустошениям могут привести селевые паводки ливневого происхождения.

Необходимо сказать, что селеобразование связано не только с ливневыми осадками. К образованию селей могут приводить и приводят также обложные, не особенно интенсивные осадки, но идущие с небольшими перерывами довольно длительное время, несколько дней, и достигающие в сумме значительного количества. Правда, обычно такие сели бывают небольшими и затрагивают в основном лишь узкую полосу предгорий, где они портят и заносят дороги и прилегающие поля. М. И. Иверонова [36] в числе селеобразующих

факторов наряду с ливнями упоминает и дожди. Селеобразование в результате 2—3-дневных обложных дождей в Ферганской долине отмечает В. Е. Иогансон [49], а в Закиргизской части Северного Тянь-Шаня — А. Ф. Литовченко [72].

Сели ливневого и дождевого происхождения безусловно более распространены. Согласно данным Ф. К. Кочерги [65], они составляют 93% всех селей в Средней Азии.

Возникновение селей, обусловленных интенсивным таянием снега и ледников, труднее поддается непосредственному наблюдению, поскольку оно, как правило, связано с высокогорными территориями. В связи с этим, а также из-за недостаточной изученности и большого территориального разнообразия селевых явлений по условиям возникновения и внешнему характеру в известной мере еще бытуют представления, согласно которым интенсивное таяние не может явиться причиной селеобразования. Тем не менее такие сели имеют место, и с ними надо считаться. Самым убедительным, хотя и не типичным по времени прохождения, примером образования селевого паводка в результате интенсивного снеготаяния является селевой поток из сая Шаро, в междуречье Алаарча — Джаламыш, имевший место в декабре 1963 г. Сай Шаро располагается в нижнем ярусе гор с эродированными и расчлененными склонами; каких-либо озерных образований на водосборе нет. Погодные условия конца 1963 г. характеризовались в районе сая накоплением значительных запасов снега (снегонакопление в первой половине зимы составило 150% нормы, причем очень много снега выпало в ноябре) и наступлением в середине декабря ясной и очень теплой погоды с довольно высокой положительной температурой. Это привело к интенсивному таянию снега и образованию селевого потока. Поток носил все черты явновыраженного селя, перемещался с образованием заторов и наряду с обычными грунтовыми наносами нес также комья снега и куски льда. Селевой поток, выйдя из сая в долину, обрушился на распределительный узел на канале Туш, размыл его и вывел из строя, занес наносами селеотводной канал, проложенный вдоль подошвы гор в направлении к р. Джаламыш. В данном случае очевидной побудительной причиной к образованию селевого паводка послужило интенсивное снеготаяние. Несомненно, прав С. М. Флейшман [105], обративший внимание на распространенность селей талого происхождения.

Последний пример характерен еще в одном отношении: он показывает, что хотя селевые явления приурочены, главным образом, к теплой половине года, но при благоприятных условиях они могут возникать и в зимнее время. Зимние сели, возникающие вследствие прорывов зажорных плотин, наблюдаются, например, на реках Иссык-Кульского и Чуйского бассейнов.

Хотя прорывы приледниковых моренных озер, приводящие также к образованию селевых паводков, вызываются в конечном счете теми же условиями интенсивного таяния и выпадения обильных жидких осадков, селевые паводки, возникшие в результате быстрого,

практически мгновенного, спуска масс озерной воды, характеризуются особыми чертами, что делает необходимым выделение этих паводков в особую категорию. В зависимости от объема прорвавшихся озер такие паводки могут достигать колоссальной силы и представлять чрезвычайно большую опасность.

В июне 1963 г. в результате прорыва приледникового озера в верховьях р. Тезтор (с объемом воды, по оценке А. А. Григорьева, в 80 тыс. м^3), вызванного интенсивными осадками, продолжавшимися в течение двух недель и последовавшим за осадками резким повышением температуры воздуха и усиленным таянием, прошел селевой паводок по рекам Тезтор, Адыгине и Алаарче. По р. Адыгине сель шел волнообразно, вал за валом. Поток представлял серую и вязкую массу из воды, валунов, камней, древесных стволов, гравия и песка. Прохождение селя сопровождалось оглушительным шумом, сотрясением земли, поток выбрасывал в стороны камни и гальку, щепки и брызги.

По сведениям А. Н. Крошкина [67], давшего описание этого селя, поток содержал около 70% твердых частиц, а валуны и камни составляли не менее 30% твердой фазы. Поток нес обломки скал объемом в 10—25 м^3. Два скальных обломка, находившиеся прежде в голове конуса выноса р. Адыгине, один диаметром в 6,5 м и другой — диаметром в 4,2 м, были перенесены соответственно на 200 и на 400 м. Высота кативших по Адыгине валов достигала 3—4 м на прямолинейных участках и 6—8 м — на изгибах русла. Максимальный расход потока в устье р. Адыгине при ее выходе в гораздо более широкую Алаарчинскую долину А. Н. Крошкин оценивает в 400 м^3/сек. Обычно же паводковые расходы здесь не превышают 3—4 м^3/сек.

Выйдя в Алаарчинскую долину, поток направился по руслу Алаарчи, постепенно распластываясь. В створе станции Байтык, расположенной перед выходом реки из гор в Чуйскую долину, максимальный расход был оценен в 50 м^3/сек. (наблюдательные установки вышли из строя при расходе в 33 м^3/сек.). Здесь поток проносил камни диаметром до 2,5 и на 60% состоял из валунов, камней и более мелких твердых включений.

Селевой паводок углубил и расширил русло на всем протяжении, полностью переработал конус выноса р. Адыгине вместе с росшим на нем лесом, отложил новый конус объемом в 200 000 м^3. Выйдя в Чуйскую долину, поток разрушил или повредил все водозаборные сооружения на р. Алаарче, заилил каналы, затопил и смыл посевы, причинил большой хозяйственный ущерб.

Селевые паводки прорывного происхождения не всегда связаны с наземными озерами, нередко они возникают как результат прорыва внутриморенных емкостей даже при отсутствии озер, и также могут быть весьма мощными и опасными. Другую разновидность селевых паводков этого рода представляет прорыв русловых озеровидных емкостей. Это явление приурочено к высокогорной зоне, к небольшим, но достаточно широким долинам с полным отсутствием

растительности, огромным нагромождением обломочных материалов и небольшим стоком, действующим лишь в летнее время. Эти обычно сухие русла представляют собой цепочку связанных друг с другом разновысотных чаш, сложенных из каменистых обломков. В летний период при начавшемся таянии снега талые воды образуют струящийся меж камней небольшой поток. Интенсивное таяние снега и ледников в разгар лета, а иногда и значительные жидкие осадки в это время, приводят к постепенному насыщению водой слагающего русло материала, и в определенный момент вся эта насыщенная водой масса приходит в движение, происходит последовательный прорыв отдельных чаш, возникает водо-каменный селевой паводок. Такие явления, в частности, отмечались при наземных и авиационных наблюдениях в речных бассейнах на северных склонах Киргизского хребта. В таких условиях сели проходят, как правило, один раз в год.

Прорывные сели хотя и могут в отдельных случаях достигать огромной силы и представлять большую опасность, в большинстве случаев возникают при прорывах небольших емкостей, распластываются и затухают внутри собственно горных бассейнов, носят местный характер и не выходят в межгорные долины.

Нельзя не упомянуть селевые паводки искусственного происхождения, возникающие в результате прорывов искусственных завальных плотин, возводимых из неотсортированных и неукрепленных местных грунтов. Практика показывает, что подобные плотины в условиях Киргизии малонадежны, подвержены разрушению, приводящему к прорыву их с возникновением селевых потоков, характер которых зависит от прорвавшегося объема воды и порой чреват катастрофическими последствиями. Это особенно необходимо подчеркнуть в связи с тем, что развитие народного хозяйства республики, в первую очередь ирригации, а также горной промышленности, в последние годы привело к постройке подобных плотин, которые в ряде случаев были прорваны с образованием разрушительных селевых паводков (реки Аламедин, Кичекемин).

Выше были перечислены динамические условия образования селей, действие которых, по существу, состоит в создании избыточного относительно данного состояния русловой сети жидкого стока или, иначе говоря, большого паводка. Возникновение такого избыточного стока представляет несомненный интерес и в высшей степени важно для познания процессов селеобразования. Это особенно интересно и важно в связи с тем, что, как подчеркивалось при рассмотрении вопросов формирования стока и свойств зарегулированности речного стока, благодаря высокой фильтрационной способности почво-грунтов в речных бассейнах Киргизии образование поверхностного стока не имеет сколько-нибудь значительного развития. Тем самым, казалось бы, при почти полной зарегулированности стока избыточное поступление вод в русловую сеть и возникновение больших паводков, всегда приобретающих селевой характер, не должно иметь места. Однако все сказанное в отдельных,

неключительных, случаях может потерять силу. В определенных условиях система подземного регулирования стока расстраивается, практически выходит из строя, и тогда главным видом стекания становится поверхностный сток. Это случается при обильном поступлении ливневых, дождевых или талых вод на поверхность водосбора, когда почво-грунты, приняв некоторое предельное количество воды, теряют способность к дальнейшему поглощению продолжающих поступать вод.

В самом деле, если наблюдения в Алаарчинском, Кызылсуйском и других бассейнах показывают, что даже значительные осадки в 10—15 мм за суточный период практически полностью поглощаются почво-грунтами, не давая поверхностного стока, то эксперименты с искусственным дождеванием обнаружили значительную изменчивость водопоглотительных способностей почв и грунтов. Например, опыты на Дубовской опытной станции [59] показали, что период полной потери дождя на инфильтрацию очень велик при сухой почве (десятками миллиметров слоя дождя) и много меньше при влажной почве (доходя до нескольких миллиметров). Коэффициент стока оказался зависящим как от влажности почвы, так и от интенсивности дождя, достигая при благоприятных условиях (влажной почве и интенсивных осадках в 1,5—2,0 мм/мин.) 0,70. Каково это предельное, насыщающее, почво-грунты значение количества поступающих вод?

В этом отношении заслуживают внимания условия селеобразования в двух следующих случаях.

Сильные ливневые осадки, выпадающие с перерывами в течение двух дней в начале мая 1958 г. в междуречье Джаламыш — Сокулук, вызвали образование и выход селевых потоков из обычно сухих саев в нижнем ярусе гор, обращенных в сторону Чуйской долины. Бурные, насыщенные камнями, галькой и песком потоки заметно углубили саи и, выйдя в Чуйскую долину, слились и потекли по уклону местности как по руслам рек Джаламыш и Сокулук, так и широким фронтом по понижениям долины.

На своем пути поток нанес повреждения головным сооружениям каналов, местами размыл или заилил каналы. Подойдя к линии железной дороги Луговая — Фрунзе, поток забил водопропускные трубы принесенными наносами, поднялся до полотна пути, размыл конусы мостов, начал подмывать насыпи и мостовые опоры.

Встретив очередное препятствие в виде шоссейной дороги Фрунзе — Чалдовар, поток забил водопропускные трубы в русле р. Джаламыш, а затем срезал этот участок дорожной насыпи на протяжении около 20 погонных метров. Около с. Сокулук (на расстоянии 20 км от места зарождения селя) вода текла метровым слоем через шоссе, представляющем центральную улицу, затопила сады и огороды, повредила отдельные строения, сорвала и унесла две мельницы вместе с плотинами.

В районе формирования этого селя 3/V 1958 г. выпали ливневые осадки общей суммой до 30 мм (табл. 52). Однако эти осадки

не повлекли за собой каких-либо серьезных паводков. На следующий день ливни повторились. Эти осадки уже вызывали образование чрезвычайного селевого паводка. Таким образом, в данном примере осадки в количестве до 30 мм за суточный период оказались неселеобразующими, а осадки сверх 30 мм привели к возникновению селевых паводков.

Примечательны и селевые паводки, прошедшие на реках Северной Киргизии в июле 1958 г. В первой половине июля стояла жаркая погода, что обусловило интенсивное таяние снега в высокогорной зоне. Расходы воды на реках быстро повышались и к середине июля достигли довольно больших величин. С вечера 14/VIII начался дождь; основная масса осадков выпала в ночь на 15/VIII, а местами и в последующие дни (с меньшей силой). Повсеместно на склонах гор в Таласском, Чуйском и Иссык-Кульском бассейнах, а также на севере Нарынского бассейна выпали значительные осадки, превысившие 30 мм. Эти осадки повлекли за собой образование мощных селевых паводков на реках Северной Киргизии, выполнивших огромную работу по деформации русел рек, выносу материалов разрушения гор и причинивших серьезный ущерб народному хозяйству. На ряде рек (Чу, Чонкемин, Аламедин, Чонкаинды, Чонаксу, Кёкёмерен и др.) максимальные расходы паводка превзошли наблюдавшиеся ранее. Таким образом, и в данном случае селевые паводки были вызваны осадками, превысившими 30 мм.

Таблица 52

Ливневые осадки (мм) в районе рек Джаламыш и Сокулук 3 и 4/V 1958 г.

Пункт наблюдений	3/V	4/V
г. Фрунзе	20	20
Аэропорт Фрунзе . . .	20	30
Гидропост Джаламыш .	30	30
п. Белогорка	6	13

В табл. 53 приведены подробные сведения об осадках и расходах воды в Алаарчинском бассейне. Они показывают, что осадки до 30 мм, которые выпали в бассейне в ночь с 14 на 15/VIII, не вызвали паводков и селей, хотя и обусловили некоторое увеличение расходов воды. Образование селевого паводка произошло лишь при последующих осадках, количество которых на значительной части бассейна превысило 30 мм.

Этот паводок оказался необычайно продолжительным: осадки, наблюдавшиеся 16 и 17/VIII при водонасыщенном состоянии почвогрунтов, расходовались на поддержание паводкового стока. С вечера 17/VIII начался резкий спад селевого паводка, что было вызвано как сокращением осадков начиная с дневного периода 17/VIII, так и тем, что осадки в верхней части бассейна с этого времени уже выпадали в твердом виде и фактически в образовании стока участия не принимали. Снеговая линия в бассейне понизилась до необычной для этого времени высоты. Этим и объясняется сильное уменьшение стока 18—19/VIII. В последующие дни таяние выпавшего снега

Таблица 53

Осадки (мм) и расходы воды ($м^3$/сек.) в Алаарчинском бассейне за вторую декаду июля 1958 г.

Пункт наблюдения	12		13		14		15	
	8 час.	20 час.	8 час.	20 час.	8 час.	20 час.	8 час.	20 час.
Осадки								
Топкарагай	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	13,5
Альпинистский лагерь . .	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	5,7
Карагайли-Булак	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,6	0,4
Гидропост Байтык	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	22,7	2,7
Расходы воды								
Гидропост Байтык	15,7	18,9	15,7	17,7	16,1	18,5	18,1	31,5

Пункт наблюдений	16		17		18		19	
	8 час.	20 час.	8 час.	20 час.	8 час.	20 час.	8 час.	20 час.
Осадки								
Топкарагай	10,0	12,5	13,1	21,2	3,1	0,4	0,5	0,0
Альпинистский лагерь . .	13,0	6,6	14,6	2,3	0,1	0,2	0,0	0,0
Карагайли-Булак	18,6	5,3	13,3	3,6	0,0	7,9	0,0	0,0
Гидропост Байтык	20,6	2,8	12,5	6,1	0,0	1,8	0,0	0,0
Расходы воды								
Гидропост Байтык	31,9	24,8	24,8	17,1	14,5	12,1	14,5	15,0

привело к некоторому возрастанию расходов. Ряд участков Алаарчинской долины селевой паводок преобразил до неузнаваемости, решительно изменил горизонтальные и вертикальные очертания ее дна.

Анализ этих и некоторых других, хотя и немногочисленных, случаев селеобразования, поддающихся исследованию, побудил автора еще в 1958 г. остановиться на 30-миллиметровой величине суточных осадков как уровне водонасыщения почво-грунтов в общих природных условиях Киргизии, приводящем к нарушению системы грунтового регулирования стока и формированию поверхностного стока. Практическое значение этого уровня, естественно, очень велико, так как без знания этого уровня невозможны расчеты, необходимые для прогноза селевых паводков. Наблюдения последних лет (табл. 54), как и результаты прогнозирования селей, проведенные автором и его сотрудниками в УГМС Киргизской ССР, подтвердили приемлемость этого решения.

Таблица 54

Примеры селевых паводков, вызванных выпадением осадков, с характеристикой условий их образования

Район образования селей	Время образования селей	Место и общий характер селей	Осадки, мм	
			в предыдущие дни	в день возникновения селя
р. Алаарча	2/VI 1953 г.	Сай Лагерный, впадает в р. Алаарчу в 10 км ниже гидропоста		45
р. Исфана	1/VI 1957 г.			31,7
	11/VI 1957 г.			30,0
	14/VI 1957 г.			37,8
Междуречье Джаламыш — Сокулук	4/V 1958 г.	Из саев предгорной зоны. Разрушения в дорожном и водном хозяйствах. Затопление с. Сокулук	3—30/V	30,0
Карасу в с. Кировском	27/VI 2958 г.			63,0
Междуречье Джаламыш — Сокулук	26—27/VI 1958 г.	Из саев предгорной зоны. Разрушения в дорожно-мостовом хозяйстве, затопление с. Сокулук		п. Белогорка 37,2; п. Джаламыш 54,7; ГМС Фрунзе 28,1
Северная Киргизия и Прииссыккулье	15/VII 1958 г.	По всем рекам, стекающим в Чуйскую долину, по рекам Прииссыккулья. В ряде случаев максимальные расходы достигли не наблюдавшихся ранее значений		свыше 30
р. Кызылсу (Чуйская долина)	8/IV 1959 г.			71,1
р. Турагаин (приток Шамси)	8/IV 1959 г.			38,1

Восточное Приферганье	4—6/V 1960 г. 19—22/V 1960 г. 26—28/V 1960 г.	Сели по рекам и саям Тентяксай, Кугарт, Яссы и др. Значительный ущерб и разрушения водному, дорожному, коммунальному хозяйствам. В ряде случаев максимальные расходы превзошли ранее наблюдавшиеся		п. Чарвак 1—6—100; п. Саламалик 1—6—76; п. Чарвак 15—16—40; п. Саламалик 9—12—80; п. Чарвак 19—22—150; п. Чарвак 26—27—53; п. Саламалик 26—27—51
Между пунктами Хайдаркан — Кадымжай	18/IV 1963 г. 19/IV 1963 г. 21/IV 1963 г.	Сели по саям предгорной зоны. Ущерб коммунальному хозяйству	18/IV — 43; 18/IV — 43; 19/IV — 11; 20/IV — 00	п. Паульган 43; п. Уч-Коргон 11; п. Паульган 37; п. Уч-Коргон 16
Северная Киргизия	8/V 1963 г.	Сели из многих саев низкогорной зоны в Чуйской и Таласской долинах. Ущерб ирригационной сети и автодорогам	6/V — 00	Юрьевка 19; п. Юрьевка 29; п. Прохладное 24; п. Прохладное 50; п. Сосновка 30; п. Байтык 32; п. Талас 33; п. Фрунзе 65; п. Сосновка 42
			7/V — 0—5	п. Талас 26
р. Кашкасу (пр. Алаарчи)	22/V 1963 г.	Сель по небольшой низкогорной реке	Незначительные	п. Байтык 32
р. Аксу (чуйская)	27/V 1963 г.	Сель из лога в низкогорной части бассейна р. Аксу		п. Чон-Арык 30
	3/VI 1963 г.	Сели из саев в предгорной зоне	1/VI п. Чон-Арык — 15	п. Чон-Арык 42
			2/VI п. Чон-Арык — 5	
р. Четенде	8/VI 1963 г.	Сель из низкогорного притока р. Сокулук		п. Белогорка 41,3

Говоря о критическом значении осадков, конечно, нельзя упускать из виду того, что, во-первых, оно не может не быть связано с начальным состоянием влажности почво-грунтов и, во-вторых, принимаемая для всей территории Киргизии критическая 30-миллиметровая величина этих осадков, несомненно, представляет известную генерализацию так или иначе изменяющихся по территории статических условий селеобразования. На его связи с начальным состоянием увлажнения почво-грунтов остановимся ниже. Что касается вопроса генерализации, то здесь необходимы специальные исследования в различных частях территории и при различных сочетаниях геологических и географических условий. Сейчас же за недостатком наблюдений по этому поводу можно сделать лишь некоторые частные замечания.

