

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

В. П. ВАЛЕСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОКА  
ГОРНЫХ РЕК  
АРМЯНСКОЙ ССР



19 20 21 07  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
АКАДЕМИИ НАУК СССР

331  
B-15

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СЕКЦИЯ ПО НАУЧНОЙ РАЗРАБОТКЕ ПРОБЛЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

1960

В. П. ВАЛЕСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОКА  
ГОРНЫХ РЕК  
АРМЯНСКОЙ ССР

17045-  
33924  
17045

17045-33924

БИБЛИОТЕКА  
АКАДЕМИИ НАУК  
СРСР  
УЧЕБНО-НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР  
МОСКВА 1955

3



Ответственный редактор  
доктор технических наук *С. Н. Крицкий*



---

## ОТ СЕКЦИИ ПО НАУЧНОЙ РАЗРАБОТКЕ ПРОБЛЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА АКАДЕМИИ НАУК СССР

При использовании малых рек для нужд орошения, водоснабжения и производства энергии исходные гидрологические данные, необходимые для суждения о водных ресурсах той или иной реки, не всегда могут быть получены на основе непосредственных измерений. Оценка ресурсов опирается обычно на косвенные приемы гидрологического расчета. Разрешению возникающих при этом вопросов применительно к условиям Армянской ССР посвящен труд В. П. Валесяна. В нем приводятся результаты исследований стока горных рек Армянской ССР.

Книга может быть использована инженерами—гидротехниками и гидрологами, а также студентами соответствующих вузов и техникумов.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Использование водных ресурсов нашей Родины не ограничивается крупными водными артериями. Ресурсы малых и средних рек также имеют существенное значение в развитии экономики страны. В горных областях СССР, подобных Закавказским республикам, рациональное использование стока малых и средних горных рек должно обеспечить орошение земель, лежащих в низовьях, электрификацию колхозов, снабжение электроэнергией промышленных предприятий.

К сожалению, по большинству горных рек нашей страны нет достаточно полных гидрометрических данных, необходимых для проектирования и строительства гидротехнических сооружений; речной сток либо изучен слабо, либо совсем неизучен.

Многие ученые — В. К. Давыдов, Д. Л. Соколовский, М. А. Великанов, Б. Д. Зайков, А. В. Огиевский и другие — занимались исследованиями стока горных рек. Однако радикального разрешения эта проблема не получила и поныне. Методика расчета стока горных рек пока не разработана. Это сильно затрудняет разрешение ряда важных водохозяйственных вопросов, связанных с использованием горных рек.

Отсутствие методики расчета характеристик стока горных рек, при гидрометрической неизученности водотоков и сложности физико-географической и геоморфологической структуры их водосборов, является серьезным препятствием для осуществления гидротехнического строительства и улучшения природных условий в бассейнах таких рек.

Исходя из актуальности темы, автор предпринял попытку: во-первых, наметить пути создания теории и методики исследования стока горных рек, дающих возможность рассчитывать важнейшие характеристики стока на основе анализа физико-географических и климатических факторов; во-вторых, применить выводы теоретических исследований к изучению региональной гидрологии рек Армянской ССР. Выводы работы должны



помочь проектировщикам гидротехнических сооружений и мелиоративных мероприятий в решении стоящих перед ними задач.

Для настоящей работы были использованы материалы гидрометрических, метеорологических, геологических, гидрогеологических, агротехнических и других исследований, собранные различными учреждениями.

На основе изучения генезиса стока горных рек Армянской ССР были разработаны методы его исследования и даны необходимые расчетные формулы, карты и графики для определения гидрологических характеристик.

Рекомендуемый метод исследования и приемы расчета различных характеристик стока, разработанные для рек Армянской ССР, могут быть с необходимыми поправками и дополнениями применены к изучению стока горных рек в других горных районах страны.

Ценность каждого метода гидрологического исследования, как известно, определяется точностью получаемых результатов, т. е. степенью совпадения выводов расчета с действительной величиной той или другой характеристики стока.

В настоящей работе после вывода расчетных формул приводятся результаты их применения к определению характеристик стока отдельных рек Армянской ССР, позволяющие судить о приложимости метода для выявления характеристик стока неизученных бассейнов. Проверка метода показывает хорошее совпадение расчетных величин с их действительными значениями.

Для облегчения практического применения рекомендуемых методов в настоящую работу включены графики и картограммы, с помощью которых можно быстро и достаточно точно решать многие задачи, возникающие в ходе проектирования мероприятий по использованию речного стока для различных отраслей народного хозяйства.

Автор счел целесообразным посвятить первую главу настоящей работы основным методологическим требованиям, которые можно принять за основу при исследовании стока горных рек.

Автор выражает большую признательность лауреату Сталинской премии, доктору технических наук С. Н. Крицкому, проводшему редактирование всей книги и много способствовавшему улучшению ее текста, лауреату Сталинской премии доктору технических наук М. Ф. Менкелю, профессору доктору технических наук В. Д. Журину, гидрологам Н. В. Патрикееву и Э. А. Атаян за помощь и ценные указания, данные при составлении настоящей монографии.

## ГЛАВА I

### ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Несмотря на достигнутые советской наукой значительные успехи, современная гидрология не всегда удовлетворяет требованиям бурно развивающегося гидротехнического строительства.

Недостаточно глубоко и всесторонне проникают в гидрологические исследования методологические принципы единственно научного метода познания — диалектического материализма, что, в частности, проявляется в не всегда достаточной научной строгости методов расчета, применяемых при гидрологических исследованиях, и в применении расчетных приемов, не учитывающих изменения природных и производственно-экономических факторов, влияющих на сток.

Недостаточная связь между научными коллективами, близкими друг другу по характеру и тематике исследований, устранение этих недостатков невозможно без широкого освещения новейших научных данных, добываемых в этой области естествознания.

Источником сведений о речном стоке должен служить по возможности полный комплекс гидрометрических работ (измерения уровня, скорости течения и расходов воды), метеорологических наблюдений (количество осадков, температура и влажность воздуха, сила и направление ветров, атмосферное давление, солнечная радиация и др.), а также агролесомелиоративные, геологические, гидрогеологические и прочие данные.

Величина стока является результатом деятельности взаимосвязанных и изменяющихся природных факторов, как атмосферные осадки, температура воздуха и пр. В процессе формирования стока одни и те же явления в одних случаях играют положительную роль, а в других — отрицательную. Возьмем простейший пример: повышение температуры воздуха при наличии снегового покрова способствует росту стока реки, так как увеличивается интенсивность снеготаяния и, наоборот,



после исчезновения снегового покрова повышение температуры отрицательно влияет на расход воды той же реки, так как увеличиваются потери воды на испарение. Этот наглядный пример лишний раз подтверждает, что в различной обстановке один и тот же фактор оказывает прямо противоположное влияние на речной сток.

При гидрологических исследованиях, лежащих в основу гидротехнического проектирования, важно хотя бы приблизительно правильно выявить величины будущего стока данной реки. Достоверность прогноза будущего режима данной реки зависит от правильности анализа прошлого стока.

При определении характеристик стока в настоящее время пользуются методом математической статистики. Математическую статистику следует применять в неразрывной связи с анализом генезиса стоковых явлений; такой анализ дает возможность найти количественную зависимость величины стока от влияющих на него факторов. Методы анализа генезиса стоковых процессов приобретают ведущую роль в исследовании.

До последнего времени водохозяйственные расчеты производились преимущественно для крупных рек, в первую очередь вводимых в гидроэнергетическую и транспортно-ирригационную эксплуатацию. Теперь, когда начато широкое использование средних и малых, в том числе горных рек, требуется разработка методов изучения и расчета стока и этих рек.

Приемы математической статистики, основанные на обработке гидрометрических материалов, должны с особой осторожностью применяться к рекам горного типа, как правило, недостаточно изученным гидрометрически. Поэтому при выявлении характеристик таких рек необходимо особенно тщательно изучить весь материал и информацию о свойствах исследуемого бассейна.

В современной гидрологической литературе описано довольно много приемов косвенного расчета стока, основанных на учете метеорологических факторов, однако эти приемы не дают возможности правильно рассчитать сток гидрометрически неизученных бассейнов. Предложенные различными авторами приемы учитывают влияние на сток лишь части определяющих его факторов, главным образом количества атмосферных осадков.

Применение этих приемов является шагом вперед на пути исследования генезиса стока; однако этого недостаточно; следует полностью использовать данные об условиях формирования стока, получаемые при полевых исследованиях и наблюдениях. Эти материалы необходимо тщательно проанализировать, рассмотрев взаимодействие всех факторов с учетом их количественных и качественных изменений во времени и пространстве; необходимо вскрыть взаимосвязи факторов и выя-



вить закономерности, проявляющиеся в процессе развития природных явлений. Безусловно, поставленные задачи очень сложны и разнообразны, но с ними можно и необходимо справиться.

Недостатком современной гидрологической практики является также то, что при исследованиях уделяется мало внимания изменению факторов, влияющих на величину стока.

До сих пор при проектировании водохозяйственных сооружений учитывались лишь те изменения, которые вносятся в этот режим непосредственно гидротехническими мероприятиями — отводом воды для водоснабжения и орошения, регулированием стока водохранилищами, испарением с их поверхности, переброской стока других бассейнов и т. п. Изменения, вызываемые преобразованием природных условий, как правило, не вводились в расчет. Предполагалось, что характеристики этих условий изменяются во времени настолько медленно, что их изменениями можно пренебречь. Вследствие этого применялись картограммы, расчетные графики и формулы, не учитывавшие изменения данной расчетной величины во времени.

Такая практика, не всегда оправданная и в прошлом, должна теперь, в условиях СССР, уступить место во многих случаях более современным приемам анализа. Характеристики речного стока с течением времени изменяются, отражая изменения природных условий, в которых формируется сток, и, в первую очередь, влияние на эти условия производственной деятельности человеческого общества.

Советские гидрологи должны разработать расчетные приемы, учитывающие влияние на формирование речного стока изменений природных факторов, происходящих в данном бассейне в результате человеческой деятельности.

Улучшение природных условий обширных территорий СССР обогатит их растительный покров. Это повлечет за собой увеличение увлажненности этих территорий, смягчение их климата; в частности, в благоприятную для агрикультуры сторону изменится климатический и почвенно-ботанический режим пустынь, полупустынь и сухих степей.

Таким образом, планомерно направленные изменения растительного покрова тех или иных зон страны повлекут за собой количественные изменения почвенно-гидрологического режима и, следовательно, существенные качественные изменения климата в целом.

Там же, где господствует капитализм, стихийные воздействия общества на природу влекут за собой тяжелые деструктивные изменения. Так, например, в США в последние годы наблюдаются катастрофические наводнения р. Миссури, возникшие в результате хищнического уничтожения лесного покрова в бассейнах реки и ее притоков. Следовательно, здесь

количественные изменения растительного покрова привели к качественному изменению климата и гидрологического режима.

Изучая природные явления в их взаимодействии и изменении во времени и пространстве, необходимо иметь в виду, что этим явлениям свойственны внутренние противоречия.

Методика изучения гидрологических явлений должна исходить из признания диалектического, противоречивого единства речного стока и обуславливающих его природных процессов. Методы, метафизически разрывающие это единство и односторонне ограничивающиеся формально статистической обработкой гидрометрических данных или же оторванными от опыта умозрительными построениями, в основе своей порочны и могут завести гидрологию в тупик.