Например, предположительно для нижних частей горных бассейнов левых притоков р. Талас, рек Урмарал, Кумыштаг, Карабура, критическое значение осадков должно быть несколько меньше 30 мм, возможно оно будет около 25 мм. Некоторые отклонения от 30-миллиметрового значения в сторону снижения можно ожидать и для Чонкызылсуйского бассейна, исходя из наблюдений И. Д. Цигельной и Г. Н. Голубева [107] на стоковых площадках. Эти наблюдения показали, что формирование поверхностного дождевого стока имеет место в двух исключительных случаях: или при осадках, выпадающих на сильно увлажненную поверхность, с влажностью верхнего горизонта почвы, равной 100%, или же при дождях, выпадающих в течение не менее 8 час. при средней интенсивности не менее 0,05 мм/мин., что означает выпадение 24 мм осадков.

В связи с рассмотрением вопроса нарушения системы грунтового регулирования уместно отметить следующее. Как указывалось, обычное отсутствие поверхностного дождевого и ливневого стоков является делом непосредственно и часто наблюдаемым не только в экспериментах, но и в повседневной жизни. И, конечно, намного труднее уловить момент насыщения водой почво-грунтов и возникновения поверхностного стока. Тем больший интерес представляет свидетельство работников водного хозяйства, очевидцев образования селевого потока 3/VI 1963 г. в районе выхода р. Аксу в Чуйскую долину. Ливневый дождь здесь дал 42 мм осадков (п. Чон-Арык), причем наибольшая интенсивность дождя наблюдалась в первые полчаса, после чего склоны логов в нижней части (выше осадков было меньше и верхняя зона в формировании паводка не участвовала) покрылись слоем стекающей воды, которая, достигнут тальвегов, образовала селевые паводки. Это наглядная картина впитывания поступающих на поверхность водосбора вод почво-грунтами, насыщения водой, образования поверхностного стока и селевого паводка.

В распределении селевых явлений во времени и по территории обнаруживаются определенные закономерности [46], знание которых также важно для расчетов и прогнозов селей.

На высокогорных реках, имеющих ледниковое и снеговое питание, селевые паводки наблюдаются в период с середины июня до середины августа. К таким рекам относится большинство основных рек Иссык-Кульского, Чуйского и Таласского бассейнов, реки восточной и юго-западной частей республики. На низкогорных реках имеющих снеговое и дождевое питание, при больших площадях бассейнов, исчисляемых в сотни и тысячи квадратных километров, сели приурочены к периоду с середины апреля до середины июня, при площадях водосборов в десятки квадратных километров,— к периоду апрель — сентябрь. К этим рекам будут относиться реки Средне- и Нижне-Нарынского, Чаткальского, Карадарьинского и Сырдарьинского бассейнов. В каждом из этих бассейнов, естественно, представлены реки как с большими, так и с малыми водосборами. Сюда же будут относиться отдельные реки в Иссык-Кульском, Чуйском и Таласском бассейнах и некоторые реки на юго-западе республики, собирающие свои воды с нижней зоны гор. Наконец, самостоятельную группу будут составлять саи предгорных зон. Обычно такие саи имеют небольшие водосборные площади (преимущественно в несколько квадратных километров), обращенные к широким межгорным долинам. Сток на таких саях бывает периодически; продолжительность селеопасного периода наибольшая — с марта по сентябрь.

Безусловно, некоторые смещения концов этих периодов в соответствии с конкретно сложившейся обстановкой не исключены. Особенно это следует иметь в виду в отношении саев, находящихся в полосе наиболее неустойчивых погодных условий. Наглядное свидетельство этого — названный выше случай зимнего селевого паводка на сае Шаро. Также нужно считаться с возможностью прохождения селей на реках в зимнее время в результате прорывов зажорных плотин, о чем было сказано выше.

Изложенные закономерности селевых паводков основываются на том, что условия возникновения больших паводков в зависимости от общей обстановки тех или иных водосборов, могут осуществляться лишь в определенное время года.

На высокогорных реках большие паводки возникают в результате обильных жидких осадков, выпадающих на фоне высоких температур, а также в результате интенсивного таяния ледников и высокогорного снега или, чаще всего, того и другого вместе взятых. Наиболее интенсивное таяниye в высокогорной зоне происходит в период с середины июня до середины августа. На это же время приходятся и интенсивные, паводкообразующие, осадки; в более ранние и более поздние сроки осадки на большей части бассейна выпадают в твердом виде и на заснеженную поверхность и не являются фактором, вызывающим большие паводки. Это обстоятельство отмечается также С. П. Кавецким и В. Р. Гулиной [53].

Обязательным условием возникновения больших селевых паводков на крупных низкогорных реках (так же как и на крупных высокогорных реках) является сочетание интенсивного таяния и обильного

Таблица 55

Наблюденные максимальные расходы на некоторых реках и саях Киргизии

Река	Пункт	Гидрографический бассейн	Площадь водосбора, км²	Дата прохождения максимального расхода	Максимальный расход, м³/сек.	Модуль максимального расхода, л/сек. км²
Майлису	устье р. Кайрагач	Ферганский	579	8/IV 1959	100	173
Шайдансай	кишл. Шайдан	"	126	2/VIII 1954	53,2	422
Тентяксай	кишл. Чарвак	"	1160	20/V 1960	315	272
Сай Курганташ	у выхода из гор	"	60	15/V 1960	30,0—35,0	583
Зергер	кишл. Тассай	"	216	17/IV 1952	98,0	454
Донгузтау	кишл. Донгузтау	"	166	24/IV 1958	63,7	384
Кондова	у выхода из гор	"	98	20/V 1960	43,4	443
Сай в районе г. Узген	кишл. Янги-Наукат	"	4,5	28/V 1963	8,00	1778
Аравансай	(бассейн р. Шахимардан)	"	377	11/VII 1930	50,2	133
Лог Анхор		"	29,4	18/IV 1963	28,0	952
Сох	кишл. Сары-Канда	"	2250	29/VII 1913	296	130
Чаткал	устье р. Терс	Чаткальский	4280	16/VI 1934	445	104
Джиргалан	с. Советское	Иссык-Кульский	250	11/V 1928	64,0	256
Сай Джолбарсты	(бассейн р. Тамги)	"	30,6	11/VIII 1963	30,8	1000
Тоссор		"	304	11/VIII 1963	115	378

Торайгыр	устье р. Кызыл-Булак	Иссык-Кульский	146	12/IX 1962	125	856
Чон-Аксу	"	"	309	15/VII 1958	52,0	168
Каракуджар	с. Сары-Булак	Чуйский	1290	14/VI 1934	129	100
Чон-Кемин	устье р. Карагайли-Булак	"	981	16/VII 1952	131	134
с. Чолоксай	(бассейн р. Кичекемин)	"	9,5	15/VII 1958	25,0	2632
Турагаин	устье	"	37,4	5/VII 1957	40,0	1080
Норус	у выхода из гор	"	180		25,0	139
Чонкурчак	устье	"	97,0	20/VII 1954	24,1	248
Сай Лагерный	(бассейн р. Алаарчи)	"	3,0	9/VII 1955	10,8	3600
Аксай	то же	"	28,0	27/VII 1961	25,0	893
Адыгине	"	"	38,0	22/VI 1953	300	8000
Алаарча	устье р. Кашкасу	"	233	22/VI 1953	50,0	215
Кашкасу	устье	"	26,0	20/VII 1954	6,91	266
Сай Четенде	(бассейн р. Сокулук)	"	4,7	3/VII 1963	21,0	4468
Сай Минтукум	(бассейн р. Аксу)	"	10,0	3/VI 1963	60,0	6000
Сай Левобережный	(бассейн р. Аксу)	"	1,0	3/VI 1963	9,0	9000
Сай Яблоневый	(бассейн р. Карабалты)	"	3,6	4/VI 1954	15,0	4167
Ачик-Таш	(бассейн р. Нельды)	Таласский	44,4	30/IV 1956	30,0—35,0	750
Сай Ишме	(бассейн р. Карабура)	"	4,2	11/IV 1963	19,2	4571

ливневого стока, в то время как действие этих факторов в одиночку в общих условиях Киргизии не может привести к формированию селевого паводка. Паводки, вызванные одной из этих причин, не выходят из рамок обычных паводков, не приобретают селевого характера. Это связано с тем, что с ростом площади водосборного бассейна относительная сила как ливневого, так и талого стока убывает: ливни и интенсивное таяние, каждый в отдельности, охватывают тем относительно меньшую часть бассейна, чем больше общие размеры этого бассейна. Сочетание же высокого талого и мощного ливневого стока на крупных низкогорных реках может иметь место лишь в период с середины апреля до середины июня, когда тают основные запасы снега и талый сток достигает наибольшего развития, а вероятность выпадения жидких ливневых осадков весьма значительна.

На низкогорных реках с малыми площадями бассейнов селеобразующий эффект могут дать при интенсивном развитии как таяние, так и обильные осадки, даже без сочетания их во времени, поэтому селевые паводки здесь могут образоваться в течение длительного времени, с апреля по сентябрь. Паводкообразующие жидкие осадки в таких районах могут выпадать как весной, так и летом.

На саях с периодическим стоком, располагающихся в самом нижнем ярусе гор, как правило, селевые паводки вызываются только ливневыми или длительными обложными осадками (в силу общих климатических условий предгорной зоны, окаймляющей межгорные долины, запасы снега здесь обычно не достигают больших значений, а их таяние — селеобразующего размаха). В связи с этим селевые паводки на саях могут наблюдаться в течение всего периода возможного выпадения значительных ливней или продолжительных обложных дождей (с марта по сентябрь) с некоторой детализацией этого периода в соответствии с географическими особенностями основных гидрографических бассейнов. Исключения из этих правил, как было в рассмотренном выше случае прохождения зимнего селя на сае Шаро, все же возможны.

Защита от селевых паводков. Своеобразием горных рек является кажущийся большой запас пропускной способности (в логах и саях обычные расходы близки или равны нулю, сравнительно невелики они и на большинстве рек) и очень значительное, иногда даже многократное, возрастание расходов при селевых паводках с полным исчерпанием пропускных возможностей существующей русловой сети. Такое возрастание расходов обусловлено не только поступлением воды на поверхность водосборов, жидким стоком, но и включением в поток твердой фазы, всевозможных наносов, доля которых может быть очень значительной, а также заторным характером движения селевых потоков. Все это, разумеется, сильно усложняет расчеты максимальных селевых расходов.

Максимальные расходы в условиях Киргизии, естественно, связаны с селевыми паводками. Некоторое представление о величинах максимальных расходов могут дать приводимые в табл. 55 сведения

о наблюденных на ряде рек за многолетний период наибольших расходах, имеющих примерно 3—5% обеспеченность.

Обобщая даные таблицы, можно получить следующую зависимость между площадями водосборов и модулями наибольших расходов 3—5% обеспеченности (рис. 52):

до 10 км² — 6000 л/сек. км² и более;
до 50 км² — 1000 л/сек. км²;
до 100 км² — 750 л/сек. км²;
до 300 км² — 550 л/сек. км²;
до 500 км² — 400 л/сек. км².

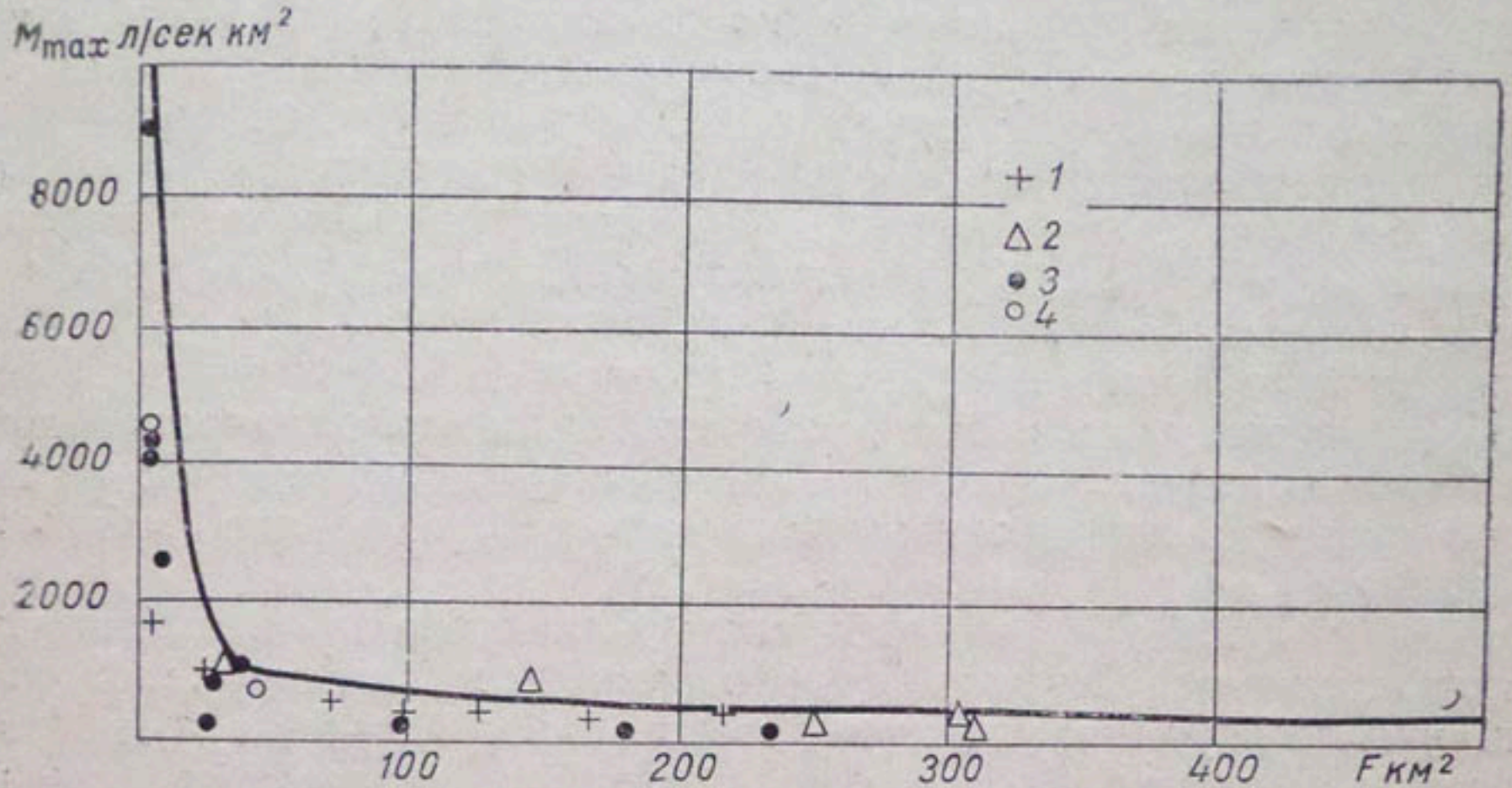

Рис. 52. Зависимость (верхняя огибающая) модулей максимального стока (3—5%-ной обеспеченностей) для рек и саев Киргизии от площадей водосборов.

1 — Прифергапский бассейн, *2* — Иссык-Кульский бассейн, *3* — Чуйский бассейн, *4* — Таласский бассейн.

Следует заметить, что в связи с более активной ливневой деятельностью на прилегающих к Киргизии западных окраинах Тянь-Шаня, входящих в Узбекистан и Казахстан, максимальные расходы здесь более высоки, чем на территории Киргизии. Так, модули максимальных расходов для водосборов в 50—60 км² здесь достигают 1000—2000, а местами даже 5000 л/сек. км², а при водосборах до 250—300 км² — доходят до 600—1000 л/сек. км². Даже на площадях в 10 тыс. км² модули максимальных расходов здесь могут составлять 200 л/сек. км² (р. Чирчик, с. Ходжикент).

Селевые паводки наносят большой урон народному хозяйству Киргизии. Средний ежегодный ущерб от селевых паводков, по самым неполным данным, наносимый водному хозяйству, гидроэнергетике, автодорожному и железнодорожному транспорту, превышает 1 миллион рублей. Наблюдается тенденция к активизации селевой деятельности и росту убытков от селей, что связано с быстрым развитием водного хозяйства, широким хозяйственным освоением тер-

ритории. Поэтому недооценка селевой угрозы является совершенно недопустимой и задача защиты от селей приобретает первостепенную важность.

Рассмотрение причин селевых разрушений, связанных с состоянием подвергающихся разрушению объектов, показывает следующее. Общее состояние противоселевой защиты в республике неудовлетворительное; многие селеопасные участки лишены достаточной и необходимой защиты. В ряде случаев расчеты пропускных отверстий являются необоснованно заниженными. В других случаях не обращается должное внимание на обязательность заглубления мостовых опор, оснований защитных дамб и других сооружений ниже уровня возможного размыва и потери состояния устойчивости с учетом интенсивности глубинной эрозии селевого потока, особенно значительной при искусственном сужении русла. Это приводит к печальным последствиям: мостовые опоры опрокидываются, капитальные бетонные стенки подмываются и повисают. Иногда сделанные расчеты становятся непригодными вследствие, например, выборки гравия для строительных целей, приводящей к возрастанию уклонов русла и усилению глубинной эрозии, т. е. к непредусмотренной интенсификации русловых процессов. Кроме того, зачастую допускается недооценка направления главного удара селевого потока, в результате чего противоселевые сооружения теряют работоспособность.

Применение труб для пропуска воды в селевых районах должно считаться недопустимым (как это принято на V Всесоюзном совещании по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними [95]): очень часты случаи, когда трубы забиваются наносами в самом начале селевого паводка и выходят из строя, что приводит к катастрофическим последствиям.

В деле борьбы с селевой угрозой в Киргизии предстоит большая работа. Обязательным условием любого нового строительства должно быть предварительное выяснение степени селевой опасности местности, осуществляемое путем изучения степени эрозии и аккумуляции и общих условий стока. Все существующие в селеопасных зонах объекты: населенные пункты, железнодорожные, автодорожные и гидротехнические сооружения и сельскохозяйственные угодья— должны быть надежно защищены от угрозы селей инженерными средствами.

Известную пользу в борьбе с селевой угрозой приносят и прогнозы селей.

Изложенные выше сведения о природе селей, об их территориальных и временных особенностях, о факторах, порождающих чрезвычайные паводки, дополненные соответствующим анализом гидрометеорологической обстановки, делают задачу прогноза селей в принципе разрешимой [46].

Практически прогноз селевых паводков оказывается очень сложным и затруднительным делом. Затруднения эти главным образом связаны со следующими моментами.

Во-первых, в настоящее время плотность гидрометеорологических наблюдений недостаточна для обеспечения полного гидрометеорологического освещения территории. В результате выводы о гидрометеорологических процессах неизбежно носят весьма приближенный, схематический, характер и не учитывают многих особенностей, присущих различным микрорайонам. Между тем очень часто селевые явления возникают в отдельных саях и ущельях и являются следствием обстановки, сложившейся именно в данном микрорайоне.

Во-вторых, современный уровень представлений о развитии метеорологических процессов недостаточно высок и не удовлетворяет предъявленным требованиям. В особенности это положение относится к представлениям об ожидаемых осадках. Эти представления в количественном отношении нечетки и не вполне определенны, а огромная важность их для суждений о возникновении селевых паводков ясна из изложенного выше.

Рассматривая проблемы прогноза дождевых паводков, Е. Г. Попов и В. М. Лыло [90] отмечают, что при полной состоятельности современных физических представлений о процессах формирования дождевых паводков и принципиальной возможности их прогноза, расчетные схемы, позволяющие надежно и достаточно точно предсказывать в массовом масштабе дождевые паводки, их объемы и гидрографы, отсутствуют. Причины такого положения они видят также в недостаточности необходимых для этого наблюдений и информации: сведений о количестве осадков, временном и пространственном распределении их, данных о состоянии водопоглотительной способности речных водосборов.

При всем сказанном нужно считать, что определенная часть селевых паводков уже в настоящее время поддается прогнозу.

Прогноз чрезвычайных селевых паводков снегового и ледникового происхождения обычно не встречает особо серьезных затруднений. Подготовка таких паводков, как отмечалось выше, протекает в достаточно явной форме и продолжается сравнительно длительное время. Например, при таянии в горных водосборах значительных запасов снега или усиленном таянии ледников приближение расходов воды на реках к средним паводковым расходам и ожидающееся сохранение в ближайшие дни высокой температуры воздуха или ее дальнейший рост являются признаками наступления селевых паводков. На этом основании на ближайшие дни может быть дан прогноз прохождения селевых паводков.

Прогноз наиболее распространенных селевых паводков дождевого и ливневого происхождения опирается на следующие положения.

1. Так же как и в случаях селей иного происхождения, селевые паводки, обязанные дождям и ливням, протекают в соответствии с их территориально-временными особенностями.

2. Селеобразующими являются дождевые и ливневые осадки в 30 мм при непрерывном выпадении.

3. Критическими осадки в 30 мм являются в обстановке предшествующей достаточно длительное время сухой погоды (порядка недельной продолжительности). Если в предшествовавшие дни выпадали осадки, то селеобразующими могут оказаться осадки, не достигающие величины 30 мм.

4. В случае выпадения осадков в предшествующие дни для расчета состояния влажности почво-грунтов суточная потеря влаги, по-видимому, может быть принята в размере 5 мм. Зная эту величину, можно на каждый день производить расчет дефицита почвенно-грунтовой влажности до критического значения в 30 мм. Этот расчет выполняется посредством алгебраической суммы (в границах ее неразрывно положительных значений от 0 до 30 мм), в которую входят суточные величины осадков (с положительным знаком) и суточные потери влаги (с отрицательным знаком).

Смысл предельных ограничений, наложенных на алгебраическую сумму состоит в том, что реальная изменчивость почвенно-грунтовой влажности заключена приблизительно в этих границах. Считается, что эта сумма не может иметь отрицательных значений, и при нулевом значении суммы устанавливается некоторое состояние равновесия, при котором дальнейшее одностороннее сокращение запасов почвенно-грунтовой влаги практически не имеет места. Также считается, что ни суточный, ни многосуточный приход влаги в почво-грунты не может превосходить величины 30 мм, поскольку эта величина представляет предельное состояние почвенно-грунтовой влажности (с точки зрения ее воздействия на поверхностный сток) и все, что его превосходит, идет в сток без какой-либо задержки.

5. Во многих случаях в природных условиях Киргизии прохождение первого, сопровождающегося осадками фронта не дает осадков больше 30 мм, хотя абсолютные суточные максимумы и могут достигать 100 мм. Однако следом за основным фронтом идут новые фронты, возникают волновые процессы, обусловленные влиянием горного рельефа. С прохождением фронтов осадки могут возобновиться также вследствие внутримассовой ливневой деятельности, которая иногда дает осадки не меньше, чем при прохождении фронтов. В связи с этим при количественной оценке ожидающихся осадков с точки зрения их селеобразующей роли серьезное внимание должно быть обращено на обстановку, возникающую после прохождения первого фронта.

Последние два положения значительно облегчают задачу прогноза селевых паводков. Современный синоптический анализ не позволяет делать уверенные выводы в отношении количества ожидающихся осадков. Поэтому в каждом конкретном случае очень трудно решить, будут ли осадки меньше или больше 30 мм. Это тем более трудно, что повторяемость осадков более 30 мм в условиях Киргизии довольно редкая. Но когда осадки, принесенные первым фронтом, значительно снизили критическую величину селеобразующих осадков и задача теперь сводится к оценке осадков более частой

повторяемости, выводы синоптического анализа в отношении порядка величины ожидаемых осадков становятся досаточно надежными.

Необходимо отметить известное своеобразие прогнозов селевых паводков. Во-первых, эти прогнозы, как правило, даются по значительному району, по одному или нескольким гидрографическим бассейнам, в то время как селевые паводки могут осуществляться не обязательно по всей этой территории, а иметь локальный характер, проходя лишь по ограниченному участку или участкам. Во-вторых, прогнозы селевых паводков касаются лишь самого явления, не затрагивая его количественных сторон: объема паводка, его максимального расхода. Несмотря на такой общий в большинстве случаев характер, прогнозы селевых паводков представляют большую ценность. Как показывает практика обслуживания народного хозяйства, предупреждение селей и своевременное принятие необходимых защитных мер значительно снижает опасность и возможный ущерб от селей. Именно к такому выводу приводит опыт предупреждения селей, осуществляющегося в последние годы под руководством автора в Гидрометеорологической службе Киргизской ССР.

В будущем в связи с предстоящей задачей развития гидрометеорологических наблюдений и информации в селеопасных районах, в том числе создания автоматических систем наблюдений и информации, прогнозы селевых паводков должны будут приобрести бо́льшую конкретность.

КОЛЕБАНИЯ СТОКА

Глава XV

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГОДОВОГО СТОКА

Изменчивость годового стока представляет несомненный и большой интерес, поскольку с ней непосредственно связаны возможности, стабильность и характер рационального использования водных и энергетических ресурсов стока. Поэтому изучением многолетних колебаний годового стока занимались многие исследователи [85, 24, 22, 109].

Колебания годового стока главным образом вызываются соответствующими изменениями метеорологических условий. Большее или меньшее поступление твердых и жидких осадков, особенности хода температуры как показателя теплового баланса речных бассейнов сказываются не только на внутригодовом распределении стока, но обусловливают также изменение стока по годам, многолетнее колебание стока. При этом для рек с различными условиями питания будут различны и определяющие колебание стока метеорологические факторы.

Касаясь вопроса колебания стока рек Средней Азии, Э. М. Ольдекоп [85] рассматривает три типа рек: реки, имеющие значительное ледниковое питание, реки без ледникового питания и реки переходного типа, у которых ни ледниковое питание, ни питание за счет годичных осадков в отдельности не являются всецело определяющими факторами. В согласии с воднобалансовыми соображениями он приходит к выводу, что колебания годового стока для первого типа рек связаны с соответствующими изменениями летних температур, для второго типа — с количеством годовых осадков, причем колебания температуры здесь отражаются лишь на распределении стока внутри года и для третьего типа — как с осадками, так и с температурой.

Эти выводы Э. М. Ольдекопа нашли подтверждение в работах М. Н. Большакова [12], который исходит из того, что основными

Таблица 56

Многолетняя изменчивость годового стока рек различного типа питания в связи с изменчивостью основных климатических факторов формирования талых вод (по М. Н. Большакову)

Реки	Расчетный период наблюдений	Средневзвешенная высота бассейна, км	Показатель внутригодового распределения стока	Коэффициент вариации годового стока	Коэффициенты корреляции годового стока с климатическими факторами	
					с суммой годовых осадков	с годовой суммой положительных температур воздуха
Реки с преобладающим влиянием на изменчивость годового стока талых вод В						
Джуука	1937—49	3,25	2,71	0,13	−0,12 ± 0,20	+0,68 ± 0,10
Барскон	1932—49	3,49	2,66	0,15	−0,20 ± 0,16	+0,45 ± 0,13
Исфара	1933—41	3,11	2,41	0,17	−0,39 ± 0,19	+0,52 ± 0,17
Сох	1933—46	3,35	2,33	0,10	−0,11 ± 0,21	+0,69 ± 0,10
Аксу	1929—41	3,42	2,04	0,18	−0,06 ± 0,24	+0,51 ± 0,14
Реки без ярко выраженного влияния на изменчивость годового стока как талых вод А, так и талых вод В						
Каракол (Иссык-Кульский) . . .	1929—41	3,51	1,94	0,14	−0,06 ± 0,18	+0,05 ± 0,18
Карабура	1930—42	2,60	1,89	0,19	+0,64 ± 0,12	−0,23 ± 0,18
Джеты-Огуз . . .	1929—41	3,31	1,72	0,17	+0,15 ± 0,18	−0,35 ± 0,17
Шамси	1932—42	2,93	1,64	0,15	−0,11 ± 0,21	−0,04 ± 0,20
Кызылсу	1932—42	2,44	1,19	0,23	−0,24 ± 0,21	−0,63 ± 0,12
Реки с преобладающим влиянием на изменчивость годового стока талых вод А						
Каракол	1935—45	2,74	1,18	0,26	+0,90 ± 0,02	−0,20 ± 0,20
Кашкасу	1930—43	2,70	0,97	0,26	+0,75 ± 0 08	−0,56 ± 0,13
Нельды	1935—43	2,50	0,36	0,43	+0,95 ± 0,03	−0,35 ± 0,23
Тентяксай	1926—39	2,44	0,29	0,21	+0,86 ± 0,05	−0,59 ± 0,12
Кугарт	1929—39	2,12	0,24	0,29	+0,85 ± 0,05	−0,55 ± 0,12
Чангет	1930—39	1,69	0,19	0,48	+0,91 ± 0,04	−0,67 ± 0,12
Зергер	1933—39	1,92	0,17	0,47	+0,90 ± 0,05	−0,75 ± 0,11

Примечание. А — талые воды от сезонных снегов, В — талые воды от ледников и высокогорного снега.

факторами, определяющими многолетнее колебание стока, являются факторы метеорологического порядка, в то время как роль физико-географических условий сводится лишь к смягчению или усилению этих колебаний. Им выполнены расчеты по связи годового стока с годовыми суммами осадков и суммами положительных температур воздуха, результаты которых приводятся в табл. 56.

Эти результаты действительно в общих чертах подтверждают гипотезу Э. М. Ольдекопа. Заслуживает также внимания обнаруживаемая расчетами М. Н. Большакова тенденция к противоположному характеру связей между стоком и осадками и между стоком и положительными температурами, которая, как об этом упоминалось в предыдущих главах, констатируется и другими исследователями. Кстати, путем непосредственного сопоставления можно заметить и обратную зависимость между количеством осадков и суммой или иной характеристикой положительных температур (рис. 53). Но нужно иметь в виду, что противоположный характер связей стока с осадками и температурами или, вернее, связей стока с талыми водами зоны сезонных снегов и талыми водами зоны ледников и высокогорного снега, конечно, имеет более широкий смысл, чем обратная зависимость между осадками и температурами.

В отношении расчетов М. Н. Большакова можно добавить, что замена стокового года периодом стока в рамках традиционного «гидрологического» года не способствовала повышению четкости выводов. Точно так же при оценке осадков в речных бассейнах по данным низинных станций всегда сохраняется возможность улучшения подхода за счет более точной оценки осадков. Тем не менее можно быть уверенным, что имевшиеся погрешности, пока неизбежные в части оценки осадков и легко устранимые в части вычисления стока, не отразились на полученных принципиальных результатах.

Если наличие многолетних колебаний стока находит физическое объяснение в изменениях метеорологических условий, то степень интенсивности этих колебаний связана с физико-географическими факторами. Для горных рек Средней Азии вообще характерна невысокая изменчивость стока в сравнении с реками многих равнинных территорий. Так, значения коэффициента вариации годового стока для большинства рек Киргизии укладываются в пределах 0,10—0,20, в то время как, например, для большинства рек Восточно-Европейской равнины характерны значения, превосходящие 0,20. При этом наибольшая устойчивость стока присуща высокогорным бассейнам, наименьшая — низкогорным. Лишь для саев, сток которых в настоящее время количественно очень мало изучен, коэффициент вариации годового стока может достигать высоких значений.

Распространенное объяснение повышенной устойчивости стока высокогорных рек связано с представлением о малой изменчивости из года в год объема талых ледниковых и высокогорно-снеговых вод. Такое представление исходило из соображений большей устой-

чивости в высокогорной зоне поступления атмосферных осадков и меньшей изменчивости температурных условий, определяющих таяние в высокогорной зоне, в сравнении с изменчивостью атмосферных осадков. Эти представления сложились из общих соображений, в обстановке отсутствия гидрометеорологических наблюдений в высокогорной зоне и в настоящее время должны быть пересмотрены.

При рассмотрении вопросов формирования стока были изложены результаты наблюдений за таянием в высокогорной зоне, а также оценки стока с высокогорной части бассейна ряда рек. Эти данные показали значительную изменчивость условий таяния ледников и размеров высокогорного стока. Следовательно, относительная устойчивость стока рек со значительным ледниковым питанием связана не с устойчивостью высокогорного стока, а лишь с его регулирующей ролью в общем процессе стокообразования. Именно по этой причине годовой сток высокогорных рек оказывается более устойчивым, чем сток остальных рек.

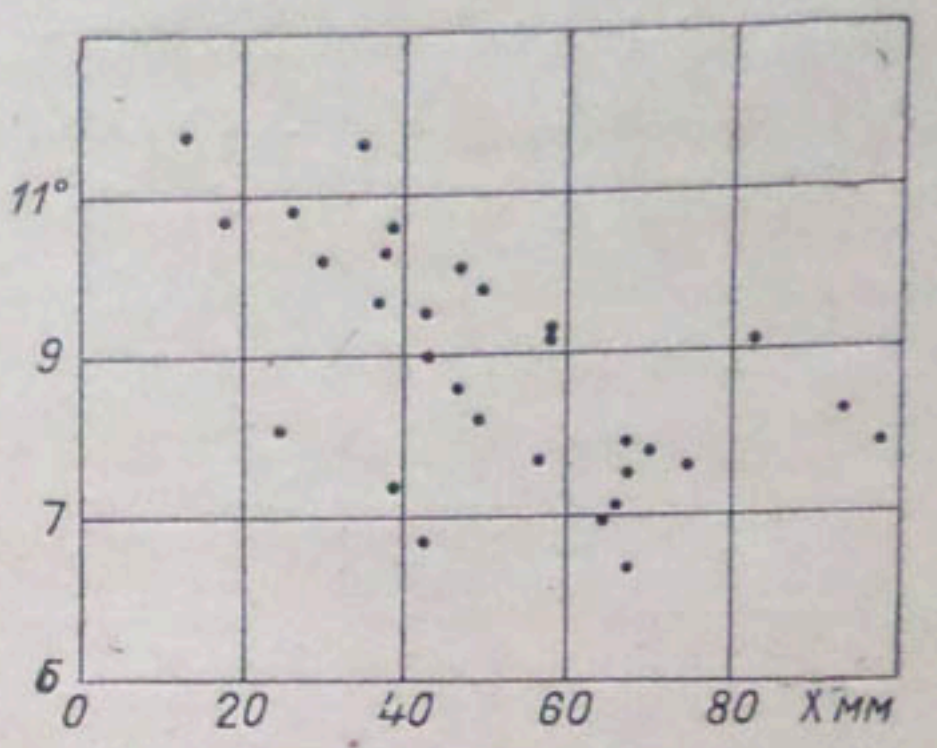

Рис. 53. Характер зависимости между летней температурой воздуха и осадками, август, метеостанция Тянь-Шань.