В современной гидрологии все еще имеет место и слабый контакт с родственными и смежными с ней областями науки. При гидрологическом анализе, как известно, приходится учитывать и исследовать явления круговорота воды, происходящие в атмосфере, на земной поверхности и в недрах земли. Изучением этих явлений, кроме гидрологов, занимаются климатологи, гидрогеологи, агрономы, биологи, гидротехники и представители многих других специальностей. Для успешного разрешения научных проблем, в частности, в гидрологии надо суммировать и координировать данные всех вышеназванных отраслей науки, обобщая их, делая выводы и практические рекомендации, необходимые как для дальнейших научно-теоретических исследований, так и для производственной практики. Каждое научное достижение, которого добилось то или другое научно-исследовательское учреждение, должно быть широко использовано другими учреждениями и организациями. Для плодотворного объединения научных усилий необходима живая, творческая связь в работе всех коллективов, которые изучают в различных аспектах одни и те же естественно-исторические явления и факторы.

В утверждении принципа совместной работы гидрологов с учеными смежных специальностей пока еще сделано очень мало. Метеорологи и климатологи недостаточно тесно связаны с гидрологами, агрономами, биологами; биологи же не связаны с гидрологами, климатологами и т. д.

Между тем, потребности народного хозяйства в исследовании гидрологических явлений и возможности подлинно научного решения гидрологических задач очень велики. Уже при современном состоянии геофизики можно получить первостепенной важности данные о стоке гидрометрически не изученных бассейнов на основе анализа их естественно-исторических условий. Однако этого недостаточно. Надо разрабатывать новые физические методы исследования гидрологических процессов и



всесторонние, экспериментально и теоретически изучать элементы генезиса речного стока и законы его колебания.

Обращаясь непосредственно к содержанию настоящей работы, автор считает необходимым указать здесь, что в ней он принял следующий порядок анализа стоковых процессов:

1. Изучение физико-географических условий исследуемого бассейна.

2. Изучение климатических факторов.

3. Анализ почвенного и растительного покровов.

4. Исследование геологического строения изучаемой территории, помогающее учитывать гидрогеологические особенности бассейна и степень подземного питания.

5. Выявление количественных и качественных изменений речного стока под воздействием человеческой деятельности в форме агролесомелиоративных мероприятий и гидротехнического строительства.

При рассмотрении гидрометеорологических данных по территории Армянской ССР удалось вскрыть некоторые закономерности, проявляющиеся в формировании климата и физико-географических условий исследуемых бассейнов; выяснилось, что почти все климатические факторы тесно связаны с формами рельефа и с его вертикальной расчлененностью, особое влияние оказывает экспозиция склонов, направление и форма отдельных хребтов и долин. Кроме того, расчленение рельефа играет особую роль при распределении воздушных потоков и создает их местные циркуляции.

На основе выявленных закономерностей установлены величины различных климатических характеристик в пунктах горного рельефа, размещенных с такой густотой, что между двумя соседними точками оказывается возможной интерполяция указанных характеристик для любого пункта изучаемой территории.

Изучение причинных связей и закономерностей взаимодействия естественно-исторических факторов, формирующих речной сток, открывает пути для создания расчетных приемов, позволяющих определять значения различных характеристик стока горных рек, по которым в большинстве случаев отсутствуют гидрометрические наблюдения.

Последовательность изучения основных характеристик стока была принята следующей: сначала был рассмотрен средний многолетний сток; потом проанализированы его колебания, сезонное и внутрисезонное распределение и, наконец, экстремальные величины стока.

Проделанный анализ дал возможность рекомендовать ряд графиков, картограмм и формул для определения важнейших характеристик стока горных рек.



## ГЛАВА II

### ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЕЛИЧИНУ СТОКА

#### § 1. Краткий гидрографический очерк рек Армянской ССР

Для установления законов круговорота воды и характеристик стока необходимо исследовать физико-географические условия данной территории, так как все факторы, влияющие на величину стока, связаны со свойствами изучаемой территории, с ее климатом, географическим расположением, рельефом, геологией, гидрогеологией, почвами и растительным покровом.

Выяснение взаимодействия указанных факторов и их влияния на величину стока — трудная задача; в условиях Армянского нагорья эта задача осложняется еще чрезвычайным разнообразием физико-географических (особенно топографических и климатических) условий. Однако тщательное исследование материала позволяет не только представить общую картину пространственного распределения основных факторов стока, но и установить ряд важных количественных характеристик, а также наметить пути гидрологического обоснования народнохозяйственных мероприятий, связанных с использованием водных ресурсов. Сильно влияет на климатические и гидрологические условия местности вертикальная расчлененность рельефа, что характерно для всякой горной страны. Принимая во внимание сравнительно небольшие размеры территории Армянской ССР, казалось, нельзя было бы ожидать значительной разницы в климате ее отдельных частей. Однако благодаря своеобразным топографическим условиям Армении климат на ее территории отличается большим разнообразием, изменяясь от сухого субтропического до холодного альпийского. Даже та разница, которая наблюдается между северо-восточной лесной зоной и остальной частью Армении, является,

в сравнении с вертикальной зональностью, второстепенным фактором.

Армянская ССР находится в одном из наиболее гористых и изрезанных районов Закавказья — в районе Малого Кавказа. Она занимает площадь в 29 718 кв. км. Эта территория расположена на высоте от 500 до 4095 м над уровнем моря, при средней высоте 1890 м.

Армянское нагорье, занимающее значительную часть территории республики, лежит на высоте около 1500 м над уровнем моря, а отдельные хребты возвышаются до 3000—3500 м. Высшей точкой Нагорья является вулканический конус Арагаца (4095 м).

Главным хребтом, пересекающим территорию на севере Армении, являются Кечутские горы (Мокрые горы), высота которых в пределах Нагорья превышает 3100 м. От средней части этого хребта (от вершины Леглы-даг) отходит к востоку Сомхетский хребет (пограничный с Грузинской ССР), затем Чалдырский (на стыке границ Армении, Грузии и Турции). К югу от этих хребтов расположены Базумский и Памбакский хребты, а от последнего в виде отрога отходит хребет Цахкунянд (Миханский хребет). Высота указанных хребтов превышает 3100 м. К северу от Базумского (Бзовдальского) хребта на высоте 1500 м расположена широкая Лорийская котловина.

В северо-восточной части Армении на высоте около 1920 м разместилось живописное высокогорное озеро Севан. С северо-востока оно окружено Арегунийским и Севанским хребтами, с запада Гегамским хребтом и с юга Варденисским хребтом; отдельные вершины этих хребтов достигают 3400—3600 м.

В юго-восточной части Армянского нагорья расположен Зангезурский хребет, от которого параллельно отходят Баргушатский и Мегри-Гюнейский хребты с вершинами высотой до 3400 м. Между хребтами и горными массивами заключены равнинные области — котловины и долины рек. Из них самыми крупными плоскогорьями являются: Ширакское (на высоте 1500 м), Карабахское (на высоте 2500 м), Лорийское и Апаракское.

Ширакское плоскогорье заключено между р. Ахурия (Западный Арпа-чай) и примыкающими к нему: с запада Карским плоскогорьем, с юго-востока массивом Арагаца (Алагеза) и с северо-востока хребтом Памбакским с его отрогом — Ширакским хребтом. К югу, по течению р. Ахурия, Ширакское плоскогорье быстро понижается, а к северо-западу от него по левому берегу реки расположена на высоте около 1800 м небольшая равнина Елли-Дара, заключенная между северными склонами Ширакского хребта и западными склонами южной оконечности Кечутских гор.



Верховья р. Ахурян расположены на равнине, заключенной между хребтами Чалдырским и массивом Ашоцк (Ах-баба), переходящим в более высокую равнину — Ашоцкую. На Ахбабинской равнине на высоте 2012 м среди болот лежит небольшое озеро Арши-лич, из которого вытекает р. Ахурян.

К юго-востоку от Ширакского плато и значительно выше его расположено Апаранское плоскогорье. Между ними возвышается

вулканический конус Колгат, высотой 2475 м. Средняя высота Апаранского плоскогорья 2100 м.

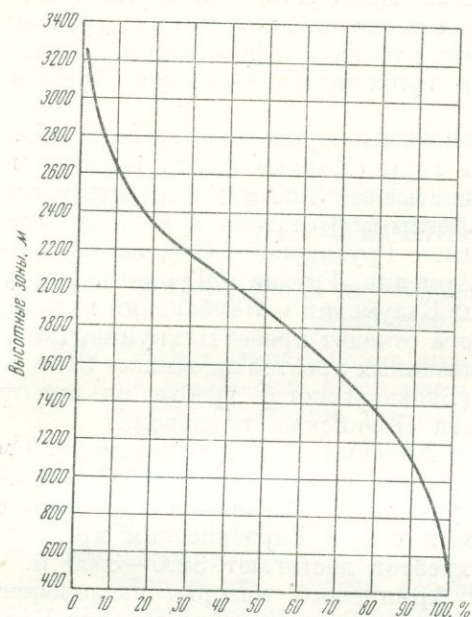
Лорийская степь расположена по среднему и верхнему течению Дзорагет и ее притоков на высоте 1400 м. Степь окружена с запада южной оконечностью Кечутских гор, с юго-востока Базумским и с северо-востока Сомхетским хребтами. Северо-западная часть Лорийской степи покрыта болотами, питающимися многочисленными ручьи и реки, стекающие в р. Дзорагет.

Наиболее низко расположена равнина среднего течения Аракса — Приараксинская низ-

менность, тянущаяся широкой лентой с северо-запада на юго-восток. С юга и юго-запада она ограничена Армянским (Агридагским) хребтом и горным массивом Большим и Малым Араратом. С севера указанная равнина окаймлена массивом Арагац и южной оконечностью Гегамского хребта, а с северо-востока и востока отрогом Зангезурского хребта.

Для наглядности и дополнения всего вышеуказанного предлагается соответствующая гипсометрическая кривая (фиг. 1) и гипсометрическая карта (см. приложение 1), иллюстрирующая характер рельефа территории Армянской ССР.

Территория республики сильно пересечена не только основными хребтами, но и их отрогами и отдельными возвышенностями. Прорезающие их многочисленные узкие ущелья



Фиг. 1. Гипсометрическая кривая территории Армянской ССР.

являются удобными желобами и своеобразными распределителями вторгающихся воздушных масс. Сильно изрезанный сложный рельеф оказывает большое влияние на густоту речной сети.

Ниже приведены краткое описание гидрографической сети республики и некоторые гипсометрические кривые, полученные определением средних взвешенных высот каждого бассейна по гипсометрической карте территории.

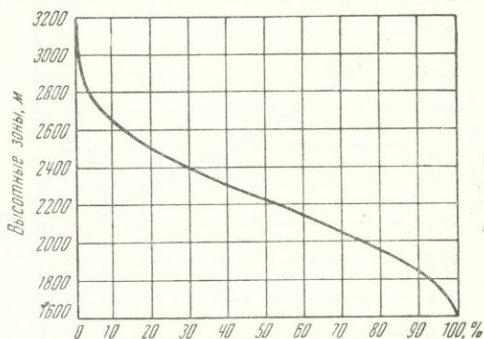
**1. Река Ахурян.** Река Ахурян (Западный Арпа-чай) — правый крупный приток р. Аракс. Она берет начало из оз. Арпи-лич на высоте примерно 2010 м и впадает в Аракс на высоте около 950 м.

Общее падение реки 1060 м, а средний уклон составляет 0,0055. В верховьях р. Ахурян протекает по территории Армянской ССР в северо-западной части ее, но правобережный бассейн только частично находится в пределах республики. В среднем и нижнем течении, начиная от впадения притока Карахан-чай, река является пограничной между СССР и Турцией.

Бассейн р. Ахурян граничит с запада с бассейном р. Чорох, с севера — с бассейном р. Кура, с северо-востока с бассейнами притоков Куры — рек Дзорагет и Памбак, с востока — с бассейном р. Касах и с юга с бассейном р. Аракс.