Если сток с высокогорной зоны подвержен значительной изменчивости, но оказывает сглаживающее воздействие на многолетние колебания общего речного стока, то естественно ожидать, что по мере увеличения роли высокогорного питания степень устойчивости стока должна возрастать. Однако по достижении некоторого оптимального соотношения между высокогорным стоком и стоком с зоны сезонного снега, при дальнейшем увеличении доли высокогорной части в общем речном стоке степень его устойчивости, очевидно, начнет уменьшаться. Эти рассуждения были подтверждены Е. В. Петряшовой [88], получившей именно такую картину связи изменчивости годового стока рек Киргизии и значений параметра δ (рис. 54): изменению δ от 0,15 до 2,0 соответствует изменение C_v от 0,43 до 0,10, а значениям δ от 2,0 и больше — значения C_v от 0,10 до 0,25. Наименьшие значения C_v соответствуют изменениям δ от 1,70 до 2,40. Е. В. Петряшова показала также значительную изменчивость сумм положительных температур в высокогорной зоне в противоположность зоне низкогорной, где она уступает изменчивости годовых осадков [1].

---

[1] Этот вопрос еще нуждается в уточнении. В бассейне р. Амударьи при очень высоких водосборах изменчивость годового стока не обнаруживает тенденции к увеличению по сравнению с более низко расположенными водосборами (*ред.*).

Отдельные классы рек могут иметь в этом отношении заметные отличия. Выше были названы саи, годовой сток которых обладает несвойственной обычным рекам рассматриваемой территории высокой изменчивостью. Также несвойственна для обычных рек исключительно высокая устойчивость годового стока некоторых рек подземного питания. Как правило, свойство подземной зарегулированности сколько-нибудь серьезного влияния на изменчивость годового стока не оказывает. В то же время на некоторых реках подземного питания регулирование стока носит многолетний характер и в связи с этим такие реки имеют практически неизменный, устойчивый сток. Примером такой реки может быть р. Красная в Чуйской долине. Это — довольно редкий случай, когда роль физико-географических условий в определении изменчивости годового стока достигает крайнего значения, полностью невелируя влияние метеорологических условий.

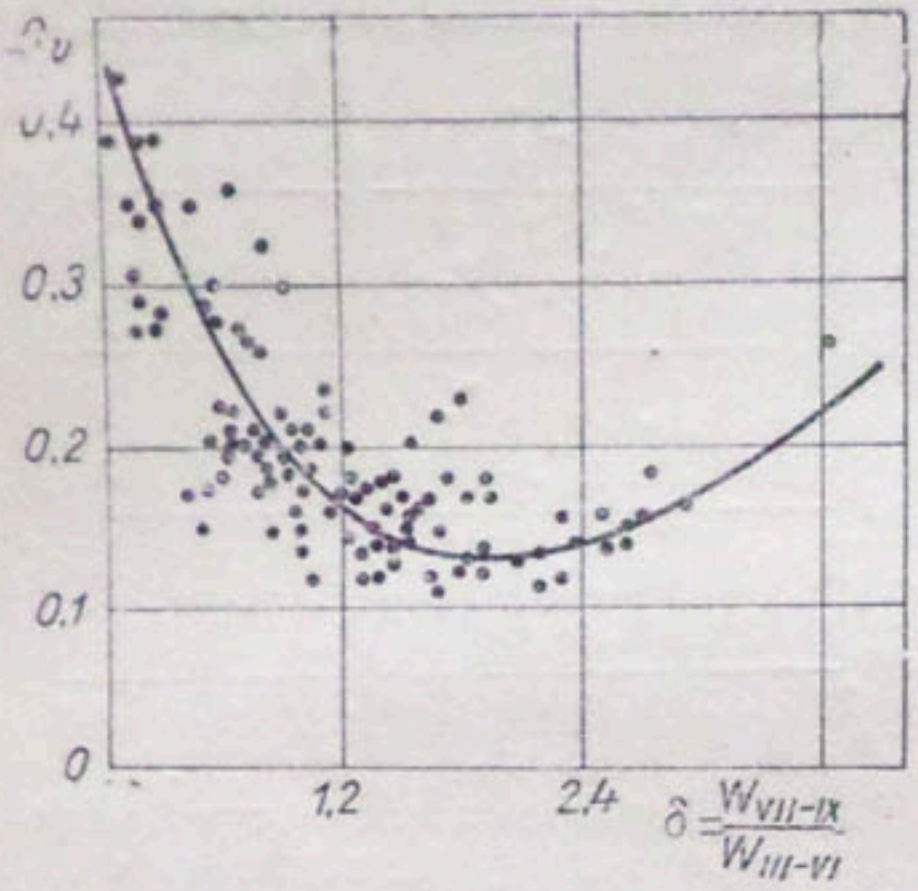

Рис. 54. Зависимость степени изменчивости годового стока рек (C_v) от типа питания (δ).

В хронологическом ходе стока (рис. 55) наблюдается тенденция к группированию многоводных и маловодных лет: последовательный ряд лет имеет повышенный сток, другой последовательный ряд—пониженный сток. По данным В. Л. Шульца [110], вероятность повторения за многоводным годом многоводного, со стоком не ниже среднего значения, равна 0,81, повторения за маловодным годом года со стоком не выше среднего — 0,84. Вероятность же появления за многоводным годом маловодного составляет лишь 0,19, а появление за маловодным многоводного — 0,16. Причинность этого явления в настоящее время не вполне ясна, поэтому достаточно ограничиться лишь констатацией факта.

Необходимо также отметить отсутствие полной синхронности в многолетних колебаниях стока рек. Даже для территориально близких рек, принадлежащих одному типу питания, сток может иметь различные значения, что свидетельствует, как указывает В. Л. Шульц [110], о большой сложности территориального распределения осадков в горных водосборах.

В этом же можно видеть и противоположную сказанному тенденцию к синхронности многолетних колебаний стока между территориально близкими реками. Одновременное существование таких крайних тенденций вполне допустимо — речь идет прежде всего о тенденциях, а не о строгих закономерностях. Также вполне ло-

гична мысль и о самом существовании, пусть в ограниченных территориальных рамках, некоторых участков поверхности, характеризуемых практически полной синхронностью колебаний стока. Принимая во внимание интегральную природу стока, о которой говорилось выше, для нарушения синхронности в колебаниях стока необходимо, чтобы гидрометеорологические условия в тех или иных

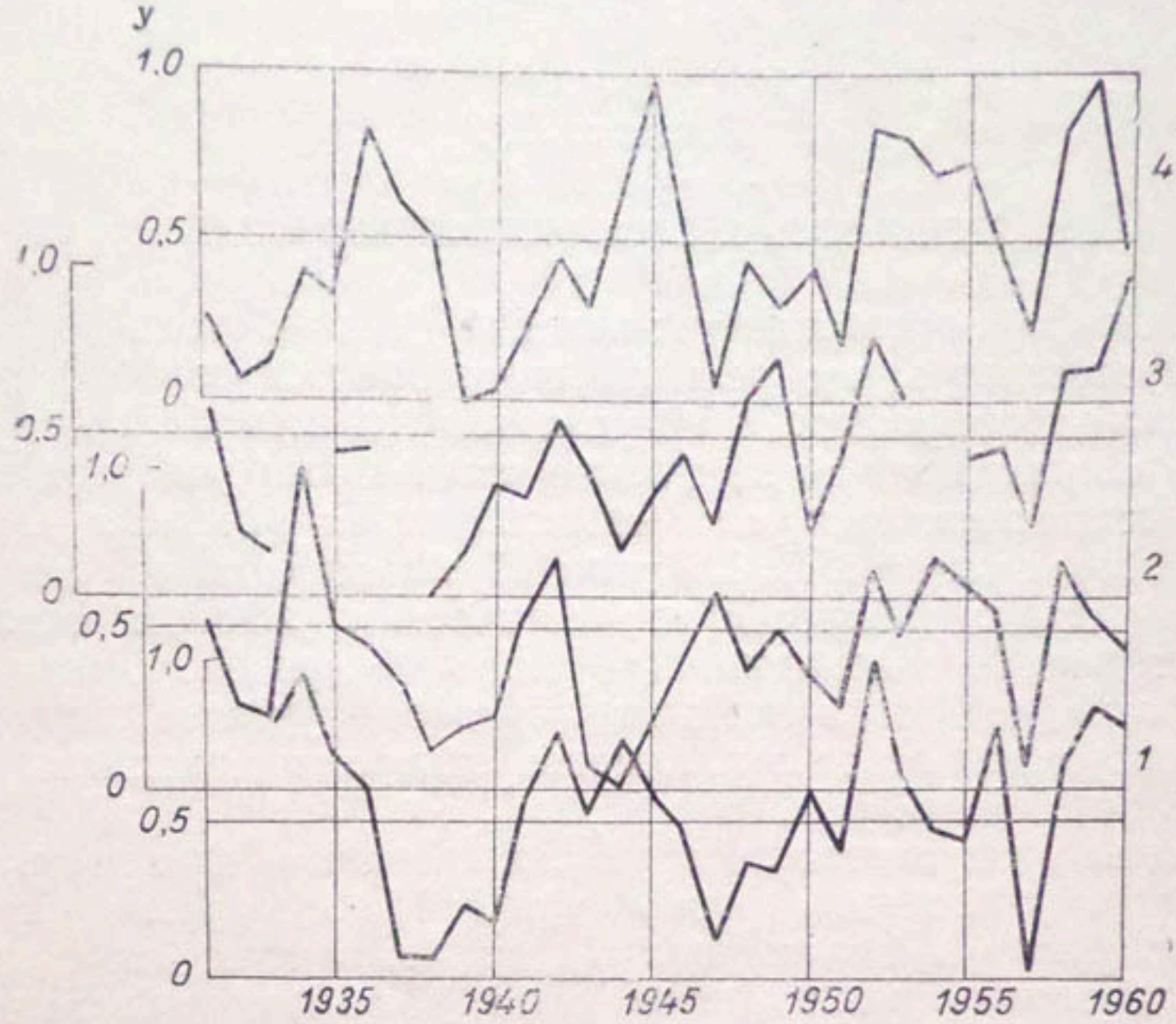

Рис. 55. Хронологический ход годового стока ряда рек.

1 — р. Нарын — г. Нарын, *2* — р. Талас — пост Чат-Базар, *3* — р. Тентяксай, *4* — р. Исфайрам. Сток выражен в относительных единицах.

рассматриваемых водосборах отличались существенно. Если, например, взять случай заведомо малого приращения территории (скажем, рассматривать серию водосборов на одной реке, образованных путем близкого перемещения замыкающего их гидрометрического поста), можно получить некоторые регионы, в пределах которых существенных изменений обстановки не произойдет, а колебания стока, несомненно, будут синхронными.

Одновременное существование таких противоположных и зависящих от степени удаленности тенденций констатирует и Н. В. Сомов, рассматривая крупные реки на всей территории Советского Союза [101]. Он устанавливает наличие, как правило, положительной корреляции между стоком достаточно близко расположенных рек независимо от их географического положения. При этом между коэффициентами корреляции и расстоянием между бассейнами

наблюдается достаточно тесная обратная связь. При возросших расстояниях между бассейнами (порядка 2000—4000 км) корреляция по стоку становится отрицательной. При еще больших расстояниях (крайний запад — восток СССР) наблюдается слабая положительная корреляция. Н. В. Сомов эти особенности связывает с макросиноптическими процессами, определяющими условия погоды и стокообразования.

Глава XVI

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Переходя к рассмотрению изменений режима стока по территории следует сказать, что решение этого вопроса связано с гидрологическим районированием. Результатом гидрологического районирования должно явиться выделение компактных участков земной поверхности, характеризуемых единообразием основных черт гидрологического процесса. П. С. Кузин [69] так определяет содержание гидрологического района: «Гидрологическим районом можно назвать генетически однородный (по условиям происхождения и развития слагающих его природных факторов) участок территории, характеризующийся более или менее однородным водным балансом и режимом рек».

Значение гидрологического районирования вполне понятно. Представляя сплошное территориальное рассмотрение основных гидрологических закономерностей, оно знаменует определенный этап в гидрологическом изучении. Его выводы имеют большую ценность для рациональной организации гидрометеорологических наблюдений и правильного размещения наблюдательной сети. Эти выводы совершенно необходимы для решения многих практических задач гидрологических расчетов и прогнозов и вообще представляют основу пространственной интерпретации результатов локальных гидрологических исследований.

Из сказанного следует, что в основу гидрологического районирования должны быть положены наиболее существенные для обрисовки гидрологического процесса признаки.

П. С. Кузин [69] отмечает, что гидрологическое районирование должно учитывать широкий комплекс природных условий и при районировании территории СССР необходимо исходить из учета элементов водного баланса, водного и ледникового режима рек и важнейших элементов природной среды (рельеф, климат, ландшафт), наиболее полно характеризующих реки. Расшифровывая сказанное, он в качестве главных и совокупных принципов гидрологического районирования называет простоту гидрологического режима (что присуще средним по размерам рекам) и однородность типа питания (связанного с климатическими условиями), рельефа и географического ландшафта, однородность внутригодового хода основных эле-

ментов водного и ледового режима и близость амплитуд колебаний максимальных, средних и минимальных расходов воды половодий, паводков, межени и др.

Перечисленные принципы, примененные П. С. Кузиным при макрорайонировании, т. е. районировании большой территории, в принципе, естественно, сохраняют силу и для регионального районирования, т. е. районирования небольших территорий. Из этих же принципов автор исходил и при гидрологическом районировании Киргизии.

В целях удовлетворения требования простоты гидрологического режима рассматривались средние по размерам реки, собирающие воды со всей ширины склонов горных хребтов и стекающие в межгорные долины. Для рассматриваемой территории это будут реки с площадями бассейнов в сотни и немногие тысячи квадратных километров. Такие реки здесь достаточно многочисленны, хорошо освещены наблюдениями и, что главное, режим их наиболее тесно связан с общими природными условиями окружающей местности. В отличие от средних рек, большие реки, имеющие водосборные площади в десятки тысяч квадратных километров (таких рек немного, это, по существу, лишь реки Нарын и Чу в нижних течениях), обладают сложным режимом, являющимся результатом интеграции условий и влияния многих районов с различными комплексами природных условий. Наряду с разграничением средних и больших рек нужно также считаться и с тем, насколько естественен режим реки. Порой бывает так, что и при не слишком больших площадях в результате забора воды на орошение режим реки оказывается сильно искаженным, а имеющиеся наблюдения не отражают естественных процессов. Малые реки с площадями водосборов в немногие десятки, а иногда и единицы квадратных километров, обычно находятся под большим воздействием местных условий, нередко представляющих азональные явления, и не являются показательными для целей районирования.

Далее следует отметить, что хотя при районировании принимаются во внимание средние реки, оно не исключает связанного с наличием больших и малых рек проявления на отдельных небольших участках того или иного гидрологического района известных отклонений от общих районных закономерностей.

Гидрологическое районирование Киргизии было осуществлено путем последовательного деления ее территории по признакам, совокупное соблюдение которых должно обеспечить выделение частей территорий, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к гидрологическим районам. Эти признаки следующие.

1. Киргизия занимает значительную территорию, на которой климатические, ландшафтные и прочие географические условия, естественно, подвержены значительной изменчивости. В соответствии с этим изменяются и условия водного баланса и гидрологического режима территории. Учет этих изменений в значительной мере может быть осуществлен на основе предложенного В. Л. Шульцем

известного показателя внутригодового распределения стока δ, представляющего отношение стока за период июль—сентябрь к стоку за период март — июнь. Этот показатель является важнейшей характеристикой горных рек, связанной с соотношением источников питания в водном балансе стока. Для районирования нас будет интересовать не только абсолютное значение показателя внутригодового распределения стока, но в первую очередь выделение участков территорий с достаточно близким по всему участку характером внутригодового распределения стока. Очевидно, выделенные таким путем участки, хотя и не всегда полностью, но все же будут удовлетворять требованиям, предъявляемым к гидрологическим районам.

2. Отмеченная выше неполнота удовлетворения полученных по показателям внутригодового распределения стока участков требованиям гидрологического районирования связана с тем, что региональное районирование в сравнении, например, с макрорайонированием должно быть более детальным. Показатель внутригодового распределения стока, свидетельствуя об однородности статических условий стокообразования (высотного положения бассейнов, их рельефа, климата и ландшафта и др.) и формальной (в целом для многолетнего периода) однотипности режима стока, не затрагивает такого важного динамического условия стокообразования как синхронность колебаний годового стока, обусловленного однородностью метеорологического режима территории. Для регионального районирования наряду с другими условиями соблюдение условий синхронности колебаний годового стока должно считаться обязательным.

3. При выделении гидрологических районов в ряде случаев может оказаться необходимым учесть некоторые другие ярко выраженные особенности режима стока рек и важные географические особенности территории.

4. При проведении границ гидрологических районов, в особенности в тех случаях, когда плотность имеющихся наблюдений (по площади) недостаточна, нужно считаться с ходом других природных элементов, в первую очередь с орографическим строением местности, которому принадлежит важная роль природных разделов и рубежей.

Участки территорий, удовлетворяющие всем перечисленным условиям, будут характеризоваться однородным водным балансом и режимом рек и тем самым представлять гидрологические районы рассматриваемой территории.

Необходимо иметь в виду, что гидрологические районы, установленные изложенным образом и обрисовывающие качественную однородность водного баланса и гидрологического режима, конечно, не будут иметь универсального характера для всех гидрологических характеристик. Многие гидрологические характеристики подчинены площадным и частным высотно-зональным закономерностям и в соответствии с этим в пределах одного и того же района будут иметь определенные колебания. Другие характеристики зависят от азональных факторов и также будут иметь собственные колебания.

К таким характеристикам принадлежат показатели расходов и уровней воды, ледового режима, химизма вод, степени зарегулированности стока и др. Это же относится и к среднему стоку. Территориальные закономерности среднего стока весьма сложны, и в пределах одних и тех же гидрологических районов значения среднего стока (модуля стока) могут изменяться в широких пределах. Поэтому при настоящем районировании средний сток как определяющий фактор не рассматривается. По замечанию П. С. Кузина [69], при всей важности нормы стока как гидрологической характеристики средний сток отражает лишь водоносность, но не водный режим рек.

На рис. 56 выделены участки территории с близкими значениями характеристики внутригодового распределения стока. В горных странах основной природной закономерностью является высотная поясность. Именно под действием в первую очередь высотного положения территориально изменяются все компоненты географической среды, в том числе и водный баланс речных бассейнов и режим стока рек. Поэтому характеристика внутригодового распределения стока, находящаяся в тесной связи с высотным положением водосборов, является весьма важной характеристикой режима стока горных рек. Неудивительно, что эта характеристика положена в основу классификаций рек Средней Азии по типам питания, предложенных В. Л. Шульцем [110] и О. П. Щегловой [115]. В. Л. Шульцем было приведено и территориальное распределение этой характеристики. В настоящей работе для этой цели используется шкала, примененная О. П. Щегловой в ее классификации рек: δ=0,00—0,50; 0,50—1,00; 1,00—2,00; >2,00.

Значения δ приведены в табл. 57.

Участки бассейна, соответствующие принятым градациям δ, объединяя водосборы рек, принадлежащих к одному классу, имеют общие условия питания и режима стока и, следовательно, характеризуются близкими, по наиболее существенным гидрологическим элементам, природными условиями. В то же время, как уже отмечалось, можно ожидать, что некоторые участки, особенно при большой протяженности, по-видимому, все же вполне выдерживают условие общности природного комплекса и гидрологического процесса.

Рассмотрение синхронности колебаний годового стока по территории проводилось путем построения графических связей с обобщенными величинами годового стока за имеющиеся ряды наблюдений. При этом годовой сток был взят за стоковый год, представляющий генетически полный и годичный цикл стока, продолжающийся со времени начала таяния снега в речных бассейнах (вначале в нижних зонах бассейна) и поступления в речную сеть талых вод до наступления следующего очередного подобного же момента. Для удобства расчетов на всех реках годичный стоковый период был принят в стандартных календарных рамках с апреля по март. Такая генерализация для рек Киргизии является вполне допустимой.

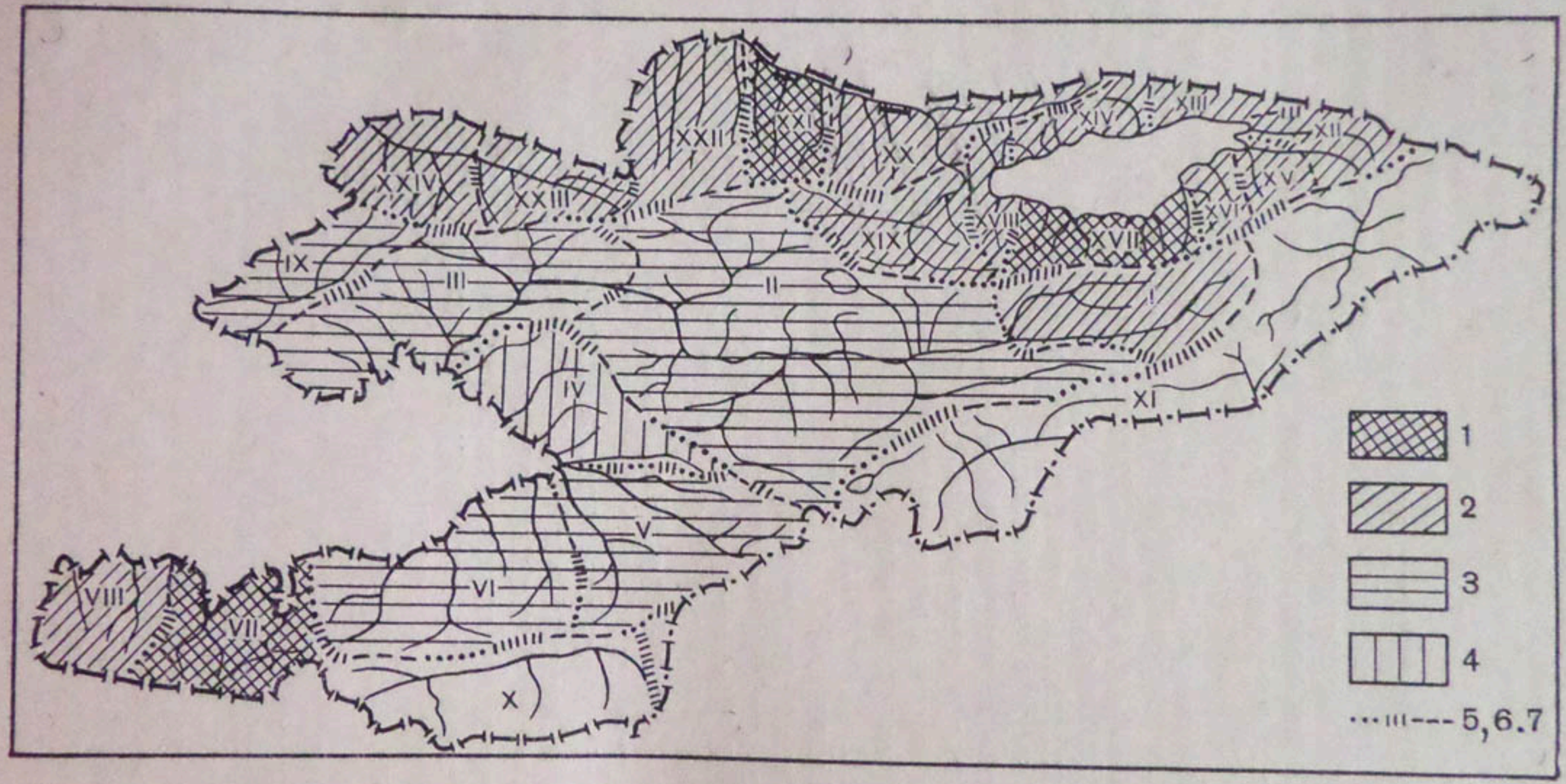

Рис. 56. Гидрологические районы. Территориальное распределение в градациях:

1 — >2,0; *2* — 2,0—1,0; *3* — 1,0—0,5; *4* — <0,5 с ограничением (*5*), *6* — границы участков синхронных колебаний стока, *7* — границы гидрологических районов с их номерными обозначениями.

Использование понятия «стоковый год», несомненно, обеспечило получение более четкой картины связей и синхронности стока, чем это имело бы место при оценке годового стока в обычно употребляемых рамках: по календарным годам или по так называемым гидрологическим годам. Сток, подсчитанный в рамках календарных или, особенно, гидрологических годов, благодаря очевидному, по существу недопустимому, смешению при этом периодов двух смежных стоковых годов дает в той или иной степени искаженные результаты, что, естественно, создает определенные затруднения для дальнейшего анализа.

Для сопоставимости величин годового стока различных рек эти величины были выражены в долях многолетней амплитуды их изменения:

$$Y = \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}},$$

где $Y_{\max}$, $Y_{\min}$ — максимальное и минимальное значение годового стока за многолетний ряд.

Практическая точность результатов такого обобщения (применявшегося и Л. К. Давыдовым [22]) в данном случае, как и во многих других, вполне достаточна, а простота выполнения операции обобщения является весьма важным его достоинством.

При помощи построенных с удовлетворительной обеспеченностью (>75%) связей синхронности колебаний стока рек (рис. 57) также были выделены участки территории, которые, достаточно согласуясь с участками, полученными ранее по градациям δ, детализируют эти участки и приводят их в большее соответствие со всем комплексом природных условий.

Гидрологические районы были выделены с учетом как характера внутригодового распределения стока, так и синхронности колебаний годового стока. При несовпадении контуров выделенных по этим двум признакам районов предпочтение отдавалось тому из них, который получен по соображению сохранения большей однородности гидрологического процесса внутри района, т. е. большей

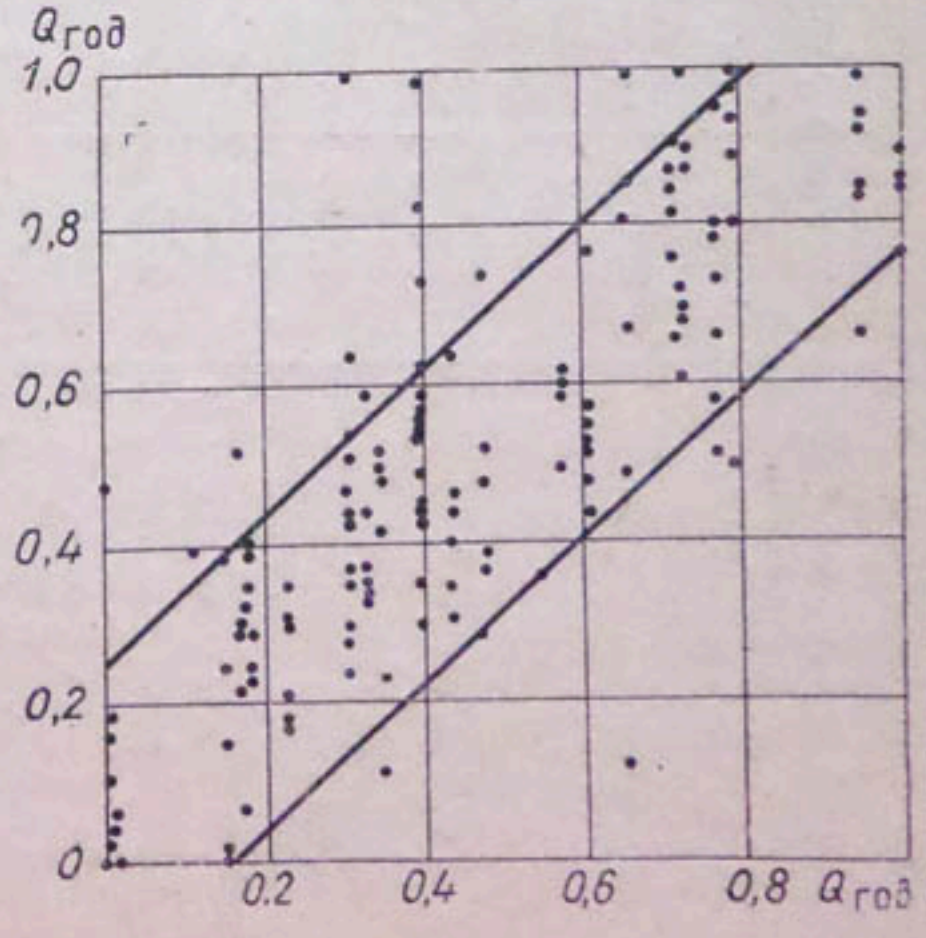

Рис. 57. График синхронности колебаний годового стока рек Южно-Ферганского гидрологического района.

По горизонтали приведен годовой сток рек Акбура (кишл. Тулейкен), Шанкол (кишл. Шанкол), Косчан (кишл. Косчан), Киргизата (кишл. Киргизата), Абширсай (кишл. Уч-Терек), Исфайрам (кишл. Уч-Корган), Шахимардан (кишл. Паульган).

Таблица 57

Типы питания, синхронность колебаний стока и принадлежность к гидрологическим районам

Река — пункт	Значение δ	Класс реки по типу питания		Расчет по интервалу δ	Река (пункт), относительно которого определялась синхронность. Обеспеченность	Гидрологический район
		по Шульцу	по Щегловой			
Малый Нарын — устье	1,55	1	2	1,00—2,00	Большой Нарын (устье), 91%	I (Верхне-Нарынский)
Большой Нарын — устье	1,21	1	2			
Онарча — кишл. Онарча	0,80	2	3			
Джергетал — кишл. Джергетал	0,50	2	3			
Кекджерты — х. Актала	0,71	2	3			
Атбаши — устье р. Ичкекоманда	0,83	2	3	0,50—1,00	Нарын (устье р. Кекирим), 84%	II (Средне-Нарынский)
Атбаши — кишл. Джангизтал	0,87	2	3			
Кёкемерен — выше устья р. Джумгал	0,85	2	3			
Кёкемерен — ниже устья р. Джумгал	0,83	2	3			
Ковуксу — устье	0,85	2	3			
Узунахмат — устье р. Устасу	0,70	2	3			
Афлатун — с. Афлатун	0,51	2	3			
Карасу — устье	0,38	2	4	0,50—1,00	Узунахмат (устье р. Устасу), 94%	III (Северо-Ферганский)
Падшаата — устье р. Тос	0,66	2	3			
Кассансай — устье р. Урюкты	0,41	2	4			
Майлису — устье р. Кайрагач	0,32	2	4			
Шайдан — кишл. Шайдан	0,33	2	4	0,00—0,50	Кугарт (с. Михайловское), 88%	IV (Восточно-Ферганский)
Тентяксай — кишл. Чарвак	0,32	2	4			

Кугарт — с. Михайловское	0,24	3	4			
Чангет — кишл. Чангет	0,18	3	4			
Донгузтау — кишл. Донгузтау	0,19	3	4			
Зергер — кишл. Тассай	0,16	4	4	0,00—0,50	Кугарт (с. Михайловское), 88%	IV (Восточно-Ферганский)
Каратюбе — устье	0,24	3	4			
Яссы — г. Узген	0,26	3	4			
Яссы — с. Саламалик	0,27	3	4			
Кульдук — кишл. Сары-Булак	0,25	3	4			
Каракульджа — кишл. Акташ	0,79	2	3			
Тар — кишл. Чалма	0,78	2	3	0,50—1,00	Кугарт (с. Михайловское), 88%	V (Юго-восточно-Ферганский)
Куршаб — с. Гульча	0,83	2	3			
Карадарья — п. Кампыр-Рават	0,58	2	3			
Акбура — кишл. Тулейкен	1,22	1	2			
Аравансай — кишл. Янги-Наукат	1,69	1	2			
Шанкол — кишл. Шанкол	0,97	2	3			
Косчан — кишл. Косчан	0,68	2	3	1,00—2,00	Аравансай (кишл. Янги-Наукат), 87%	VI (Южно-Ферганский)
Киргизата — кишл. Киргизата	1,49	1	2			
Абширсай — кишл. Уч-Терек	0,72	2	3			
Исфайрамсай — кишл. Уч.-Коргон	1,42	1	2			
Шахимардан — кишл. Паульган	1,42	1	2			
Сох — кишл. Сары-Канда	2,50	1	1	>2,0	Сох (кишл. Сары-Канда), 89%	VII (Сохский)
Исфара — кишл. Таш-Курган	2,86	1	1			
Ходжабакирган — кишл. Кызыл-Танга	1,61	1	2	1,00—2,00	Ходжабакирган (Кызыл-Танга), 90%	VIII (Юго-западно-Ферганский)
Аксу — ущелье Дазгон	1,81	1	2			

Река — пункт	Значение δ	Класс реки по типу питания		Расчет по интервалу δ	Река (пункт), относительно которого определялась синхронность. Обеспеченность	Гидрологический район
		по Шульцу	по Щегловой			
Чаткал — устье р. Терс	0,68	2	3	0,50—1,00	Чаткал (устье р. Терс), 92%	IX (Чаткальский)
Терс — устье	0,65	2	3			
р. Кызылсу (Амударьинская) и др.						X (Кызылсуйский)
Реки Сарыджаз, Чонузенгегуш, Аксай, Кексу и др.						XI (Таримский)
Джиргалан — с. Советское	0,61	2	3	0,50—1,00	Джиргалан (Советское), 78%	XII (Восточно-Иссык-Кульский)
Тюп — с. Сартологой	0,43	2	4			
Тюп — с. Тюп	0,48	2	4			
Кутурга — с. Кутурга		2	3			
Уйтал — с. Уйтал	0,65	2	3		Уйтал (Алексеевка), 76%	XIII (Кутургинский)
Чонурюкты — свх Коневодческий	0,89	2	3			
Кичеаксу — с. Семеновское	1,26	1	2	1,0—2,0	Чонаксу (Григорьевка), 78%	XIV (Северо-Иссык-Кульский)
Чонаксу — с. Григорьевское	1,97	1	2			
Чолпоната — свх Чолпон-Ата	1,66	1	2			
Чонкойсу — с. Курское	1,60	1	2			
Тургеньаксу — п. Лесозавод	1,49	1	2	1,0—2,0	Каракол, 77%	XV (Каракольский)
Бозщук — с. Ново-Вознесеновка	0,88	2	3			
Аксу — с. Теплоключинское	1,74	1	2			
Аксу — п. Минеральные Ключи	1,56	1	2			
Каракол — устье р. Каскасу	1,94	1	2			

Джетыогуз — п. Лесозавод	1,39	1	2	1,0—2,0	Чонкызылсу (Лесной Кордон), 83%	XVI (Джетыогузский)
Чонкызылсу — п. Лесной Кордон	1,82	1	2			
Чонкызылсу — устье р. Кашкатор	2,23	1	2			
Кичекызылсу — с. Покровское	1,30	1	2			
Джуука — устье р. Джуукучак	2,96	1	1	>2,0	Барскон, 79%	XVII (Южно-Иссык-Кульский)
Тон — с. Турасу	2,47	1	1			
Актерек — п. Актерекская МТС	1,18	1	1			
Аксай — с. Коксай	2,66	1	1			
Барскон — устье р. Сасык	2,44	1	1			
Тосор — устье р. Кодол	1,98	1	2			
Улахол	1,38	1	2		Улахол, 81%	XVIII (Западно-Иссык-Кульский)
Торайгыр		2	3			
Каракуджур — с. Сары-Булак	1,08	1	2	1,0—2,0	Чу (п. Кочкорка), 82%	XIX (Верхне-Чуйский)
Тюлек — аул Тюлек	1,04	1	2			
Джуванарык — с. Кумбель-Ата	1,11	1	2			
Суек — устье р. Ичкесай	0,85	2	3			
Каракол — устье р. Ирису	1,39	1	2			
Чу — с. Кочкорка	1,07	1	2			
Чон-Кемин — устье	1,43	1	2			
Кичекемин — свх им. Ильича	0,97	2	3		Шамси (Лесной Кордон), 75%	XX (Восточно-Чуйский)
Кызылсу — с. Бала-Булак	1,24	1	2			
Шамси — п. Лесной Кордон	1,72	1	2			
Кегеты — п. Лесной Кордон	1,91	1	2			

Река — пункт	Значение $\bar{\delta}$	Класс реки по типу питания		Расчет по интервалу $\bar{\delta}$	Река (пункт), относительно которого определялась синхронность. Обеспеченность	Гидрологический район
		по Шульцу	по Щегловой			
Иссыката — с. Юрьевское	2,39	1	1	>2,0	Аламедин (п. Прохладное), 85%	XXI (Средне-Чуйский)
Аламедин — устье р. Чонкурчак	2,72	1	1			
Алаарча — устье р. Кашкасу	2,15	1	1			
Джаламыш — клх им. Чапаева	1,27	1	2	1,0—2,0	Карабалты (Чонкаинды), 81%	XXII (Западно-Чуйский)
Сокулук — с. Белогорское	2,24	1	1			
Аксу — с. Чон-Арык	1,77	1	2			
Карабалты — с. Сосновка	1,33	1	2			
Чон-Кемин — ущелье Чон-Каинды	1,72	1	2			
Джарлыкаинды — с. Орто-Арык	1,53	1	2			
Каракол — с. Чат-Базар	1,14	1	2	1,0—2,0	Талас (Чат-Базар), 79%	XXIII (Восточно-Таласский)
Учкошой — с. Чат-Базар	1,16	1	2			
Талас — с. Чат-Базар	1,15	1	2			
Колба — с. Колба	1,39	1	2			
Кенкол — устье р. Терскол	0,35	2	4			
Бешташ — голова арыка Саз	1,04	1	2			
Нельды — урочище Джурга	0,57	2	3	1,0—2,0	Карабура, 80%	XXIV (Западно-Таласский)
Урмарал — с. Октябрьское	1,63	1	2			
Кумыштаг — голова арыка Янги	1,03	1	2			
Карабура — ущ. Коксай	1,90	1	2			
Куркуреусу — урочище Чон-Курчак	2,04	1	1			

Примечание. Классификация рек по типу питания, по Шульцу: 1 — реки ледниково-снегового питания, 2 — реки снегово-ледникового питания, 3 — реки снегового питания, 4 — реки снегово-дождевого питания; по Щегловой: 1 — реки ледникового питания, 2 — реки снегово-ледникового питания, 3 — реки снегового питания, 4 — реки снегово-дождевого питания.