Водоразделом между бассейнами рек Ахурян и Чорох служит Чалдырский хребет. Бассейны рек Ахурян и Кура разделены Сомхетским хребтом. С северо-востока водоразделом является Кечутский хребет, с востока — склоны горы Арагац (Алагез). Длина р. Ахурян — 190 км, а площадь водосбора — 9670 кв. км. Имея в виду, что большая часть (около двух третей) бассейна реки находится на турецкой территории и необходимых данных для исследования этой части не имеется, мы приводим гипсометрическую кривую бассейна р. Ахурян лишь выше поста Кашс (фиг. 2). Средняя высота бассейна р. Ахурян равняется 2220 м над уровнем моря.

**2. Река Памбак.** Река Памбак является одним из двух крупных притоков р. Дебед. Свое начало она берет из родника у Джаджурского тоннеля на высоте 1810 м. Длина реки 86 км. Памбак впадает в р. Дебед в 92 км от устья последней. С севера

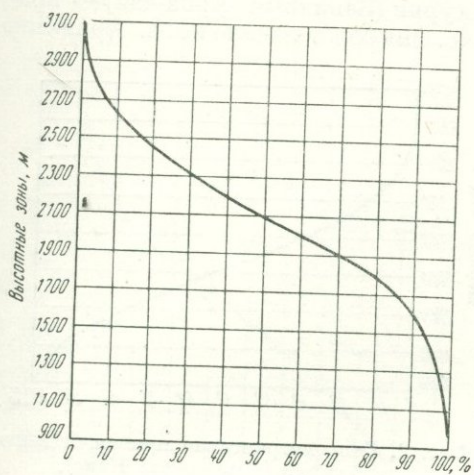


Фиг. 2. Гипсометрическая кривая бассейна р. Ахурян (выше поста Кашс).



бассейн окаймлен Базумским хребтом, с запада водоразделом является Кечутский хребет, с юга Памбакский хребет, а с востока Бабалярский хребет. После формирования река течет в широтном направлении до Кировакана. У сел. Мегрут (Ягублы) река меняет направление на северо-восточное.

Водный режим реки характеризуется весьма неустойчивым ходом уровней. Весеннее половодье, как правило, начи-



Фиг. 3. Гипсометрическая кривая бассейна р. Памбак (выше поста Калигиран).

Средняя высота бассейна достигает 2009 м.

В качестве топографической характеристики бассейна реки Памбак прилагаем гипсометрическую кривую (фиг. 3).

**3. Река Дзорагет.** Река Дзорагет берет начало от Базумского хребта и впадает в р. Дебед на расстоянии 92 км от ее устья. Длина реки 71 км. Площадь водосбора в целом 1460 кв. км. Бассейн реки с севера и северо-востока окаймлен Сомхетским хребтом, отходящим от Кечутского хребта у вершины Легли-даг в восточном направлении. С юга водоразделом служит Базумский хребет, отделяющий бассейн рек Дзорагет и Памбак. С запада границей бассейна является Кечутский хребет, или, точнее, его южная оконечность.

Наиболее возвышенной является западная часть бассейна, т. е. Кечутские горы с вершинами Леглы, Акчала, Дали-даг, достигающими высоты более 3000 м. Северная часть бассейна в отличие от сильно изрезанных гористых западной и южной его частей представляет горное Лорийское плато. Общее направление реки восточно-юго-восточное. На высоте 880 м р. Дзорагет сливается с р. Памбак и образует р. Дебед.

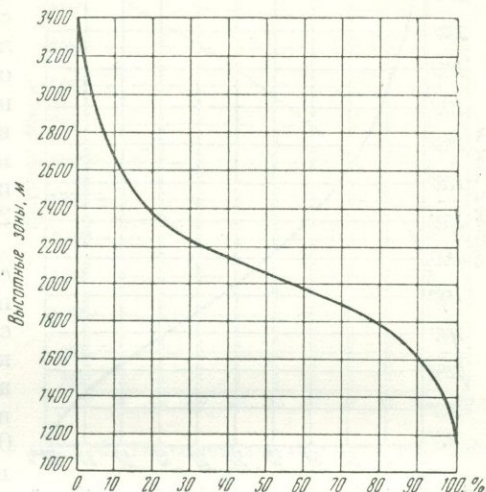
нается в апреле резким подъемом, после чего многократно чередуются подъемы и спады. Спад половодья происходит значительно медленнее подъема и продолжается до начала августа. В августе устанавливается межень, характерная устойчивостью уровней. Осенью в бассейне, в отличие от других рек Армении, наблюдаются довольно часто повторяющиеся небольшие кратковременные паводки. Зимой полному ледоставу на реке почти не бывает.

Равнина отличается избытком влаги, так как незначительные уклоны препятствуют стеканию осадков, обильно выпадающих на Кечутских горах и в Лорийской степи. Питание реки смешанное: грунтовое, снеговое и дождевое. Высокий сток продолжается 50—60 дней. Весеннее половодье обычно начинается в конце марта. Величина отдельных паводковых пиков иногда достигает значительных размеров.

Прилагаем гипсометрическую кривую бассейна (фиг. 4).

4. Река Дебед. Дебед, самый крупный приток р. Храм, образуется от слияния рек Памбак и Дзорагет на отметке 880 м. После выхода реки на Борчалинскую равнину (Грузинская ССР) она принимает название Борчало.

Границами бассейна реки служат — с севера Сомхетские горы и Папарский хребет, с запада Кечутский и Карахачский хребты, с юга Памбакский хребет и с востока хребты Бабакарский и Бархули. Между реками Памбак и Дзорагет водоразделом служит Базумский хребет. Река после формирования течет сначала в северном направлении, в среднем течении поворачивает на северо-восток, а от ст. Садахло течет опять в северном направлении.



Фиг. 4. Гипсометрическая кривая бассейна р. Дзорагет (выше поста Гергер).

Подъем уровней начинается весной с марта и продолжается до первой половины июня. Ход паводков характерен рядом пиков и спадов. Продолжительность весеннего паводка 120—130 дней. Питание реки смешанное: грунтовое, снеговое, дождевое. Гипсометрическая кривая бассейна изображена на фиг. 5.

5. Река Агстев. Свое начало р. Агстев (Актафа) берет на северном склоне горы Теж-Ахмед Памбакского хребта, в ложбине, образуемой тянущимся на север отрогом этого хребта. Река впадает в р. Куру на расстоянии 915 км от ее устья. Длина реки 133 км, площадь водосбора 2500 кв. км.

Бассейн реки с запада окаймляется Бабакарским хребтом, являющимся водоразделом между бассейнами рек Памбак и Аг-

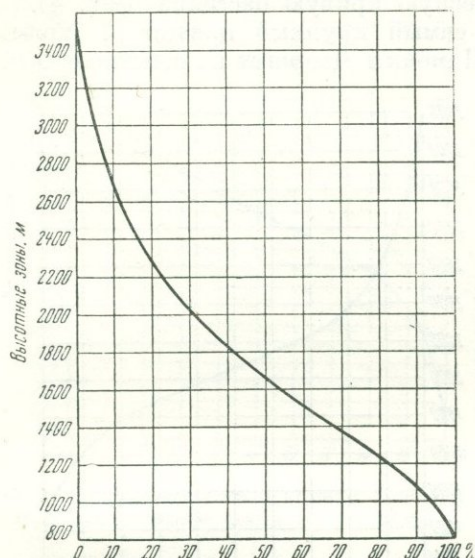


ств, с севера — отрогами хребта Дали-даг с вершиной Соухбулах (2080 м), с юга границей бассейна служат Памбакский и Арегунийский хребты и с юго-востока — вершина Кашатах (2901 м).

Самая высокая часть бассейна расположена в юго-восточных районах. Отметка истока 2987 м, устья 203 м. Таким образом, общее падение реки составляет 2784 м, средний уклон

равен 0,021. Падение распределяется по длине реки неравномерно. От истока до с. Лермонтово падение сравнительно большое, далее до с. Фиолетово уклон относительно невелик. В нижнем течении уклон вновь увеличивается. Средняя высота бассейна выше поста Иджеван достигает 2163 м (фиг. 6).

В верховьях реки выше сел. Фиолетово половодье начинается в апреле, достигает максимума в мае и кончается в июне. Годовая амплитуда колебаний уровней незначительная — 0,3—0,5 м. Осенних паводков почти не бывает. Установившийся зимний меженьный уровень мало колеблется. Зимний сток мало



Фиг. 5. Гипсометрическая кривая бассейна р. Дебед (от Калагирана до границы).

отличается от летнего, так как в течение всей межени река питается грунтовыми водами. На участке Фиолетово—устье р. Гетик (Тарса-чай) сезон высокого стока начинается во второй половине марта и кончается в июле. В указанный период гидрограф характерен пиками и, как правило, один из них имеет преобладающую высоту. Амплитуда колебаний меняется от 1 до 1,5 м. Осенние пики бывают в сентябре, октябре. Для летней межени, продолжительность которой 2—2,5 месяца, характерны стабильные низкие уровни. От сел. Фиолетово до устья Гетик сплошного ледостава не наблюдается.

**6. Река Касах.** Река Касах впадает в р. Севджур в 26 км от ее устья. Река берет начало от нескольких ручьев, стекающих с северного склона горы Арагац и южного склона Памбакского хребта. Ее длина 89 км, площадь водосбора — 1480 кв. км. Река течет по обширной алювиальной равнине с небольшим

углублением русла. Бассейн окаймлен с запада Арагацским массивом, с севера — Памбакским, а с востока — Цахкунянцским хребтами. Бассейн р. Касах в основном расположен на Апаранском плоскогорье. От истока до сел. Апаран русло р. Касах остается в течение восьми месяцев сухим. Ниже выхода двух мощных родников река имеет постоянный сток. Весенний ход уровня весьма неустойчив, с начала марта наблюдаются бурные паводки, обус-

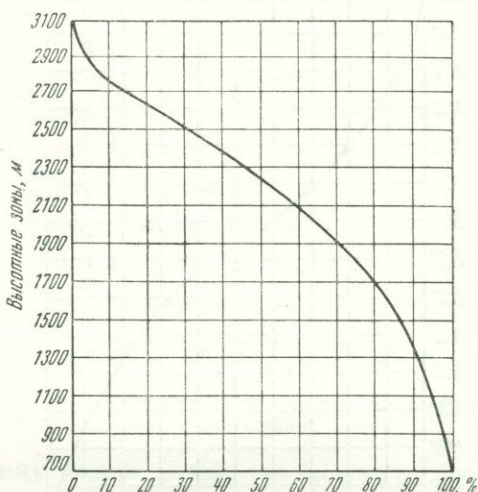
ловленные снеготаянием в сочетании с выпадающими дождями. Половодье обычно начинается со второй декады марта и длится до июня. В отличие от других рек половодье р. Касах сопровождается несколькими большими пиками, высота которых на 2—2,5 м превышает меженные уровни. В летний и осенний периоды уровни устойчивы, хотя изредка и наблюдаются кратковременные дождевые паводки. Зимние уровни весьма устойчивы. Примерно с июня начинается интенсивный водозабор на орошение, вследствие чего водность в русле понижается, а ниже сел. Ошкан русло становится сухим.

В верховьях в конце ноября и начале декабря появляются забереги, а в январе — феврале река покрывается тонким льдом. У сел. Зовашен ширина берегов достигает 2—3 м. В среднем течении между рр. Кучак и Аштарак на короткий срок река покрывается льдом. Устье реки замерзает очень редко.

Прилагаем гипсометрическую кривую (фиг. 7).

**7. Севанский бассейн.** Бассейн оз. Севан располагается в северо-восточной части Армянской ССР в большой котловине, образованной с севера, востока и юго-востока окраинными горами Малого Кавказа, а с запада и юга — горами центральной вулканической области Закавказья.