детализации районирования. При этом учитывались и другие важные особенности гидрологического режима (режим стока, характер и время прохождения паводков и половодий и др.), а также общие природные условия территории и в первую очередь ее орографическое строение.

При анализе водного баланса и режима стока, установлении синхронности колебаний годового стока были использованы, за малым исключением (большие площади водосборов, нарушающие простоту гидрологического режима, сильно искаженный, искусственный, режим стока), данные всех гидрологических постов на реках Киргизии (свыше 110 постов), имеющих ряды наблюдений с достаточной продолжительностью; суммарные наблюдения этих постов составляют более 2000 лет. Материалы, положенные в основу разработки, должны быть признаны в общем достаточно удовлетворительными как по объему, так и по качеству, а примененные принципы районирования — вполне объективными и целесообразными с точки зрения той трактовки гидрологических районов и районирования, которые были выше изложены. Отсюда можно заключить, что установленные районы в достаточной степени соответствуют гидрологическому единообразию природных условий и действительно выражают однородность водного баланса, режима стока и развития гидрологического процесса в различных частях территории Киргизии.

Перечень выделенных гидрологических районов дан в таблице 57, контуры районов показаны на рис. 55. Ниже приводится краткая характеристика гидрологических районов по гидрографическим бассейнам.

Районы Нарынского бассейна. Нарынский бассейн отличается значительным однообразием гидрологического режима в сравнении с другими бассейнами. Здесь выделяются лишь три гидрологических района: Верхне-Нарынский, Средне-Нарынский и частично Северо-Ферганский.

Верхне-Нарынский гидрологический район представляет высокогорную территорию со средневзвешенной высотой 3600 м, простирающуюся от 2250 м в самой нижней части до 5000 м на вершинах хребта Ак-Шийрак. Район включает сыртовые нагорья и участки, занятые ледниками и вечными снегами. В питании рек (здесь протекают Большой Нарын и Малый Нарын и их притоки) участвуют талые ледниковые и снеговые воды и жидкие осадки. Реки относятся к классу ледниково-снегового (В. Л. Шульц) и снегово-ледникового питания (О. П. Щеглова). Для водного баланса района характерен небольшой приток атмосферной влаги, незначительное испарение и умеренный сток.

Режим стока рек района можно показать на примере р. Малый Нарын (рис. 58). По внутригодовому распределению стока минимальный месячный сток наблюдается в феврале, максимальный — в июле. Основная масса стока (86% годового) проходит в период половодья, продолжающийся 6 месяцев (апрель—сентябрь). Изменчивость стока по годам невелика: сток наиболее маловодного года

составляет 70% стока среднего года, наиболее многоводного — 128%.

Средне-Нарынский гидрологический район является наиболее обширным по площади из всех районов Киргизии. Он занимает центральное положение в Киргизии и охватывает весь бассейн среднего течения р. Нарына, начиная от слияния рек Большого Нарына и Малого Нарына до впадения в р. Нарын р. Кёкёмерен. Природные условия района носят умеренно-горный характер. Высотный уровень района примерно на 600 м ниже, чем Верхне-Нарынского гидрологического района: средневзвешенные высоты бассейнов основных рек находятся на уровне 3000 м. По строению поверхности территория района представляет совокупность многих обособленных котловин, разделенных горными хребтами и соединяющихся воедино р. Нарын и ее притоками, прорезавшими хребты узкими и глубокими ущельями. Наиболее высокие хребты, несущие оледенение, располагаются по окраинам района.

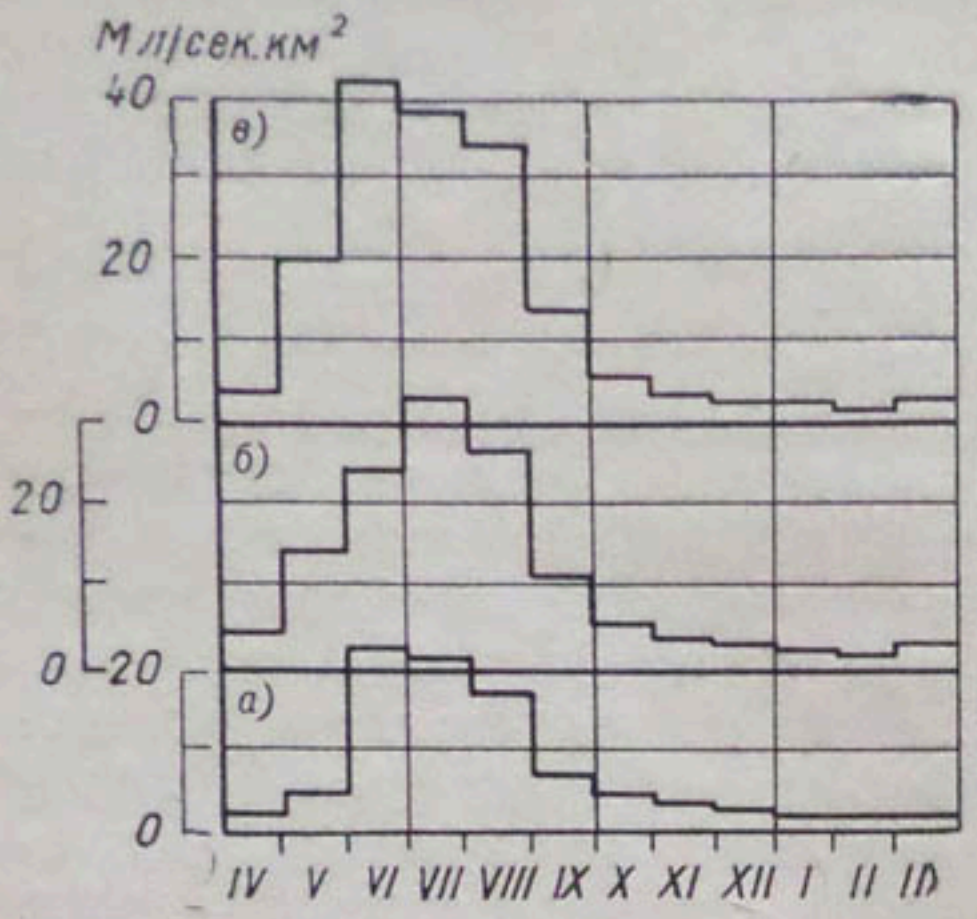

Рис. 58. Гидрографы стока р. Малого Нарына (устье) за маловодный (*а*; 1957-58 г.), средний (*б*; 1939 — 1960 гг.) и многоводный (*в*; 1942-43 г.) годы (в модулях стока).

Для климатических условий района характерен устойчивый и энергичный рост температуры воздуха весной. Это обстоятельство в гидрологическом смысле снижает роль высотного положения речных бассейнов: при прочих равных условиях концентрация стока здесь наступает раньше.

Осадков выпадает немного. Это связано с тем, что при внутригорном расположении и умеренных высотах большинства горных хребтов в районе, значительная его часть оказывается в условиях «орографической тени», неспособствующей выпадению осадков. По удельной стокообразующей роли этот район в целом уступает Верхне-Нарынскому, хотя окраинные участки и характеризуются более высокими, чем средняя величина, значениями стокообразования.

В формировании стока участвуют талые снеговые, дождевые и ледниковые воды. По типам питания реки района относятся к классу снегово-ледникового (В. Л. Шульц) и снегового питания (О. П. Щеглова). Внутригодовое распределение стока характеризуется более ранней концентрацией стока, чем в Верхне-Нарынском гидрологическом районе: минимум стока наблюдается в феврале, максимум — в июне, половодье продолжается 6 месяцев (апрель — сентябрь) и включает около 80% годового стока.

Районы Приферганья. Приферганье среди гидрологических бассейнов Киргизии отличается наибольшим разнообразием общих природных и гидрологических условий. Здесь представлены реки и наиболее высокогорные, и наиболее низкогорные, имеются участки как интенсивного, так и умеренного увлажнения и стокообразования. По общности наиболее важных черт гидрологического режима здесь выделяются шесть гидрологических районов.

Северо-Ферганский гидрологический район располагается на склонах Таласского, Атойнокского, Чаткальского и отрогов Ферганского хребтов и характеризуется среднегорными условиями при южной экспозиции преобладающих склонов. В этот район входят реки Чичкан, Узунахмат, Карасу, Падшаата, Кассансай. В сравнении с районами Нарынского бассейна здесь приход атмосферных осадков, а также испарение и сток более значительны.

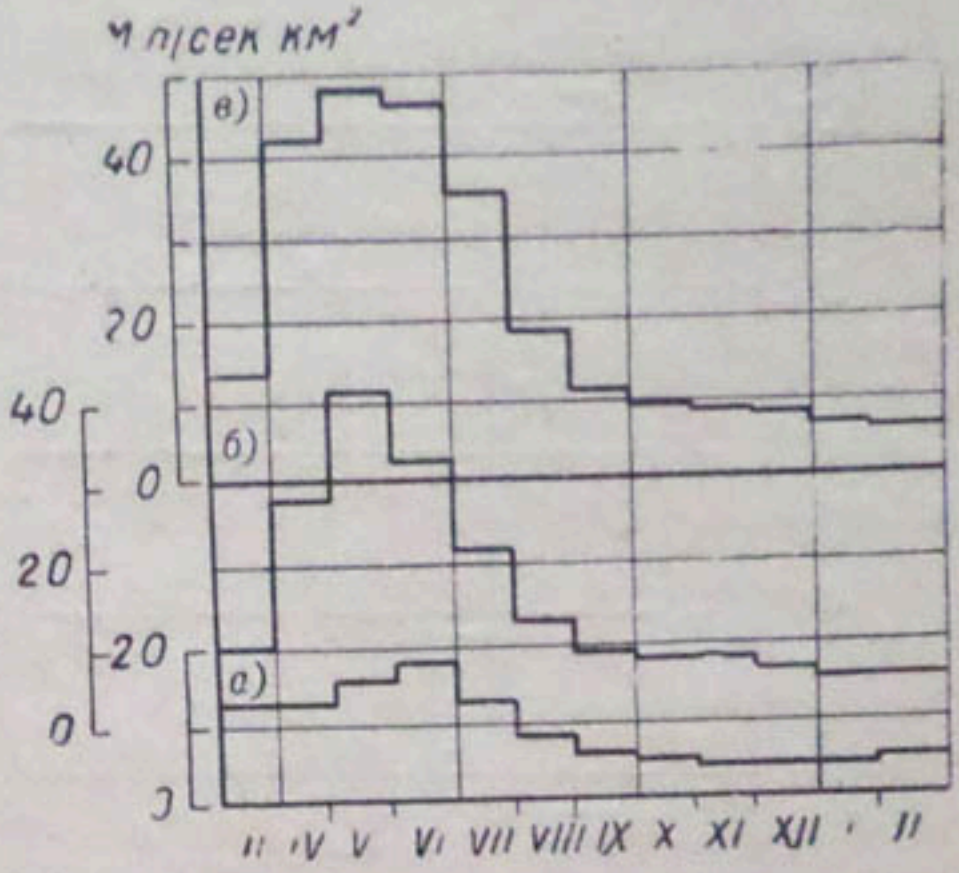

Рис. 59. Гидрографы стока р. Карасу правая (устье) за маловодный (*а*; 1957-58 г.), средний (*б*; 1937—1943, 1947—1960 гг.) и многоводный (*в*; 1958-59 г.) годы (в модулях стока).

В питании рек участвуют талые снеговые и дождевые воды при ничтожной роли талых ледниковых вод. По типу питания реки района принадлежат к классу снегово-ледниковых (В. Л. Шульц) и снеговых рек (О. П. Щеглова).

Внутригодовое распределение стока на примере р. Карасу (правая) изображено на рис. 59. Минимум стока приходится на январь, максимум — на май — июнь. Половодье здесь раннее — апрель — август и доля его в годовом стоке составляет 78%.

Восточно-Ферганский гидрологический район, располагающийся на обращенных к Ферганской долине склонах одноименного хребта, представляет низкогорную (средневзвешенные высоты водосборов 1600—2600 м), но интенсивно увлажняемую территорию. Среднее годовое количество осадков достигает 900—1000 мм и более, сток также очень значителен и составляет 500—750 мм. Реки, протекающие здесь (от Майлису до Яссы), являются правыми притоками р. Карадарьи и относятся к классу снегово-ледниковых (В. Л. Шульц) и снегово-дождевых (О. П. Щеглова) рек. Источниками питания рек служат талые снеговые и дождевые воды. Особенностью этих рек является наличие осенних паводков, отсутствующих на реках других районов.

Режим стока рек может быть охарактеризован на примере р. Кугарт (рис. 60). Минимум стока наблюдается в январе, максимум —

в мае, половодье — в марте — августе. Вариация годового стока весьма значительна: сток наиболее маловодного года составляет 52%, наиболее многоводного — 162% стока среднего года.

Юго-восточно-Ферганский гидрологический район включает водосборы основных составляющих р. Карадарьи — рек Каракульджи, Тар, Куршаб — и характеризуется умеренно горными условиями (средневзвешенная высота речных водосборов 3000 м). Роль ледникового питания здесь становится заметной, и реки относятся к классу снегово-ледникового (В. Л. Шульц) и снегового (О. П. Щеглова) питания.

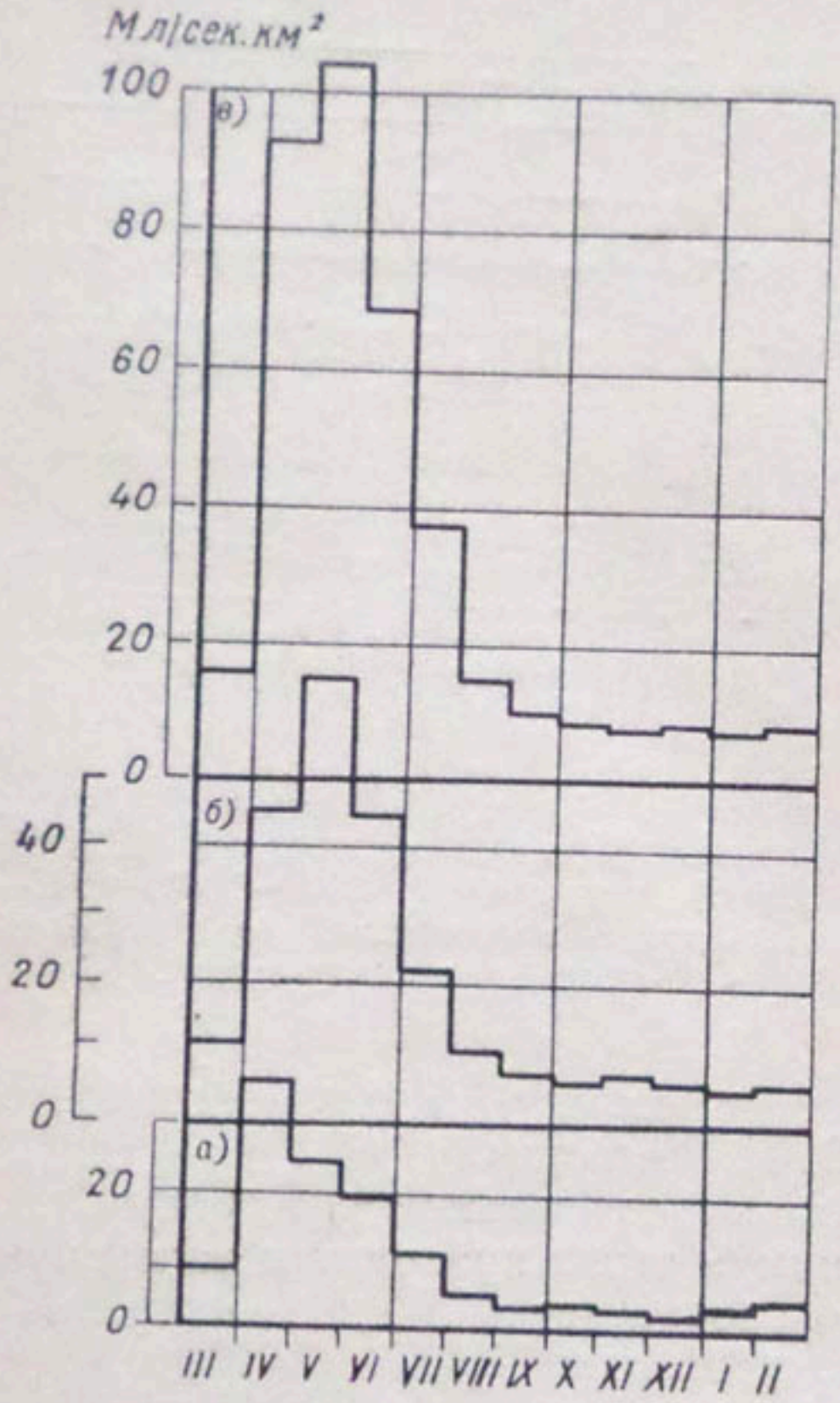

Рис. 60. Гидрографы стока р. Кугарт (с. Михайловка) за маловодный (*а*; 1938-39 г.), средний (*б*; 1925—1960 гг.) и многоводный (*в*; 1952-53 г.) годы (в модулях стока).