От р. Раздан (Занга) до вершины Гндасар на протяжении 103 км водораздел проходит в юго-восточном направлении по Гегамскому хребту. У Гндасара водораздел изменяет направление и идет по Варденисскому хребту вплоть до встречи



Фиг. 6. Гипсометрическая кривая бассейна р. Агстев (выше поста Иджеван).



с Зангезурским хребтом, который служит восточной границей бассейна озера. От горы Гинал до горного узла Топи-ель, расположенного на северо-западе, водораздел следует по Севанскому и Арегунийскому хребтам. На юго-восток от Топи-ель до восточного р. Занги границей бассейна служит юго-восточный отрог Памбакского хребта. Общая длина водораздельной линии равна

примерно 400 км, средний уклон бассейна составляет 0,184.

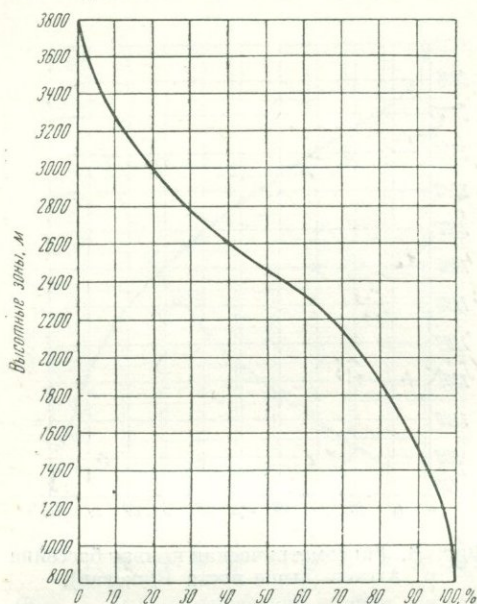
В оз. Севан впадают 35 рек и речек, а вытекает лишь р. Раздан (Занга). Ниже прилагается гипсометрическая кривая площади бассейна девятнадцати сравнительно крупных рек (фиг. 8).

Геолого - морфологические особенности отдельных частей Севанского бассейна обуславливают значительные различия в распределении стока. С этой точки зрения можно выделить три типа распределения годового стока. К первому из них мы относим наиболее молодые геологические части бассейна, покрытые трещиноватыми лавами, быстро инфильтрующими осадки. Это — район Гегамского хребта, где преобладает родниковое питание. Ко второму типу можно отнести Варденисский район, с преобладанием поверхностного стока. К третьему типу — западную и юго-восточную части бассейна рек Масрик и Дзыкнагет, где преобладает смешанное питание.

Краткая характеристика наиболее значительных рек этого бассейна приводится ниже.

8. Река Дзыкнагет. Река Дзыкнагет (Балык-чай) берет начало на восточном склоне горы Топи-ель, на стыке хребтов Памбакского и Арегуни. Она течет в юго-восточном направлении, в начале с большим уклоном, а в устьевой части с более умеренным.

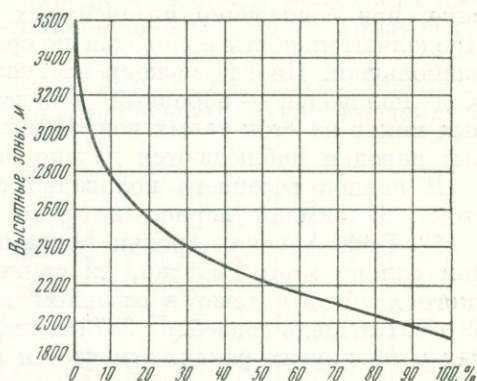
Общая длина реки 20,8 км, средний уклон 0,036, площадь водосбора 86,6 кв. км. Средняя высота бассейна 2224 м.



Фиг. 7. Гипсометрическая кривая Алагезского массива (бассейн Карангу—Касах—Севджур).

Режиму реки свойственны сравнительно бурное половодье и маловодная устойчивая межень. Половодье на реке наступает в начале апреля, подъем уровня происходит очень быстро и интенсивно, далее следуют многочисленные подъемы и спады, но менее интенсивные. Межень устанавливается в июле. В отдельные годы отмечаются летне-осенние дождевые паводки. Зимой река покрывается льдом. Наблюдалось также полное промерзание реки.

**9. Реки Арегунийского побережья.** К числу этих рек нами отнесены реки Тохлуджа, Джил, Памбак, Сатанахач и др. Местами устья их отстоят друг от друга на расстоянии 3—4 км. Истоки указанных рек находятся на юго-западном склоне Севанского хребта. В начале они протекают с большим уклоном, а по выходе



Фиг. 8. Гипсометрическая кривая бассейна оз. Севан.

их на приозерную равнину уклон резко уменьшается. Здесь реки в галечнике и песке, из которых слагаются их русла, теряют значительную часть своего стока.

Половодье на указанных реках наступает в начале апреля, наивысшее стояние уровня наблюдается в конце апреля или в начале мая. Иногда отмечаются более поздние, отдельные дождевые пики, по размерам превосходящие максимум половодья.

Межень на реках Арегунийского побережья весьма маловодная. Многие из них летом пересыхают, а зимой перемерзают. Сток половодья составляет около 76% годового.

**10. Река Масрик.** Река Масрик (Мазра) берет начало на западном склоне Зангезурского хребта на высоте 2300 метров, недалеко от Зотского перевала, и течет с востока на запад. Длина реки 30 км, площадь водосбора 792 кв. км. Половодье на реке начинается в конце марта или начале апреля и длится до конца мая.

В продолжение всего остального времени года уровни на реке стабильны. Раньше река Масрик впадала в заболоченное озеро Гилли, которое сообщалось с озером Севан протокой. В связи с понижением уровня озера Севан и вследствие проведения мелиоративных мероприятий озеро Гилли осушено, река Масрик непосредственно впадает в озеро Севан.

**11. Река Варденик.** Варденик (Гезалдара) образуется слиянием двух речек, стекающих с Варденисского (Южно-Севан-



ского) хребта. Общее направление течения реки и образующих ее притоков—северное. Длина реки 27,5 км, средний уклон 0,047.

Площадь водосбора 115 кв. км. Половодье на реке начинается, как правило, в первых числах апреля, с начала таяния снегов, накопившихся в бассейне за зиму. Его максимум наблюдается в мае, большей частью во второй его половине, при совпадении интенсивных дождей с таянием снега. Продолжительность половодья по сравнению с другими реками наибольшая. Иногда межень наступает только в конце июля. Ход половодья — неровный вследствие наложения дождевых пиков на сток талых вод. Незначительные осенние дождевые паводки наблюдаются далеко не каждый год.

В период весеннего половодья стекает 60—70% годового стока. В зимний период на реке наблюдается ледостав.

**12. Река Аргичи.** Аргичи (Адиаман) берет начало на северном склоне горы Гндасар, на стыке Гегамского и Варденисского хребтов, и течет в северном направлении. Длина реки 69 км. Площадь водосбора 387 кв. км. Начало половодья, также как и на других реках, отмечается в начале апреля, продолжается оно всего три месяца. Сток в период половодья составляет примерно 50—60% годового. Межень на реке устойчива, вне периода осеннего половодья дождевые паводки не наблюдаются. Бассейн, особенно верховая и приозерная части, изобилует выходами многочисленных родников с почти стабильным дебитом. Зимой река покрывается сплошным льдом.

**13. Река Гаварагет.** Гаварагет (Кявар-чай) берет начало у восточного подножья одной из вершин Гегамского хребта — горы Аждаак и течет в северо-восточном направлении. Общая длина реки 40 км, средний уклон 0,128, площадь водосбора 422 кв. км.

Река отличается большой естественной зарегулированностью стока. Продолжительность половодья около трех месяцев, причем по сравнению с соседней р. Аргичи величины максимальных расходов р. Гаварагет значительно меньше.

Сток за половодье составляет 35—40% годового.

**14. Река Раздан.** Раздан (Занга) берет начало в северо-западной части оз. Севан и впадает в р. Аракс, на расстоянии 629 км от ее устья. Длина реки 146 км, площадь водосбора 2560 кв. км без оз. Севан и 7310 кв. км с бассейном оз. Севан.

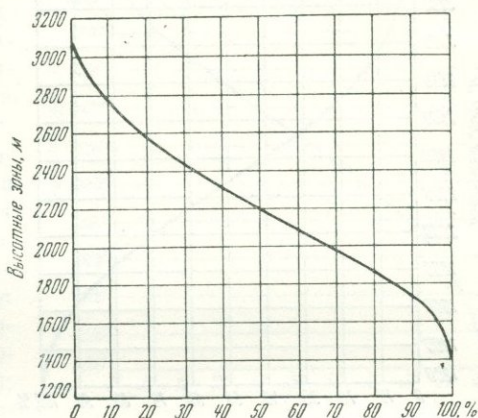
Бассейн реки с севера окаймлен Памбакским, с востока Гегамским, а с запада Цахкунянцким хребтами. Наиболее высокой частью является склон Памбакского хребта, однако несмотря на это, в левобережной части река не имеет ни одного значительного притока. Правая часть бассейна сильно изрезана долинами многочисленных притоков. Воды Гегамского хребта поступают в Раздан главным образом в виде родников.

По выходе из озера река течет в широтном направлении на запад, у сел. Рандамал она поворачивает на юг и принимает приток Мармарик (Маман-чай). После прорытия искусственного канала для выпуска больших масс воды из озера старое русло и окружающее его болото высохли.

Водный режим характеризуется весенне-летним половодьем, продолжающимся с апреля по июнь, и продолжительной меженью. Питание реки смешанное: озерное, грунтовое, дождевое и снеговое.

Начиная с 1933 г. из озера начали выпускать дополнительную воду в начале путем углубления русла Раздана, с 1936 г. — по специально открытому каналу, а с 1948 г., кроме канала, работает тоннель подземной гидроэлектростанции. В результате озерная составляющая постепенно увеличивается и за последние годы достигла 50—60% общего стока.

Ледовый режим реки неустойчив. Вследствие быстрого течения полного ледостава на реке почти не бывает. Гипсометрическая кривая бассейна Раздана выше поста Арзни показана на фиг. 9.



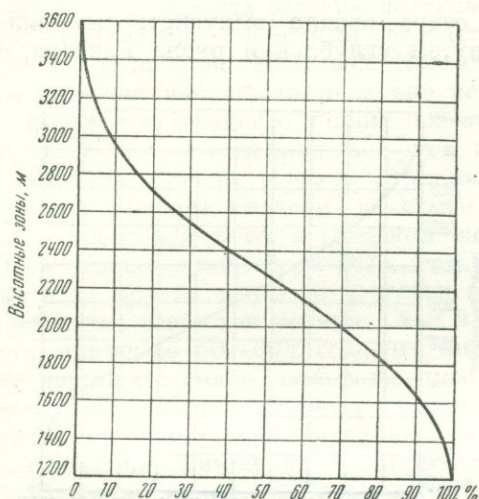
Фиг. 9. Гипсометрическая кривая бассейна р. Раздан (выше поста Арзни).

**15. Река Азат.** Азат (Гарни) образуется за счет слияния двух речек Гохт и Милидара, берущих начало с западного склона Гегамского хребта между вершинами Малый Аг-даг и Большой Аг-даг. Она впадает в р. Аракс в 624 км от устья последней. Длина реки 34 км, площадь водосбора 548 кв. км. Бассейн р. Азат с запада граничит с бассейном р. Раздан, а с севера с притоком р. Раздана — Гедар. Водоразделом между двумя бассейнами является отрог Гегамского хребта. С востока между бассейном реки и бассейном оз. Севан расположен Гегамский хребет, с юга бассейны Азат и Веди разделены отрогом Гегамского хребта. Бассейн реки в верховьях представляет собой сильно пересеченную гористую местность, а в нижней зоне является частью приараксинской равнины. Течение реки юго-западное.

Водный режим р. Азат, как горной реки, отличается резкими колебаниями в половодье и во время дождевых паводков.



Половодье начинается в конце марта и достигает максимума в начале мая. Ход уровня в течение половодья неровный. Спад происходит более медленно, чем подъем. Осенних паводков почти не бывает. Межень, отличающаяся грунтовым питанием, имеет стабильный режим и продолжается около 9 месяцев с незначительным колебанием уровня. Питание реки смешанное. Грунтовое питание, составляющее 70% годового стока, равномерно распределяется на протяжении всего периода.



Фиг. 10. Гипсометрическая кривая бассейна рек Азат и Веди (выше поста Зовашен-Карабаглар).

Модуль стока реки весьма велик, что объясняется значительным подземным питанием. Подземный бассейн особенно расширяется в своей юго-восточной части и захватывает частично территорию бассейна р. Веди, чем и объясняется сравнительно малый сток последнего. Имея в виду эти особенности, прилагаем общую для бассейнов Веди и Азат гипсометрическую кривую (фиг. 10).

**16. Река Веди.** Веди является левым притоком р. Аракс и свое начало берет в 4 км от сел. Асланлу на высоте

2515 м, впадает в р. Аракс в 600 км от ее устья. Длина 58 км. Площадь водосбора 633 кв. км. Бассейн реки граничит с севера с бассейном р. Азат, причем водоразделом между ними является отрог Гегамского хребта с вершиной Кетус. С востока бассейн окаймлен Гегамским хребтом, а с юга — отрогом того же хребта. Бассейны Веди и Арпа разделяются хребтом Сарай-Булах.

В верховьях бассейн р. Веди представляет сильно пересеченную горную местность, изобилующую многочисленными родниками и мелкими озерами. У истока река течет в меридиональном направлении; у сел. Келанлу она делает крутой поворот и течет на запад, а у с. Шидлу принимает юго-западное направление и впадает в р. Аракс. Река просачивается в базальтовые трещины и в верхнем течении частично отдает воду подземному бассейну р. Азат.

Половодье начинается в апреле и достигает максимума в мае. Продолжительность подъема около 30 дней, а спада — 60. Амплитуда колебаний уровня незначительная, она не превышает 1,0 м. Межень стабильная, осенних паводков почти не бывает. Около 40% стока составляет грунтовой сток, а 60% — снеговой и дождевой.

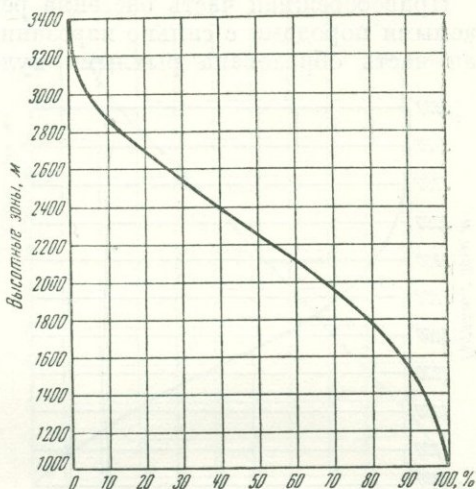
17. Река Арпа. Арпа является левым притоком р. Аракс и берет свое начало в северной части Карабахского нагорья на южном

склоне Варденисского хребта, на высоте 3050 м. Она впадает в р. Аракс в 527 км от ее устья. Длина реки равна 126 км. Исток представляет собой группу мощных родников. В начале река течет с севера на юг, у села Чайкенд поворачивает на запад, а у села Арпа принимает юго-западное направление. Водоразделом между бассейнами оз. Севан и р. Арпа является Варденисский хребет с вершиной Варденис (3520 м); с востока границей бассейна служит Зангезурский хребет, а с юга — Айодзорский. Горные

хребты и их склоны, составляющие верхнюю часть бассейна, сильно изрезаны долинами многочисленных притоков и сухими логами. Весенне-летнее половодье обычно начинается в середине марта, а в верховьях — в апреле.

Подъем сравнительно плавный, он достигает максимума в апреле или в начале мая, после чего происходит продолжительный спад. Стабильный уровень на реке устанавливается только в середине июля. Таким образом, продолжительность половодья достигает 90—120 дней. Сток половодья, составляющий почти 50—60% годового стока реки, формируется не только за счет таяния снега, но и в результате обильных дождей, выпадающих в высокогорной части бассейна. Летние паводки на реке отсутствуют, редко выпадающие небольшие дожди до реки не доходят.

Гипсометрическая кривая бассейна реки выше поста Арпа представлена на фиг. 11.



Фиг. 11. Гипсометрическая кривая бассейна р. Арпа (выше поста Арпа).



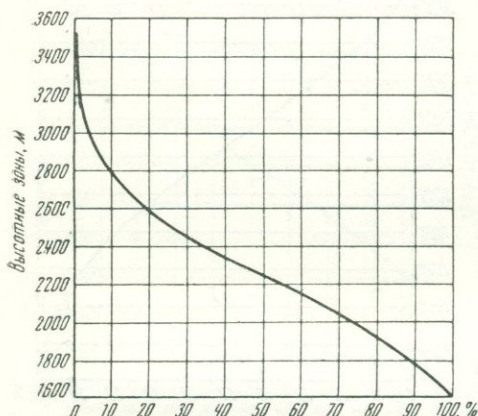
**18. Река Воротан.** Воротан (Баргусат, Базар-чай) берет начало на склонах Карабахского и Зангезурского хребтов на высоте 3045 м. Река впадает в р. Аракс в 236 км от устья последней. Длина реки 179 км. Площадь водосбора 5540 кв. км.

Сток формируется из ряда мелких озер и родников; за исток принято оз. Халха-гел. Спустившись со склонов, река выходит на плато и на 17-м км (от истока) круто сворачивает с юго-запада на юго-восток.

Правобережная часть бассейна реки сложена водонепроницаемыми породами с сильно изрезанным рельефом. Левобережная часть образована рыхлыми вулканическими породами с

более пологими склонами. Питание реки смешанное, причем грунтовое составляет около 40 %. Весенний подъем отмечается в конце марта обильным выпадением осадков.

Пик половодья проходит в начале мая, спад заканчивается в июле сравнительно плавно; за весеннее половодье по реке проходит около 60 % годового стока. Ледовые явления наблюдаются в декабре — январе и исчезают к марту.



Фиг. 12. Гипсометрическая кривая бассейна р. Воротан (выше поста Эйвазлар).

Высотное положение бассейна р. Воротан характеризуется гипсометрической кривой, показанной на фиг. 12.

**19. Река Вохчи.** Вохчи (Охчи) — левый приток р. Аракс — берет начало на восточных склонах Зангезурского хребта на высоте 3530 м; отметка устья 350 м. Длина реки 86 км. Общее падение 3180 м со средним уклоном 0,037.

До села Верхний Анд река протекает в восточном направлении, затем поворачивает на северо-запад до сел. Джрахор и далее до устья течет на юго-восток. Бассейн р. Вохчи сильно пересечен долинами впадающих притоков и ручьев, а также логами селевого типа.

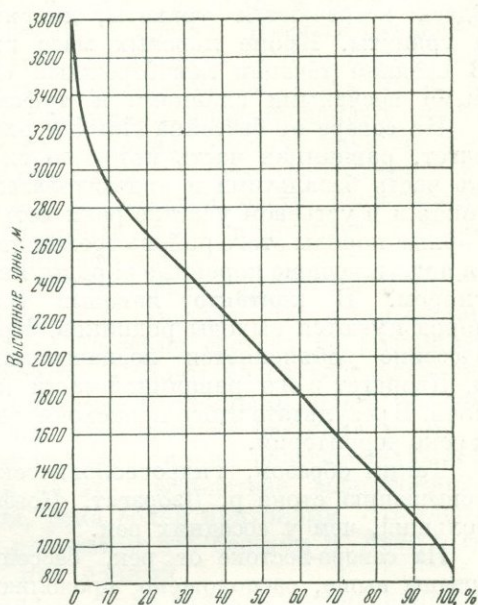
Основным источником питания реки является снеговое питание. Весеннее половодье начинается обычно в конце марта и заканчивается в августе. Пик весеннего половодья наблюдается в мае, а иногда и в июне, после чего происходит медленный спад. В период летней межени дождевые паводки сравнительно

редки, но они могут достигать значительных размеров. Выше впадения р. Гехи на реке наблюдается ледостав. Ледохода не бывает, лед тает на месте. Ниже река в течение всего зимнего периода свободна ото льда.

Гипсометрическая кривая для бассейна р. Вохчи изображена на фиг. 13.

**20. Река Мегри.** Мегри берет начало южнее перевала Дабаклу из группы родников, выходящих из трещин базальтов на высоте 2240 м. Река протекает в южном направлении и впадает в р. Аракс в 317 км от устья последней. Длина р. Мегри 32 км. Площадь водосбора 339 кв. км.

Бассейн реки изрезан многочисленными оврагами и балками впадающих притоков. Весеннее половодье обычно начинается в марте, т. е. раньше, чем у всех рек, протекающих по территории Армянской ССР. Подъем достигает максимума в мае. Спад происходит более плавно, чем подъем. Стабильный меженный уровень устанавливается в июле. Осенних паводков на реке не бывает, но зимние уровни обычно ниже осенних.



Фиг. 13. Гипсометрическая кривая бассейна р. Вохчи (выше поста Кафан).

## § 2. Краткий геологический и гидрогеологический очерк исследуемой территории

Геология исследуемой территории разнообразна и сложна. На территории представлены главным образом горные породы вулканического происхождения. Бассейны рек с точки зрения их геологического строения представляют следующую картину.

Бассейн р. Ахурян сформирован из горных вулканических пород. Исключение составляет полоса в верховьях бассейна, которая сложена алuviем и делuviем. Ниже ее на значитель-



ном протяжении встречаются известняки. В средней части бассейна имеются аллювий и делювий, прикрывающие толщу туфа. Нижняя часть бассейна покрыта толщей вулканических коренных выветренных пород.

Бассейн р. Памбак также сложен вулканическими породами. Здесь встречаются трахиты, диориты, порфириты, андезиты и граниты. Кроме лавовых масс имеются различные туфы. В среднем течении левобережный склон сложен разнообразными песчаными сланцами и туфами.

На севере от бассейна Памбак расположен бассейн р. Дзорагет, равнинная часть которого сложена туфами, остальная же часть базальтами и андезитобазальтами. В бассейнах притоков и в устьевом участке реки встречаются гранитные жилы. Горные породы этого района трещиноватые. Под лавой находятся подстилающие коренные породы, являющиеся хорошим водупором. В контакте лавовых трещиноватых и коренных пород имеются выходы родников. Кроме того, избыток воды в бассейне объясняется незначительным уклоном бассейна р. Дзорагет в его равнинной части и наличием горнолуговых почв. В результате этого происходит заболачивание прилегающей к реке территории.

Таким образом, гидрогеологические условия способствуют повышению стока р. Дзорагет. Коэффициент ее стока гораздо больший, чем у соседних рек.

На северо-востоке от рек, бассейны которых охарактеризованы выше, расположено продолжение вулканической толщи. Здесь имеются порфириты и их туфы и туфобрекчии. Встречаются трахиты, андезиты и андезитобазальты.

В бассейне р. Агстев почти от истока до устья узкой полосой расположены интрузивные породы. Влево и вправо от этой полосы находятся главным образом вулканические породы: базальты, туфы, а в устьевой части бассейн покрыт осадочными породами. В верховьях правобережного притока р. Гетик встречаются известняки разнообразного строения.