Минимум стока приурочен к февралю, максимум — к июню — июлю, половодье — к апрелю — сентябрю. Вариация стока также значительна: сток наиболее многоводного года вдвое превышает сток наиболее маловодного года.

Южно-Ферганский гидрологический район характеризуется высокогорными условиями, которым соответствует и режим стока рек: минимум наблюдается в марте, максимум — в июле, половодье проходит в мае — сентябре. Вариация годового стока незначительна. В питании рек участвуют талые снеговые и ледниковые воды и жидкие осадки. Основные реки района имеют ледниково-снеговое (В. Л. Шульц) и снегово-ледниковое питание (О. П. Щеглова).

Сохский гидрологический район — один из наиболее высокогорных и оледененных районов Киргизии. В связи с этим условия влагооборота здесь благоприятны для стокообразования и малоблагоприятны для испарения. Доля ледникового питания достигает 30—35%. Это реки ледниково-снегового (В. Л. Шульц) и ледникового питания (О. П. Щеглова). Для иллюстрации режима стока на рис. 61 изображены гидрографы р. Сох. Минимум стока приходится на март, максимум — на июль — август (время интенсивного таяния ледников), половодье — на май—

сентябрь. Изменчивость годового стока невелика — от 69 до 117% стока среднего года.

Юго-западный Ферганский гидрологический район по природным условиям и режиму стока рек сходен с Южно-Ферганским гидрологическим районом. В отличие от последнего, здесь условия для испарения влаги более благоприятны, в связи с чем водоносность рек меньше.

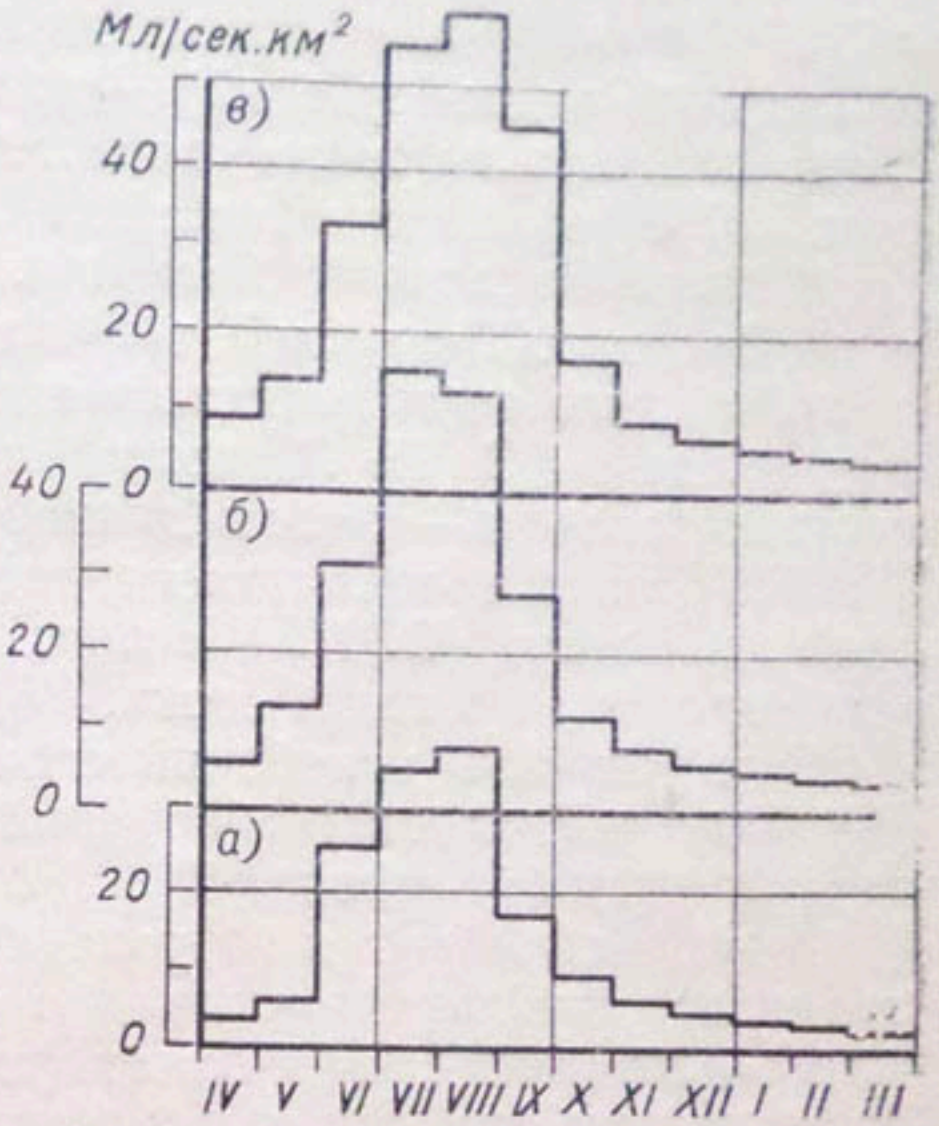

Рис. 61. Гидрографы стока р. Сох (кишл. Сары-Канда) за маловодный (*а*; 1957-58 г.), средний (*б*; 1911, 1913—1915, 1926—1950 гг.) и многоводный (*в*; 1959-60 г.) годы (в модулях стока).

Чаткальский бассейн в пределах Киргизии представляет один гидрологический район. Географические, высотные и экспозиционные условия весьма благоприятны для интенсивного атмосферного увлажнения и стокообразования. Режим стока обычный для рек снегово-ледникового (В. Л. Шульц) и снегового (О. П. Щеглова) питания и близок к режиму рек Юго-восточно-Ферганского гидрологического района.

Кызылсуйский и Таримский бассейны — высокогорные территории со значительным развитием оледенения, с природными условиями, малоблагоприятными как для поступления атмосферных осадков, так и для испарения. Каждый из этих бассейнов ввиду слабой их гидрологической изученности представляется одним гидрологическим районом.

Районы Иссык-Кульского бассейна. Территория бассейна характеризуется сложными, часто значительно меняющимися природными и гидрологическими условиями. С этим связана большая детализация гидрологического районирования Иссык-Кульского бассейна: здесь выделено семь районов, которые к тому же находятся лишь на нижней грани удовлетворения требованиям, предъявляемым к гидрологическим районам. Слабо удовлетворяются эти требования не только в части динамики гидрометеорологического режима, условий синхронности колебаний годового стока, но и в части статичных условий этого режима — типов питания рек. Все это свидетельствует о том, что задача гидрологического районирования Иссык-Кульского бассейна (как, впрочем, и Чуйского, и частично Таласского бассейнов) связана с серьезными объективными трудностями.

Выделенные в Иссык-Кульском бассейне гидрологические районы охватывают реки различных типов питания — от ледникового

(О. П. Щеглова) в Южно-Иссык-Кульском районе до снегового и снегово-дождевого (О. П. Щеглова) в Восточно-Иссык-Кульском районе. В соответствии с этим находятся и условия гидрологического режима районов и их водного баланса.

Районы Чуйского бассейна. Здесь выделяются четыре района, три из которых объединяют водосборы рек ледниково-снегового (В. Л. Шульц) и снегово-ледникового (О. П. Щеглова) питания и один (Средне-Чуйский) — рек ледникового питания. Режимы стока аналогичны рекам соответствующих классов рек, рассмотренных в Прифергапском бассейне.

Районы Таласского бассейна. В бассейне выделяются два района: Восточно-Таласский и Западно-Таласский. В первом из них представлены реки ледниково-снегового (В. Л. Шульц) и снегово-ледникового (О. П. Щеглова) питания с присущим им режимом стока, во втором — реки ледниково-снегового и снегово-ледникового, (В. Л. Шульц) и ледникового, снегово-ледникового, снегового и снегово-дождевого (О. П. Щеглова) питания с соответствующими им особенностями режима стока.

Синхронность колебаний стока для районов Иссык-Кульского, Чуйского и Таласского бассейнов определялась по среднему стоку вегетационного периода [40].

В настоящее время гидрологические прогнозы имеют локальный характер, они даются лишь для определенного створа, на котором много лет ведутся стационарные наблюдения и разработаны соответствующие методы прогноза. Практические потребности в прогнозах, конечно, значительно шире. Возникает проблема территориальных прогнозов, решение которой в конечном счете не может быть достигнуто путем простого увеличения числа индивидуально рассматриваемых рек, а должно основываться на территориальном подходе к гидрологическим явлениям.

Территориальный гидрологический прогноз должен иметь силу для всех рек, протекающих в пределах данной территории и для всех их створов. Но это не значит, что такой прогноз обязательно должен учитывать все особенности прогнозируемого явления, свойственные даже отдельным небольшим участкам территории. Как правильно указывает В. Д. Комаров [60], территориальный прогноз, например, может иметь в виду только малые или большие реки территории, если влияние размеров водосборов на формирование прогнозируемого явления будет существенным. В горных областях такие же различия могут появиться между реками различных типов питания, разного высотного положения и простирания бассейнов, если различия в условиях питания окажутся значительными.

Территориальный подход к гидрологическим явлениям означает, по-видимому, установление подобия в наиболее существенных чертах гидрологического процесса внутри определенных территориальных контуров и изучение территориально общих закономерностей этого процесса. Первая часть этой задачи была выполнена в результате гидрологического районирования Киргизии, основанного на

принципах как общности условий питания, так и синхронности колебаний стока, на принципе подобия изменчивости стока.

При рассмотрении вопросов территориального прогноза и гидрологического подобия вообще важное место принадлежит обобщенному выражению гидрологических характеристик. Вопрос обобщения уровенных характеристик половодья был рассмотрен Б. А. Аполловым и Ф. П. Лисаченко [5]. Пересмотрев ряд применявшихся способов, авторы не смогли прийти к положительному заключению в отношении какого-нибудь из них. В. Д. Комаров [60], исходя из опыта пространственных обобщений, делает вывод, что такие характеристики половодья как максимальные уровни или расходы не допускают обобщения. В то же время он считает возможным территориальное обобщение объема половодья в виде слоя стока равномерной мощности. Б. А. Аполлов, Г. П. Калинин, В. Д. Комаров [6], касаясь вопроса территориального прогноза меженного стока рекомендуют обобщение его в виде модульных коэффициентов (в долях средней многолетней величины). П. М. Машуков [80] выражает сомнение в целесообразности введения в гидрологию модульных коэффициентов и пользуется нормированными значениями расходов воды, представляющими отношение отклонений расходов от их многолетних средних к среднему квадратическому отклонению этих расходов.

Все приведенные соображения в общем мало удовлетворяют потребности территориальных прогнозов. Слой стока, конечно, обладает обобщающими свойствами, но пространственные рамки такого обобщения довольно узки, а для горной местности просто ничтожны. Модульные коэффициенты могут обладать обобщающими свойствами лишь в отдельных случаях, к которым, по-видимому, и относятся упоминавшиеся меженные расходы. Нормированные расходы П. М. Машукова решают задачу обобщения имеющихся характеристик стока, но не решают ее при отсутствии организованных наблюдений или при наличии лишь кратковременных наблюдений.

В связи с изложенным гидрологические характеристики были обобщены, как было сделано и при рассмотрении районирования, по принципу

$$Y' = \frac{Y' - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}}.$$

Для практического рассмотрения возможности территориального прогноза был взят сток вегетационного периода на реках Восточно-Ферганского гидрологического района, представляющего правобережье р. Карадарьи. В настоящее время для некоторых рек этой территории составляются локальные прогнозы водности вегетационного периода, а также водности за календарные месяцы этого периода. Прогнозы водности вегетационного периода основаны на накоплении осадков за время октябрь — март, оцениваемом для рек Майлису, Тентяксай и Кугарт по средним данным п. Чарвак и ст. Джергетал, для р. Чангет — по данным п. Чангет.

Для территориального прогноза были взяты средние из суммарных осадков по п. Чарвак и ст. Джергетал за период октябрь — март, а прогнозная зависимость представлена в виде

$$Y' = f(X'),$$

где Y — сток вегетационного периода любой реки рассматриваемой территории в любом ее створе; X — среднее количество суммарных осадков за период октябрь — март по п. Чарвак и ст. Джергетал.

На основе этой зависимости, как показывают проверочные прогнозы, территориальный прогноз оказывается возможным, хотя точность его ниже, чем было бы при локальных прогнозах с тем же самым аргументом. Это вполне понятно, поскольку в первом случае, т. е. при территориальном прогнозе, индивидуальные физико-географические особенности отдельных речных бассейнов были осреднены по всей рассматриваемой территории и представлены как единые. При локальных же прогнозах индивидуальные условия бассейнов не нивелируются, а в неявной форме входят в прогнозные зависимости каждого отдельного бассейна, что и приводит к более совершенным результатам. В табл. 58 и 59 даны обеспеченности непревышения погрешности в 20% амплитуды при прогнозах по территориальной и локальным зависимостям с названным аргументом по всем рассматриваемым рекам.

Не привела к улучшению как территориального, так и локальных прогнозов, а наоборот ухудшила их, замена пунктов оценки запасов снега новыми, казалось бы, не менее подходящими пунктами, Чан-

Таблица 58

Обеспеченность территориальных прогнозов стока вегетационного периода

Река	Пункт	Число расчетных лет	Число недопустимых отклонений	Обеспеченность, %
Яссы	Саламалик	25	5	80
Яссы	Узген	28	7	75
Кульдук	Сары-Булак	25	7	72
Донгузтау	Донгуз-Тау	26	4	85
Зергер	Тассай	25	6	76
Чангет	Чангет	28	7	75
Кугарт	Джергетал	29	8	72
Тентяксай	Чарвак	30	6	80
Шайдан	Шайдан	24	5	79
Майлису	устье р. Кайрагач	28	6	79
	Всего	268	61	77

Таблица 59

Обеспеченность локальных прогнозов стока вегетационного периода

Река	Пункт	Число расчетных лет	Число недопустимых отклонений	Обеспеченность, %
Яссы	Саламалик	25	4	84
Яссы	Узген	28	4	86
Кульдук	Сары-Булак	25	4	84
Донгузтау	Донгуз-Тау	26	5	81
Зергер	Тассай	25	3	88
Чангет	Чангет	28	7	75
Кугарт	Джергетал	29	4	86
Тентяксай	Чарвак	30	5	83
Шайдан	Шайдан	24	3	88
Майлису	устье р. Кайрагач	28	5	82
	Всего	268	44	84

гет и Саламалик. Также ухудшились результаты при оценке запасов снега по всем четырем пунктам, вместе взятым.

Неравноценность пунктов оценки запасов снега еще раз свидетельствует о большой роли фактора репрезентативности наблюдений, приобретающей в горных условиях особую актуальность. Неудивительно, что в исследованиях по гидрологическим прогнозам на реках Киргизии главное место заняло практическое установление репрезентативности пунктов, привлекаемых для оценки запасов снега, осуществляемое путем подбора станций и постов, дающих наиболее четкие связи запасов снега со стоком. Это хорошо известно из обширной практики подобных исследований.

При современном состоянии дел, по-видимому, иной подход здесь и невозможен. Закономерности накопления осадков и образования запасов снега в горных бассейнах очень сложны, не менее сложна и задача учета этих запасов. Следовательно, предложенное Машуковым [80] механическое увеличение числа станций и осредненная по ним оценка запасов снега не всегда будет давать положительные результаты. Кажутся малообоснованными и представления Машукова о том, что наилучшие локальные зависимости для каждой из ряда территориально близких рек в отдельности также будут иметь место при осредненной оценке запасов снега по многим, но одним и тем же для всех этих рек, станциям. Такое представление находится в противоречии с практикой исследований по гидрологическим прогнозам. На первое место в этом вопросе в горных условиях выдвигается не количество станций, а снова репрезентатив-

ность тех или иных станций или способов оценки осадков. Поэтому в тех случаях, когда оценка осадков производится по недостаточно репрезентативным станциям, локальные прогнозы даже для рек одного гидрологического района обычно основываются на показаниях различных, скорее даже, единичных станций. Лишь тогда, когда выбранные станции являются высоко репрезентативными, т. е. наиболее полно соответствующими общим географическим условиям территории, показания таких станций оказываются характерными для ряда рек. Но это не дает оснований утверждать, что оценка осадков в отношении отдельных бассейнов не может быть улучшена. Наоборот, индивидуальный и возможно более полный учет осадков в этих бассейнах, несомненно, обеспечит более точные результаты.

В заключение можно сказать, что территориальные прогнозы для некоторых районов осуществимы, хотя они наряду с общей сложностью задачи сопряжены в горных условиях с дополнительными и значительными трудностями, связанными с большой изменчивостью здесь гидрометеорологических процессов. По своим качественным достоинствам они не могут претендовать на замену локальных прогнозов. В современных условиях территориальные прогнозы могут найти применение для ориентировочной оценки предстоящей водности рек той или иной территории, для прогнозов стока рек с короткими рядами или полным отсутствием наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абальян Т. С. Прогноз стока рек Чуйского бассейна. Труды ЦИП, вып. 67, 1958.
2. Абальян Т. С. Сток р. Чу выше Орто-Токойского водохранилища. Труды ЦИП, вып. 67, 1958.
3. Абрамович Д. И. Метод прогноза элементов режима речного стока, уровней грунтовых вод и озер степной зоны Западной Сибири. Труды Всесоюзного гидрологического съезда, т. II, Л., 1959.
4. Андреянов В. Г. Методика расчета внутригодового распределения стока с учетом годности года. Труды ГГИ, вып. 38(92) 1953.
5. Аполлов Б. А., Лисаченко Ф. П. Принципиальные возможности краткосрочного прогноза начала весеннего половодья на малых реках. Труды ЦИП, вып 2(29), 1947.
6. Аполлов Б. А., Калинин Г. П., Комаров В. Д. Гидрологические прогнозы. Гидрометеоиздат, Л., 1960.
7. Артамонов К. Ф. Русловые деформации низовий рек. Сб. «Гидрометеорология в помощь народному хозяйству». Изд. АН УзбССР, Ташкент, 1954.
8. Бассейн р. Нарын. Физико-географическая характеристика. Под ред. Забирова Р. Д. и Благонравова В. А. Изд. АН Киргиз. ССР, Фрунзе, 1960.
9. Боголюбов С. Н., Богомазова З. П. О роли подземного питания в годовом стоке рек и временных водотоков. Труды ГГИ, вып. 52(106), 1956.
10. Большаков М. Н. Водные и водноэнергетические ресурсы. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
11. Большаков М. Н. К вопросу построения карт изолиний среднего стока для горных речных бассейнов. Труды сектора водного хозяйства Киргиз. филиала АН СССР, вып. 2, 1950.
12. Большаков М. Н. Некоторые особенности многолетних колебаний годового стока рек Средней Азии. Труды Института водного хозяйства и энергетики АН Киргиз. ССР, вып. 2(V), 1955.
13. Большаков М. Н., Шпак В. Г. Водноэнергетические ресурсы Киргизской ССР Изд. АН Киргиз. ССР, Фрунзе, 1960.
14. Важнов А. Н. Средний многолетний сток рек Армянской ССР и его внутригодовое распределение. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1956.
15. Валесян В. П. Исследование стока горных рек Армянской ССР. Изд. АН СССР, М., 1955.
16. Выходцев И. В., Никитина Е. В. Флора и растительность. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
17. Геллер С. Ю. Рельеф Кн.: «Средняя Азия». Изд. АН СССР, М., 1958.
18. Голубев Г. Н. Формирование стока рек Иссык-Кульской котловины. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. МГУ, М., 1963.
19. Григоренко П. Г. Основные гидрогеологические закономерности межгорных впадин Северного Тянь-Шаня (Киргизская ССР). Труды Института геологии Киргиз. филиала АН СССР, вып. 1, 1955.