Бассейн р. Севджур-Касах расположен на вулканических массивах. Весь массив состоит из порфиритов, туфов и базальтов. В верховьях реки простирается обширная алювиальная равнина с небольшими углублениями. Алювиальные отложения являются плохим водупором и инфильтруют часть воды. Поэтому в течение восьми месяцев русло реки до выхода Апаранских родников остается сухим. В нижнем течении реки бассейн сложен из разнообразных рыхлых четвертичных отложений. Таким образом, геология и гидрология реки указывают на то, что бассейн р. Севджур-Касах следует рассматривать совместно с бассейном других рек данного массива.

Макрорельеф левобережной части бассейна р. Раздан изобилует множеством шлаковых конусов, поверхность его бугристая, с замкнутыми котловинами, загромождена обломками лав. Эти породы трещиноватые, вследствие чего Раздан почти не имеет левобережных притоков, несмотря на то, что левобережная часть бассейна наиболее высокая и расположена на западных склонах Гегамского хребта. Инфильтрующаяся вода поступает в реку подземным путем в виде родников, выходящих из контакта лав. Правобережная часть бассейна р. Раздан сильно изрезана долинами многочисленных притоков. Геология этого участка бассейна характеризуется преимущественно осадочными породами — метаморфическими и интрузивными образованиями. В устьевой части реки бассейн сложен разнообразными четвертичными наносными отложениями. В этом месте бассейн заболочен.

Горная часть бассейна р. Азат сложена вулканическими породами — базальтами и андезитобазальтами. От места формирования реки левая часть ее бассейна состоит из разноцветных мергелей и конгломератов. Районы андезитобазальтовых лав подстилаются водоупорными глинистыми известняками. Подземным путем река получает воду из бассейна р. Веди. Верховья последнего представляют сильно пересеченную горную местность. Несмотря на это, вследствие водопроницаемости трещиноватых пород, река бедна притоками. Это обстоятельство заставляет нас рассматривать бассейн р. Азат и соседний бассейн р. Веди, как единый.

Верхняя часть бассейна р. Арпа также сложена вулканическими породами, преимущественно базальтами, андезитобазальтами, туфами и небольшими пятнами гранитов. Исток реки образует группа мощных родников, выходящих на поверхность из места контакта вулканических пород. Среди родников встречаются минеральные и теплые. В нижнем течении реки бассейн является продолжением юго-восточной части обширной долины, которая составлена из рыхлых четвертичных отложений.

Рыхлые четвертичные отложения слагают и бассейн р. Воротан. Река берет начало из ряда родников и мелких озер к юго-востоку от главного хребта. Эти озера и родники собирают грунтовые воды соседних бассейнов, увеличивая сток реки в ее верховьях. Это обстоятельство нужно иметь в виду при исследовании стока вод Воротан. Правобережная часть бассейна сложена водонепроницаемыми породами с сильно изрезанным рельефом. Поэтому в ней сильно развита гидрографическая сеть со значительным поверхностным стоком. Левобережная часть реки с более пологими склонами сложена из рыхлых легкопроницаемых вулканических пород, вследствие чего



поверхностный сток этого участка не велик. С левого берега в реку впадает лишь несколько мелких родников, главным образом в его нижней части. Поэтому средняя часть бассейна отличается от нижних и верхних его участков малой величиной стока. Как мы видим, при исследовании стока р. Воротан, необходимо обратить особое внимание на гидрогеологическое строение бассейна.

Бассейн р. Вохчи сложен из различных вулканических пород, как то: базальтов, андезитобазальтов, гранитов и туфов.

### § 3. Почвенный покров и растительность исследуемой территории

Почва и растительный покров территории так же разнообразны, как ее рельеф и геологическое строение.

Согласно обследованиям почвенного покрова группой почвоведов (А. М. Четчян, С. А. Захаров, Б. Я. Галстян, А. А. Завалишин, Х. Г. Мириманян и др.) почвенный покров территории Армении делится на шесть областей:

1. Область пустынной аккумулятивной низменности с тремя характерными почвенными зонами: а) зона сероземов — сероземы на древних рыхлых террасах и пролово-делювиальных выносах, сероземы на карбонатной коре выветривания вулканических пород, сероземы культурно-полевые на древних речных отложениях; б) солончаки-солонцы, т. е. комплекс солончаков и солонцов; в) болотно-луговые глинистые почвы, торфяно-болотно-луговые и т. д.

2. Область высокой полупустыни. Характерными являются горно-бурые почвы, а именно: светлобурые, каменистые, бурые на карбонатной коре и другие бурые культурно-полевые почвы.

3. Область складчатых возвышенностей, где расположены пестроцветные почвы на третичных глинах.

4. Область горных степей с вулканическим ландшафтом, которая подразделяется на зоны. а) сухих горных степей — почвы светлокаштановые, каштановые, карбонатные, каштановые каменистые и засоленные почвы; б) умеренно-влажных горных степей — черноземы каштановые, карбонатные и малогумусные; в) влажных горных степей — черноземы среднегумусовые на вулканических породах; г) торфяно-болотных и лугово-болотных почв.

5. Область горно-лесная. Ее составляет зона лесных буроземов: бурокоричневых, глинистых и скелетных.

6. Область высокогорных хребтов, включающая три зоны: а) субальпийскую — почвы горнолуговые, коричневые и черноземовидные; б) альпийскую — горно-черно-луговые почвы и

почвы альпийских ковров; в) зону примитивных почв — древнеледниковые отложения и пр.

По данным А. Л. Тахтаджана (1948 г.), для этой же территории характерны следующие растительные зоны:

1) Пустынные: растительность галофильная, солончаки и водно-болотная.

2) Полупустынные.

3) Степи злаковые.

4) Ксерофитные.

5) Леса.

6) Субальпийская и альпийская растительность.

Принимая за основу эту классификацию, считаем необходимым для дальнейшего исследования стока провести хотя бы вкратце распределение почвенного и растительного покрова по бассейнам.

Почвенный покров бассейна р. Ахурян разнообразен. В верхних зонах имеются горно-луговые черноземовидные почвы. Далее, ниже истока, идут черноземы, причем по мере понижения высоты местности они становятся все более и более мощными. Ниже среднего течения реки почвенный покров представляет собой каштано-карбонаты с примесью обломков скал. На низовьях, примерно от высоты 1000 м, поверхность бассейна покрыта бурыми почвами на карбонатной коре выветривания вулканических пород. Растительность в бассейне небогатая; верхние горные и высокогорные зоны покрыты альпийскими и субальпийскими лугами, а более низкие зоны — травой, быстро высыхающей летом. Ниже среднего течения, вследствие недостатка влаги, бассейн лишен растительности.

Почвы бассейна р. Памбак главным образом бурокоричневые и буролесные скелетные. Растительность в бассейне, сравнительно с другими районами, богаче. На склонах гор, начиная от среднего течения реки и ниже, в основном располагаются лиственные леса. Остальное же свободное место и безлесные возвышенности в верховьях реки покрыты лугами или вспаханы. У населенных пунктов встречаются фруктовые сады.

Не менее разнообразен почвенный покров бассейна р. Дзорагет. Верхние зоны гор и хребтов покрыты горно-луговыми почвами на вулканической основе, плоское дно степи — горным черноземом. В междуречном пространстве преобладают каменистые черноземы. Местами встречается глинистый чернозем. Растительность в бассейне богатая. На склонах гор произрастают альпийские и субальпийские травы. Облесенные участки расположены в южной части бассейна на северных склонах Базумского хребта. Лес здесь лиственный: дуб, граб, кедр и др. Остальные участки бассейна большей частью



заняты посевами различных злаков, технических и других культур. В низовьях реки разводят фруктовые сады.

Бассейн р. Агстев в верховьях сложен из каштановых каменистых почв. В среднем течении реки имеются каштаново-карбонатные почвы. В верхних зонах бассейн богат растительностью. До среднего течения реки расположены, в основном, альпийские луга, у истока разбиты небольшие облесенные участки. В нижнем течении реки до высоты 600 м местность покрыта лиственным лесом, выше 600 м растительность скудная. Вдоль водных артерий раскинулись фруктовые сады и сельхозугодья.

Почвы бассейна р. Касах-Севджур — это в основном черноземы карбонатные и малогумусные. В районе среднего течения реки расположены каштановые карбонатные, в низовьях скелетные почвы, а у устья сероземы на древних террасах и пролюво-делювиальных выносах. Растительный покров не очень богат, если не считать небольших площадей под альпийскими и субальпийскими лугами и небольших рощиц лиственного леса. На орошаемых участках бассейна возделываются богатые фруктовые сады и виноградники. Ниже, примерно с отметки 1000 м, простирается полупустыня. В нижнем течении реки в юго-восточном направлении чередуются болотные зоны и засоленные почвы почти без растительного покрова.

В верховьях р. Раздан преобладают малогумусные черноземы, а в бассейне притока Мармарик — буролесные скелетные почвы. В среднем течении поверхность бассейна сложена из каштановых черноземов, переходящих в каштановые карбонатные почвы. В нижнем течении расположены бурые культурные почвы на древних речных отложениях, а в устьевой части встречаются засоленные болотные почвы. Растительность в бассейне разнообразна. У верховья реки склоны хребтов покрыты лугами, а их подошвы в районах населенных пунктов засеяны зерновыми культурами. Здесь также имеются лес и кустарники. Более высокие части склонов гор — это альпийские и субальпийские луга. Ниже лесных зон значительные площади занимают луга, быстро высыхающие летом при отсутствии дождей. В низовьях на орошаемых землях простираются фруктовые сады, виноградники, огороды и посевы. В низовьях у береговой полосы немало заболоченных участков. Здесь встречаются также рисовые поля.

В верховьях речной системы Азат и Веди расположены каменистые чингили. Район их среднего течения — это каменистые карбонатные почвы, а нижнего — пестроцветные почвы на третичных глинах. В устьевой части встречаются древние болотно-луговые глинистые почвы. К северо-западу от обеих рек почвы восточных западных склонов одинаковые до отметки 2300 м. Ниже их, в районе среднего течения рек, тянется полоса

малогумусных черноземов шириной 12 — 15 км. С отметки 2300—2000 м с запада, юга и востока расположено второе полукольцо каштановых черноземов на вулканических и осадочных породах и делювии. Растительный покров у самого водораздела составляют альпийские луговые ковры. Ниже их расположены субальпийские луга, которые распространяются почти по всему водоразделу. В средних течениях речной системы Азат и Веди, где разбиты богатые сады и виноградники, преобладают орошаемые земельные участки. У устья встречается галофильная растительность.

В верховьях р. Арпа расположены главным образом горно-луговые коричневые почвы на вулканических породах и делювии, в среднем течении — каштановые карбонатные почвы, а в низовьях — солончаки. Бассейн не богат растительностью. Высокогорные зоны покрыты альпийскими лугами, немного ниже появляются кустарники и лес, которые отдельными массивами распространяются до среднего течения реки. После этого идет полоса быстро высыхающих лугов. Низовья бассейна лишены растительности. Здесь встречаются лишь искусственно орошаемые сады.

Северо-восточная часть бассейна р. Воротан у самого водораздела покрыта горно-древне-луговыми почвами альпийских ковров. Остальные высокогорные склоны состоят из горно-луговых коричневых почв на вулканических породах и делювии. В среднем течении реки распространены светлокаштановые почвы. Встречаются также каштановые карбонатные почвы, а вокруг них малогумусные черноземы на вулканических породах. Растительность бассейна бедна, за исключением его правого склона. Ниже оба склона заросли редким кустарником с отдельными деревьями. По долине располагаются местами фруктовые сады, рисовые поля и огороды.

Западная высокогорная часть бассейна р. Вохчи занята горно-древне-луговыми светлорыжевными почвами; ниже почва горно-луговая черноземовидная, а в средней части бассейна — коричнево-каменистая. Между рекой и ее верхним притоком преобладают бурые почвы. В нижнем течении реки бассейн покрыт каштаново-карбонатными почвами. Растительный покров богат и разнообразен: он представлен лиственными лесами, дикими фруктовыми деревьями и кустарниками.



### ГЛАВА III

## КЛИМАТИЧЕСКИЙ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

### § 1. Размещение метеорологической сети и основные закономерности распределения по территории элементов климата

Полнота информации, предоставляемой данными метеорологической сети, в значительной мере зависит от правильного размещения пунктов наблюдения и от длительности и систематичности их работы. Исходя из этого мы считаем необходимым в начале климатического очерка кратко остановиться на рассмотрении принципов целесообразного размещения метеорологической сети.

В условиях горной страны особое значение имеет расположение метеорологических станций по отношению к характерным точкам рельефа.

На территории Армянской ССР имеется достаточно густая сеть метеорологических станций, однако в высотном отношении они расположены неравномерно и не в достаточной мере согласованно с рельефом. Метеорологические станции преимущественно размещены близ населенных пунктов, чаще всего в районных центрах. Самая высокогорная станция расположена на высоте 3229 м над уровнем моря. Выше средней высоты территории находятся лишь несколько метеорологических станций. Их явно недостаточно. С помощью такого числа высокогорных станций трудно вскрыть закономерности колебания климатических факторов при сложном горном рельефе территории.

Метеорологические станции должны размещаться с такой густотой, чтобы между показаниями соседних станций можно было интерполировать метеорологические данные для любой точки исследуемой территории. Существующее размещение

сети метеорологических станций, однако, не вполне удовлетворяет этим требованиям. Генетический метод исследования поэтому не может в полной мере эффективно применяться к изучению речного стока без реконструкции и расширения метеорологической сети на исследуемой территории.

Все же, анализируя накопленные до настоящего времени по Армянской ССР материалы метеорологических наблюдений, можно подметить некоторые устойчивые соотношения и зависимости.

С увеличением высоты местности закономерно возрастает количество осадков и понижается температура воздуха. Однако эта связь иногда нарушается местной циркуляцией, вызванной изрезанностью рельефа. На температуру воздуха влияют также экспозиция бассейна, растительный покров и прочие факторы. Анализ показывает, что на юго-восточных склонах Армянского нагорья температура выше, чем на северо-западных.

Направление и сила ветра зависят от форм рельефа. Речные долины, например, являются как бы желобами для вторжения воздушных масс в низменные части территории. Большое значение имеют здесь горнодолинные ветры, которые днем дуют вверх, а ночью вниз по долинам. Почти на всех рассматриваемых станциях зафиксирована скорость господствующих ветров около 2 м/сек. С увеличением высоты местности скорость ветров возрастает, однако связь между высотой и силой ветра не тесна, и характер ее видоизменяется по районам.

Еще более сложные соотношения обнаруживаются при исследовании связи количества атмосферных осадков с высотой местности. Если связь между температурой воздуха и высотой бассейна для всей территории удастся удовлетворительно выразить одной кривой, то при рассмотрении связи между осадками и высотой местности это оказывается невозможным. Абсолютная высота местности и физико-географические особенности бассейнов влияют также на такие климатические явления, как мощность снегового покрова и его продолжительность, давление воздуха, солнечная радиация и пр. Степень вмешательства человека также, в известной мере, обусловлена высотой местности. Таким образом, при исследовании стока все определяющие его факторы нужно рассматривать в той или иной связи с вертикальной расчлененностью рельефа.

Основными переносчиками влаги на исследуемой территории являются северо-западные воздушные течения с Атлантического океана и Черного моря. Эти потоки воздуха встречаются на своем пути в северо-западной части республики ряд хребтов и горных вершин, которые расчленяют их, распределяя по долинам и узким ущельям рек эти влагоносные



воздушные массы. Под влиянием горных хребтов часть влаги конденсируется и выпадает в виде осадков в северной части территории. Этим и объясняется относительное обилие осадков на севере Армении. Слой выпадающих осадков здесь почти в четыре раза больше, чем в низовьях южной части территории. Кроме этого, как мы уже говорили, существует прямая связь между количеством осадков и высотой местности. В результате совместного действия указанных факторов среднемесячные и годовые количества осадков по всей территории весьма разнообразны.

В течение года осадки выпадают неравномерно. На преобладающей части территории наибольшее количество осадков приходится на лето. Атмосферные осадки определяют поступление воды, формирующей речной сток. Поэтому оценка количества осадков, выпадающих на исследуемую территорию, имеет для настоящей работы особое значение. Такая оценка выполнена для среднего многолетнего количества осадков и его распределения по территории. На основе данных около 80 метеорологических станций, обладающих достаточным числом лет наблюдений, мы можем определить среднее многолетнее количество осадков для каждого из пунктов.

Как мы уже указывали, имеющаяся опорная сеть метеорологических пунктов недостаточна для непосредственной интерполяции величины осадков между смежными станциями. В то же время, о чем мы также упоминали, закон распределения осадков по исследуемой территории очень сложен. Связь между нормой осадков и основным определяющим ее фактором — высотой местности — не удастся выразить единой, общей для всей территории зависимостью. В таких условиях для интерполирования осадков приходится прибегнуть к региональным связям, распространяющимся лишь на отдельные климатические районы.

На основе анализа физико-географических условий и данных метеорологических наблюдений мы пришли к тому выводу, что связь между высотой местности и количеством атмосферных осадков прослеживается в пределах Армянской ССР повсеместно, хотя и проявляется в различных районах по-разному.

С указанной точки зрения, исследуемую территорию можно разделить на четыре характерных участка:

- а) северо-западный,
- б) северный,
- в) восточный,
- г) южный и юго-западный.

При таком дифференцированном подходе нам удалось построить кривые связи между количеством осадков и высотой мест-

ности, которые убедительно свидетельствуют о наличии связи. Кривые в достаточной мере подтверждаются данными метеорологических наблюдений.

При наличии региональных кривых, выражающих зависимость между количеством осадков и высотой местности, создается возможность определить высоту слоя осадков для любого пункта Армянской ССР и подсчитать объем воды, выпадающей в среднем за год на территорию каждого водосбора. Это предварительное исследование имеет большое значение для дальнейшего гидрологического анализа. Не используя связи между осадками и высотой местности, мы не могли бы количественно оценить поступление воды на водосборы рек, так как метеорологические станции, расположенные главным образом в долинах рек, не дают полной картины распределения осадков по изучаемой территории.

Посредством такого приема нами был определен средний многолетний слой осадков для нескольких десятков характерных пунктов рельефа. Это дало нам возможность составить карту изогий для всей территории и определить средний годовой слой осадков по бассейнам. При составлении карты мы, используя четыре региональные кривые связи между количеством осадков и высотой местности, нанесли на физическую карту республики величины нормы осадков, вычисленные для характерных пунктов. Путем интерполяции между точками на карте были проведены изогии, при начертании которых учитывался также характер рельефа. Карта, составленная по такому методу, может быть принята за основу при исследовании стока.

Попытка составления карты изогий территории Армянской ССР была предпринята еще в 1931 г. В. К. Давыдовым. Построенная им карта не нашла, однако, применения в гидрологической практике потому, что она не была обоснована достаточным числом наблюдений. Во время составления карт В. К. Давыдовым большинство пунктов имели от одного года до пяти лет наблюдений, а этого явно недостаточно. Обоснованная карта изогий территории, учитывающая физико-географические факторы и подтверждаемая достаточным числом опорных точек, отражающих достоверную метеорологическую информацию по 1948 г. включительно, составлена, при выполнении настоящего исследования, насколько известно, впервые.

На карту изогий были нанесены водораздельные линии бассейнов каждой реки и планиметрированием определены площади водосборов, а также площади зон между смежными изогиями.

По этим данным вычислен средний многолетний слой осадков по бассейнам.



## § 2. Изученность территории в гидрологическом отношении

Отдельные водохозяйственные мероприятия проводились в Армении еще в глубокой древности. Некоторые гидрометрические сведения можно найти в древних рукописях, но эти исследования ввиду эпизодичности их характера не пригодны для использования при водохозяйственных расчетах. Более или менее систематическое гидрологическое изучение вод исследуемой территории проводилось в XIX в. русскими правительственными экспедициями. Кроме рекогносцировочных работ в 1850—1860 гг., «Экспедицией по орошению на юге России и на Кавказе» было произведено обследование каналов и нескольких водных объектов Армении. Систематическое же изучение вод территории страны началось лишь в XX в., когда в 1910 г. была учреждена гидрометрическая часть при Водном управлении на Кавказе, которая производила довольно многочисленные гидрологические и гидрометрические изыскания. Империалистическая война прервала эти работы вплоть до установления советской власти. Таким образом, гидрометрические данные, собранные в досоветское время лишь по небольшой группе рек Армении, скудны и не представляют большой ценности, хотя в некоторых случаях при исследовании стока той или иной реки их можно использовать. В советское время водными исследованиями начинает заниматься ряд организаций. После организации единой гидрометеорологической службы работы по изучению поверхностных вод, наблюдения над уровнями и расходами воды и термикой приняли стационарный характер и стали производиться в больших масштабах.

В настоящее время работы по изучению рек продолжают. Однако исследования ведутся преимущественно на гидрометрической сети, расположенной на крупных и средних реках исследуемой территории. Малые водотоки, в особенности высокогорные верховья рек, изучаются слабо.

Необходимо подчеркнуть, что степень освещенности непосредственными наблюдениями особенностей гидрологического режима разных рек, а следовательно и степень достоверности имеющихся сведений, различна. По исследуемой территории протекают свыше 200 рек и речек, из которых примерно одна треть обеспечена стационарными наблюдениями. Гидрометрические наблюдения различной длительности организованы приблизительно на 110 пунктах.

При обработке и систематизации данных о стоке гидрографическая сеть была разбита примерно на десять бассейнов сравнительно больших рек. В свою очередь, в каждом из них были выделены бассейны притоков рек.

### § 3. Оценка исходных гидрометрических материалов

Не излагая подробно методику подсчета расходов воды, принятую в системе Управления гидрометеорологической службы, считаем необходимым указать на особенности гидрометрических измерений и подсчета стока горных рек.

Основная цель отдельных гидрометрических измерений заключается, как известно, в получении зависимостей между уровнями и расходами воды, при помощи которых можно производить подсчеты речного стока. Однако при измерении расходов воды неизбежны некоторые ошибки. Кроме того, ошибки могут возникнуть и потому, что на величину расхода воды, помимо наполнения русла, оказывают влияние такие факторы, как уклон водной поверхности, деформации русла, шероховатость его, ледяной покров и др. Вследствие изменчивости этих факторов точной функциональной зависимости между переменными не существует, и она всегда имеет характер коррелятивной связи.

Практически вполне удовлетворительные зависимости могут быть получены только для летнего периода, при сравнительно устойчивом русле реки и отсутствии переменного подпора. В остальных случаях нужно особое внимание обратить на построение временных кривых связи между уровнем и расходом воды, выражающих гидравлические соотношения, свойственные реке на протяжении некоторых промежутков времени и утрачивающих значение при изменении режима. Так как горные реки имеют неустойчивый режим, необходимо строго контролировать указанные временные кривые, регулярно проверяя совпадение их с данными непосредственных измерений.

При вычислении ежедневных расходов воды горных рек с неустойчивым руслом применяются следующие приемы: 1. Построение временных кривых связи между расходами воды и уровнями. 2. Способ Стаута. 3. Интерполяция между измеренными расходами.