20. Григоренко П. Г. Подземные воды межгорных впадин Киргизии и перспективы их использования. Труды геологического института АН Киргиз. ССР, вып. IX, 1957.
21. Гулисашвили В. З. Горное лесоводство. Гослестехиздат, 1966.
22. Давыдов Л. К. Водоносность рек СССР, ее колебания и влияние на нее физико-географических факторов. Гидрометеоиздат, Л., 1947.
23. Давыдов Л. К., Коикина Н. Г. Общая гидрология. Гидрометеоиздат, Л., 1958.
24. Давыдов Л. К. Колебание водоносности рек Средней Азии. Труды гидрометеорологического отдела Среднеазиатского гидрометеорологического института. Т. I, вып. 2, Ташкент, 1929.
25. Джорджио З. В. К итогам снегомерных работ в Средней Азии. Труды Ташкентской геофизической обсерватории, вып. 15(16), 1957.
26. Джорджио З. В. Межень на реках Средней Азии. Труды Ташкентской геофизической обсерватории, вып. 10, 1955.
27. Дмитриева Н. Г. Некоторые задачи изучения снежного покрова гор. Метеорология и гидрология, № 12, 1952.
28. Дрейер Н. Н. Определение подземной составляющей речного стока для оценки водных ресурсов. Известия АН СССР, серия географическая, 1, 1964.
29. Дружинин И. П., Коваленко Б. Г., Хамьянова Н. В. Долгосрочный прогноз меженного стока некоторых крупных рек Средней Азии. Изв. АН Киргиз. ССР, серия естественных и технических наук, т. V, вып. 2 (энергетика), 1963.
30. Думитрашко Н. В. Геологические условия образования солей в СССР. Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку, 1962.
31. Забиров Р. Д. Оледенение. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
32. Забиров Р. Д. Оледенение. Кн.: «Средняя Азия». Изд. АН СССР, М., 1958.
33. Иверонова М. И. Движение поверхностного рыхлого материала на задернованных горных склонах в лесо-лугово-степном поясе Северного Тянь-Шаня. Труды Института географии АН СССР, т. 75, 1959.
34. Иверонова М. И. Испарение со снежного покрова на хребте Терскей-Алатау. Сб. «География снежного покрова». Изд. АН СССР, М., 1960.
35. Иверонова М. И. Поверхностный сток дождевых и талых снеговых вод на горных склонах хребта Терскей-Алатау. Известия АН СССР, серия географическая, № 4, 1960.
36. Иверонова М. И. Сели в Иссык-Кульской котловине и ее горном обрамлении. Материалы по физической географии Иссык-Кульской котловины. Изд. АН Киргиз. ССР, Фрунзе, 1964.
37. Ильин И. А. Водные ресурсы Ферганской долины. Гидрометеоиздат, Л., 1959.
38. Ильин И. А. Использование суммарных осадкомеров для наблюдений над атмосферными осадками в горных районах Средней Азии. Труды Ташкентской геофизической обсерватории, вып. 15(16), 1957.
39. Ильясов А. Т. Водный баланс р. Алаарча. Тезисы докладов научного совещания по проблемам гидрометеорологии горных стран. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1963.
40. Ильясов А. Т. Гидрологическое районирование Киргизии. Изв. Киргиз. филиала Всесоюзного географического общества, вып. 3, Фрунзе, 1961.
41. Ильясов А. Т. Грунтовое регулирование стока р. Нарын. Метеорология и гидрология, № 11, 1959.
42. Ильясов А. Т. Грунтовое регулирование стока р. Чу. Изв. Киргиз. филиала Всесоюзного географического общества, вып. 4, 1963.
43. Ильясов А. Т. Инфильтрация талых вод в условиях черноземных и подзолистых почв. Доклады АН СССР, новая серия, т. 79, № 1, 1951.
44. Ильясов А. Т. Паводки на реках Киргизии. Изд. МСХ Киргиз. ССР, Фрунзе, 1961.

45. Ильясов А. Т. Распределение и учет атмосферных осадков в горном водосборе по материалам наблюдений в Алаарчинском опытном бассейне. Труды Всесоюзного научного метеорологического совещания, т. IV, Л., 1962.
46. Ильясов А. Т. Сели на территории Киргизии и условия их возникновения. Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Изд. АН АзССР, Баку, 1962.
47. Ильясов А. Т. Формирование руслового стока в Таласской межгорной долине. Сборник работ по гидрологии, № 3. Гидрометеоиздат, Л., 1963.
48. Ильясов А. Т. Формирование стока рек в горной части Средней Азии и роль снеговых, ледниковых и грунтовых вод в этом процессе. Труды III Всесоюзного гидрологического съезда, т. II, 1959.
49. Иогансон В. Э. Гидрометеорологические условия селеобразования в СССР. Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Изд. АН АзССР, Баку, 1962.
50. Исаев Д. И. Болота Северной Киргизии. Киргизский Государственный университет, Фрунзе, 1956.
51. Исаев Д. И. Геоморфологическое районирование Киргизии. Изв. Киргиз. филиала Всесоюзного географического общества СССР, вып. 3, 1961.
52. Исаев Д. И. Рельеф. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
53. Кавецкий С. П., Гулина В. Р. Пособие по прогнозированию селей. Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Алма-Ата, 1960.
54. Калинин Г. П., Абалян Т. С. Определение грунтового питания рек. Метеорология и гидрология, № 5, 1957.
55. Калмыкина Е. М. К вопросу об условиях и закономерностях таяния Малоалмаатинских ледников. Сб. «Гляциологические исследования в период МГГ. Заилийский и Джунгарский Алатау, III. Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1963.
56. Каплинский М. И. Некоторые выводы из анализа водного баланса Чуйской впадины. Изв. АН Киргизской ССР, серия естественных и технических наук, т. II, вып. 4, 1960.
57. Климат Киргизской ССР. Под ред. З. А. Рязанцевой. Изд. АН Киргиз. ССР, Фрунзе, 1965.
58. Козик Е. М. К вопросу о роли снежников в питании горных рек Средней Азии. Труды Ташкентской геофизической обсерватории, вып. 10(11), 1954.
59. Коль С. А. Экспериментальные исследования потерь дождя на инфильтрацию методом искусственного дождевания в Сальской степи. Труды ГГИ, вып. 24(78), 1950.
60. Комаров В. Д. Территориальный (фоновый) прогноз весеннего стока рек восточной части Европейской территории СССР. Труды ЦИП, вып. 27(54), 1951.
61. Комлев А. М. К вопросу формирования стока в бассейне р. Катунь (горный Алтай). Труды транспортно-энергетического института Сиб. отделения АН СССР, вып. XIII, Новосибирск, 1961.
62. Коровин В. И. Изменение уровней воды на озерах Балхаш и Алакуль в зависимости от гидрометеорологических условий и колебаний ледников. Сб. «Гляциологические исследования в период МГГ. Заилийский и Джунгарский Алатау, III. Изд. АН КазССР. Алма-Ата, 1963.
63. Королев В. Г. Геологическое строение и геологическая история. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
64. Косарев М. В. Основные результаты изучения методики снегосъемки в бассейне реки Кызылча. Труды Ташкентской геофизической обсерватории, вып. 15(16), 1957.
65. Кочерга Ф. К. Селевые потоки Средней Азии. Материалы совещания по борьбе с эрозией почв и селевыми потоками (тезисы докладов). Изд. Узбек. академии с.-х. наук, Ташкент, 1960.
66. Крошкин А. Н. Некоторые вопросы морфометрии горных рек Киргизии. Изв. АН Киргизской ССР, серия естественных и технических наук, т. V, вып. 3, 1960.

67. Крошкин А. Н. Условия образования и некоторые динамические характеристики селя на р. Алаарча. Труды ИЭВХ АН Киргиз. ССР, вып. 5(VIII), 1959.
68. Кувшинова К. В., Чубуков Л. А. Климат. Кн.: «Средняя Азия». Изд. АН СССР, М., 1958.
69. Кузин П. С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Гидрометеоиздат, Л., 1960.
70. Кузнецов Н. Т. Проблемы гидрологии Центральной Азии. Изв. АН СССР, серия географическая, I, 1964.
71. Кыдралиев А. Т. Некоторые особенности распределения осадков на северном склоне хребта Терскей-Алатау (по материалам наблюдений в период МГГ). Тезисы докладов на третьей научной конференции Тянь-Шанской высокогорной физико-географической станции АН Киргизской ССР, Фрунзе, 1960.
72. 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, 1962.
73. Львович М. И. Опыт классификации рек СССР. Труды ГГИ, вып. 6, 1938.
74. Лунин Б. А. Физико-географические области и районы. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
75. Макаренко Ф. А. О подземном питании рек. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР, т. I, 1948.
76. Максимов Н. В. Некоторый опыт работ по устранению лавинной опасности в районах Киргизии. Труды Фрунзенской гидрометеорологической обсерватории, вып. I, 1964.
77. Максимов Н. В., Щербаков М. П., Вернер Е. Ф. Лавины и борьба с ними на территории Киргизии. Киргизгосиздат, Фрунзе, 1965.
78. Мамбетов Б. М. Развитие водного хозяйства в Киргизской ССР. Киргизгосиздат, Фрунзе, 1960.
79. Мамытов А. М. Почвы Киргизии. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
80. Машуков П. М. Анализ и прогноз стока рек бассейнов Сурхандарьи за вегетационный период (апрель — сентябрь). Труды САНИГМИ, вып. 3(18), 1960.
81. Машуков П. М. Изучение селевых явлений на основании донесений работников водного хозяйства. Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку, 1962.
82. Машуков П. М. О расчленении стока и расчете гидрографа. Метеорология и гидрология, № 9, 1960.
83. Михайлова В. И. Учет и распределение осадков в горном бассейне. Тезисы докладов научного совещания по проблемам гидрометеорологии горных стран. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1963.
84. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. Изд. АН СССР, 1960.
85. Ольдекоп Э. М. К вопросу о прогнозе расходов рек в Туркестане. Бюллетень гидрометрической части в Туркестане, № 1—3, Ташкент, 1917.
86. Пальгов Н. Н. Основные гидрологические показатели ледника Центрального Туюкского. Сб. «Гляциологические исследования в период МГГ. Заилийский и Джунгарский Алатау, III. Изв. АН КазССР, Алма-Ата, 1963.
87. Пальгов Н. Н. Формулы для расчета стока ледниковых рек Заилийского Алатау. Метеорология и гидрология, № 2, 1954.
88. Петряшова Е. В. К вопросу о многолетних колебаниях стока рек разного типа питания на примере Киргизии. Изв Киргиз. филиала Географического общества СССР, вып. 6, 1965.
89. Поляков Б. В. Гидрологический анализ и расчеты. Гидрометеоиздат, Л., 1946.
90. Попов Е. Г., Лыло В. М. Проблемы прогноза дождевых паводков. Тезисы докладов конференции по проблемам прогнозов и расчетов дождевых паводков на реках Сибири и Дальнего Востока. Владивосток, 1961.
91. Пучкова Н. В. К вопросу о формировании и деятельности снежных лавин.

Сб. «Гляциологические исследования на Тянь-Шане». Изд. АН Киргиз. ССР, Фрунзе, 1964.
92. Пушкарев В. Ф. Основные вопросы проблемы изучения испарения с поверхности суши. Материалы Междуведомственного совещания по проблеме изучения испарения с поверхности суши, Валдай, 1961.
93. Рамазан М. С. Зимний режим малых водотоков Киргизии. Труды ИВХиЭ Киргизского филиала АН СССР, вып. I(IV), 1954.
94. Раушенбах И. О. Некоторые вопросы генезиса селей в Казахстане и Средней Азии. Труды КазНИГМИ, вып. 18, 1962.
95. Решение V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними 22—26 октября 1962 г., Баку Изд. АН АзССР, Баку, 1963.
96. Рустамов С. Г. Селевые явления в Азербайджане и их гидрологическая природа. Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку, 1962.
97. Рязанцева З. А. Климат. Кн.: «Природа Киргизии». Киргизгосиздат, Фрунзе, 1962.
98. Рязанцева З. А. Об испарении на сыртах Иссык-Кульской области. Труды ИВХиЭ АН Киргизской ССР, вып. X(VI), 1956.
99. Северцев Н. А. Путешествие по Туркестанскому краю. Изд. 2, Географгиз, М., 1947.
100. Соколовский Д. Л. Речной сток. Гидрометеоиздат, Л., 1959.
101. Сомов Н. В. Асинхронность колебаний стока крупных рек СССР. Метеорология и гидрология, № 5, 1963.
102. Соседов И. С., Филатова Л. Н. Результаты наблюдений над испарением со снежного покрова в горах Заилийского Алатау. Метеорология и гидрология, № 8, 1961.
103. Султанбаев С. А. Причины селевого паводка в районе Рыбачьего 18 июня 1955 г. Изв. Географического общества Киргиз. ССР, вып. 6, 1965.
104. Указания к производству расчетов речного стока в условиях Средней Азии. Изд. АН Узб. ССР, Ташкент, 1959.
105. Флейшман С. М. Зависимость характера селевых потоков от географических условий и их классификация. Изв. АН СССР, серия географическая, 5, 1964.
106. Хейфец М. Н. Анализ колебаний уровня озера Иссык-Куль. Сб. «Материалы по физической географии Иссык-Кульской котловины», Изд. АН Киргиз. ССР, Фрунзе, 1964.
107. Цигельная И. Д. Условия формирования склонового стока в лесо-луго-степном поясе северного склона хребта Терскей-Алатау. Изд. АН Киргиз. ССР, Фрунзе, 1963.
108. Шульц В. Л. Гидрография Средней Азии. Изд. ТашГУ, Ташкент, 1958.
109. Шульц В. Л. Изменчивость годового стока рек Средней Азии. Труды института сооружений АН УзбССР, вып. 1. Ташкент, 1949.
110. Шульц В. Л. Реки Средней Азии. Географгиз, М., 1949.
111. Шульц В. Л. Реки Средней Азии. ч. I. Гидрометеоиздат, Л., 1963.
112. Шульц В. Л. Таяние снежников в горах Средней Азии. Изд. АН УзбССР, Ташкент, 1956.
113. Щеглова О. П. Дождевое питание рек Средней Азии. Труды Ташкентской геофизической обсерватории, вып. 15(16), 1957.
114. Щеглова О. П. Определение средних многолетних дат начала и конца паводка на горных реках. Труды Ташкентского государственного университета им. В. И. Ленина, вып. 193, 1962.
115. Щеглова О. П. Питание рек Средней Азии. Изд. СамГУ, Ташкент, 1960.
116. Щербаков М. П. Опыт лавинного районирования территории Киргизии. Изв. Географического общества Киргиз. ССР, вып. 6, 1965.
117. Riesbol H. S. Some aspects of subsurface water in hydrologic research on agricultural watersheds. Proceading of the hydrology conference, 1941.
118. Sherman L. K. The unit hydrograph method. Hydrology, N 4, 1949.
119. Wait H. A., and Tomas H. E. Effect of current drought upon Waters Supplies in cedar city vally, utah Transactions, American Geophysical Union, vol. 36, N 5, October, 1955.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редакторов 3
Предисловие 4
Гидрография 6
Глава I. Природные условия 6
Глава II. Водные объекты 26
Глава III. Гидрографические бассейны и гидрометеорологические наблюдения 51
Формирование стока и водный баланс территории 73
Глава IV. Современные представления о формировании стока горных рек Средней Азии 73
Глава V. Водный баланс горных бассейнов 92
1. Алаарчинский бассейн 93
2. Бассейн р. Чонкызылсу 130
3. Бассейн рек северного и восточного Прифергапья . . 139
4. Соотношение твердых и жидких осадков в Ангренском бассейне 142
Глава VI. Водный баланс межгорных долин 144
1. Чуйская долина 147
2. Таласская долина 154
Сток и водный баланс гидрографических бассейнов 166
Глава VII. Ресурсы стока 166
Глава VIII. Водный баланс гидрографических бассейнов 180
Режим стока 191
Глава IX. Основные различия в режиме стока 191
Глава X. Расходы половодья 213
Глава XI. Меженные расходы 223
Глава XII. Уровенный режим 223
Глава XIII. Подземная зарегулированность стока 228
Глава XIV. Селевые паводки 239
Колебания стока 264
Глава XV. Многолетняя изменчивость годового стока 264
Глава XVI. Гидрологическое районирование 270
Литература 291

Труды САНИГМИ, вып. 43(58)

СТОК И ВОДНЫЙ БАЛАНС РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ КИРГИЗИИ

Редакторы Г. Г. Доброумова, Т. С. Шмидт
Технич. редактор Г. С. Николаева
Корректоры Т. В. Алексеева и Т. Н. Черненко

Сдано в набор 3/II 1959 г. Подписано к печати 4/VI 1959 г. Бумага тип. № 1 60×90¹/₁₆. Бум. л. 9,25
Печ. л. 18,5. Уч.-изд. л. 21,08. М-15594. Индекс ГЛ-3. Тираж 500 экз. Цена 1 руб. 47 коп.
Гидрометеорологическое издательство. Ленинград, В-53, 2-я линия, 23. Заказ 119.

Сортавальская книжная типография Управления по печати при Совете Министров КАССР
г. Сортавала, Карельская, 42.