Временные кривые расходов применяются в тех случаях, когда деформации русла носят скачкообразный характер, будучи связаны с фазами гидрологического режима. Если деформации происходят непрерывно — применяется способ Стаута или, при достаточно частых измерениях расхода воды, — непосредственная интерполяция между ними. Для построения временных зависимостей выделяются хронологически располагающиеся группы точек, допускающие проведение кривых связи, и устанавливаются сроки перехода с одной кривой на другую. Указанные операции выполняются на основе анализа расположения точек в системе координат «расход воды — уровень» и хронологического графика изменения уровня.



Переход с одной кривой на другую назначается либо в момент прохождения пика паводков, либо — между ними, либо — в конце спада в зависимости от местных условий.

Значительные изменения форм русла обычно совершаются скачкообразно, являясь следствием прохождения высоких и бурных паводков. Поэтому переход с одной кривой на другую также скачкообразен: до наступления явления, вносящего пертурбацию (размыв, намыв русла), вычисления ведутся по одной кривой, а после — по другой.

В качестве основных способов вычисления расходов воды при наличии ледовых явлений применяются:

1. Интерполяция между измеренными расходами.
2. Зимние кривые расходов.

Способ переходных коэффициентов почти не используется.

Интерполяция применяется в случаях, когда измерения расхода воды производились достаточно часто, а в промежутках между ними сток изменяется плавно. Интерполяция производится графически снятием расходов с плавно проведенного гидрографа, соединяющего, и в необходимых случаях несколько уравнивающего, непосредственные измерения.

При наличии заторможенно-зажорных явлений вычислению ежедневных расходов воды предшествует срезка, или восстановление, нормальных уровней, свободных от указанных искажений, путем интерполяции между смежными нормальными уровнями. Особое внимание обращается на необходимость осторожного применения срезки в осенний переходный период. Наступающий вслед за низким ледоходным уровнем подъем горизонта в первое время ледостава может быть обусловлен не только подпором от ледяного покрова, но и действительным повышением стока.

Степень достоверности гидрометрических материалов зависит в основном от точности измерения расходов воды и от полноты охвата амплитуды колебаний уровня измерениями расходов. В целях качественной оценки гидрометрических данных мы проделали некоторый анализ исходных материалов, на основе которого критически оценили их и выделили данные, в количественном и качественном отношении удовлетворяющие нашим требованиям.

Так как проделанный нами анализ гидрометрических материалов занимает много места, то в настоящей работе мы ограничимся лишь некоторыми сведениями по двум типичным рекам, пример которых с достаточной отчетливостью характеризует исходные данные, использованные при исследовании.

По р. Ахурян у с. Капс имеются данные наблюдений за уровнями и расходами воды с 1928 г. Данные эти могут быть признаны достаточно надежными. Начиная с 1930 г. и по

1948 г., расходы воды измерялись вертушками. На протяжении каждого года измерено от 11 до 48 расходов. Максимальный уровень, по наблюдениям, колеблется по годам от 395 до 165 см. Минимальный уровень от — 15 до 138 см. Максимальный уровень, при котором измерялись расходы, колеблется от 356 до 110 см, а минимальный от — 10 до 159 см. Таким образом, для периода наблюдений полная амплитуда колебания уровня достигает 410 см, а амплитуда колебания уровня, охваченная измерением расходов, равняется 366 см. Иначе говоря, охват кривой измерениями расходов воды составляет около 90%.

При анализе гидрометрических материалов, касающихся р. Ахурян, мы заметили, что данные по измерениям расходов воды до 1930 г. и с 1936 по 1939 гг. страдают дефектами: либо их количество недостаточно для построения кривой QH, либо сами измерения ненадежны. Поэтому мы признали возможным включить в состав исходных материалов нашего исследования данные по р. Ахурян у поста Капс за период с 1930 по 1935 г. и с 1940 по 1947 г., а не вполне удовлетворительные данные за 1930 г. и 1936—1939 гг. исключили из состава исходных материалов.

По р. Памбак у с. Налбанд наблюдения за уровнями воды ведутся с 1928 г. Определение расходов воды по кривым связи их с уровнями можно считать достаточно надежным на протяжении периода с 1936 по 1948 г. за исключением расходов воды, измеренных в 1939—1940 гг., которые из состава исходных материалов исключены. Для того чтобы ознакомиться с методикой подсчетов стока р. Памбак, рассмотрим несколько подробнее данные за 1945 г.

На протяжении 1945 г. ежедневные расходы воды определены по двум графически построенным кривым зависимости их от уровней. Для построения кривых использованы 15 измерений из 16 расходов, измеренных вертушкой в постоянном створе. Первая кривая охватывает период с января по апрель. Вторая кривая — период с апреля по декабрь.

Первая кривая опирается на непосредственные измерения расходов воды практически в пределах всей амплитуды колебания уровней. Вторая кривая освещена замераами на 80% амплитуды колебаний уровня.

Переход от одной кривой к другой осуществляется путем внесения поправок Стаута в промежутке времени между последним расходом, отнесенным к первой кривой, и первым расходом второй кривой. Несмотря на малочисленность измеренных расходов кривые освещены вполне удовлетворительно; они идут параллельно друг другу, что облегчило проведение первой кривой, средняя часть которой недостаточно подтверждена замераами. Результат обработки — вполне удовлетво-



рительный. Аналогичная картина наблюдается и при подсчете стока остальных лет.

Всю используемую гидрометрическую информацию мы разделяем на две группы: наблюдения достоверные и длительные и наблюдения достоверные, но не достаточные по длительности. Гидрометрические данные, входящие в первую группу, безусловно представляют для нас большую ценность и приняты за основу исследования. Источником указанных данных является главным образом та опорная гидрометрическая сеть, которая расположена на сравнительно значительных реках территории. Гидрометрический материал, входящий во вторую группу, используется нами как дополнительная информация для характеристики стока, а также служит некоторым ориентиром при разрешении отдельных гидрометрических и гидрологических вопросов. Мы стремились использовать при освещении той или другой характеристики стока всю наличную гидрологическую информацию. Каждое достоверное гидрометрическое измерение заслуживает внимания, поскольку оно отражает результат взаимодействия всех факторов стока в действительных условиях их проявления.

При использовании гидрометрических данных необходимо учитывать также водохозяйственную деятельность человеческого общества, о чем мы будем говорить ниже. Равным образом, при гидрометрическом анализе материалов измерений следует принимать во внимание обмен воды между соседними бассейнами, происходящий подземными путями.

#### **§ 4. Гидрологическое районирование исследуемой территории**

Гидрологическое районирование территории Армянской ССР, столь сложной по рельефу, распределению климатических зон и типам ландшафта, является трудной задачей. Простейший подход к районированию мог бы заключаться в проведении границ районов по признаку какой-либо количественной характеристики стока. В условиях Армении, однако, такой подход исключается, так как под воздействием на сток разнообразных климатических и ландшафтных факторов, различные характеристики его по-разному распределены по территории.

Не удастся связать гидрологические районы и с географическим распределением каких-либо определенных элементов климата или ландшафта. Можно было бы предположить, например, что сток, как результат взаимодействия природных факторов, распределяется по территории примерно так же, как

основные элементы климата. В силу этого гидрологические районы должны были бы, в известной мере, совпасть с климатическими. Однако воздействие неклиматических факторов — ландшафта — осложняет явление. К тому же различные климатические, гидрологические, почвенные и прочие факторы по-своему влияют на сток. Направление же влияния одних и тех же факторов неодинаково в различные сезоны. Так, на величину стока, выраженную в форме различных его характеристик (норма, годовые колебания, сезонные величины стока), повышение температуры воздуха влияет в одних случаях положительно, в других же отрицательно. Поскольку же температура воздуха связана с высотой местности, постольку последняя также в конечном счете влияет на различные количественные характеристики стока неодинаково.

Столь же сложно проявляется влияние на величину различных характеристик стока геологических особенностей каждого бассейна. Как мы видели, геология Армении очень разнообразна. Контактные водоносные слои расположены по территории не-закономерно, что отражается и на пространственном распределении характеристик стока. При этом влияние геологических условий на характеристики минимального стока является решающим, характеристики же максимального стока связаны с геологией значительно менее тесно.

Изложенные обстоятельства предопределили необходимость учитывать всю совокупность факторов при установлении районов, на которые разделяется территория Армянской ССР при картировании различных характеристик стока<sup>1</sup>.

Как мы уже указывали выше, количественные характеристики стока наиболее тесно связаны с количеством атмосферных осадков; следует допустить, что гидрологические районы в основном совпадают с климатическими. Принимая во внимание также и остальные факторы, влияющие на сток, мы пришли после анализа к выводу, что исследуемую территорию следует разделить на три основные гидрологические района: Северный, Центральный и Южный.

Разумеется, при исследовании различных характеристик стока не исключена возможность некоторого изменения границ этих районов в связи с упомянутыми азональными факторами стока.

Было бы желательно при районировании всех характеристик стока сохранить границы гидрологических районов по возможности неизменными. Но стремление к этому не должно искажать действительной гидрологической картины.

---

<sup>1</sup> Количественные характеристики приводятся в главах, посвященных исследованию конкретных характеристик стока.



## § 5. Влияние производственно-экономической деятельности общества на величину стока

До самого последнего времени в гидрологических расчетах, в особенности в анализе и расчетах речного стока, недостаточно учитывалась производственно-экономическая деятельность человеческого общества, как фактор, определяющий многие изменения в природной среде, в частности в динамике речного стока. Подобная практика мешала уяснению весьма многих важных закономерностей в формировании речного стока.

На различных стадиях развития общество устанавливало и различные системы своего отношения к природе. В зависимости от уровня развития производительных сил и производственных отношений, а также от состояния науки и техники, эффективность борьбы человека с природой оказывалась неодинаковой. Во всех досоциалистических формациях система отношения общества к природе, система использования ее ресурсов, носила стихийный, по преимуществу хищнический характер.

Небывалый расцвет науки и техники и невиданное развитие водохозяйственного строительства достигнуты в Советском Союзе, где все силы общества направлены на преобразование природы на основе познанных ее законов. В условиях социалистического общественного строя активная водохозяйственная деятельность изменяет природные условия в ряде случаев с такой интенсивностью, что эффект ее успевает проявиться уже на протяжении сроков действия капитальных гидротехнических сооружений.

Использование водных ресурсов Армянской ССР производится по трем основным направлениям: для целей энергетики, мелиорации и частично судоходства.

Целесообразному использованию водных ресурсов и совместному удовлетворению требований энергетики и орошения много способствует то обстоятельство, что в верховьях рек, в местностях, высоко расположенных над уровнем моря, количество атмосферных осадков велико, а температура воздуха низкая.

Засуха обычно наблюдается в низовьях рек, в долинах или плоскогорьях. Обильный урожай без орошения можно получить лишь на отметках примерно от 1700 до 3000 м, где влажность почвы для сельскохозяйственных культур достаточна. Выше этого начинается зона альпийских лугов, которая в настоящее время используется как пастбищная зона. Ниже указанной высоты устойчивый обильный урожай можно получить лишь при помощи орошения. Исходя из этого в верховьях

рек пропускают воду через турбины каскадно расположенных электростанций, а затем энергетически использованную воду направляют на поля для орошения. Разумеется, это не единственный путь комплексного использования водных ресурсов горной страны, так как в отдельных случаях могут быть найдены иные решения, учитывающие специфический характер водотока и рельефа.

Приведем некоторые примеры влияния человеческой деятельности на речной сток и условия его формирования.

На р. Ахуриан сооружена гидростанция, ниже которой берет свое начало Ширакский канал. Забираемая каналом вода орошает Ширакское плато. В результате работы оросительной системы количество воды в р. Ахуриан ниже водозабора в вегетационный период сильно уменьшается. Оросительная вода не только способствует получению высокого урожая на полях плато, но и коренным образом изменяет растительность района. Вместо злаковых культур колхозники сейчас собирают богатый урожай технических культур, главным образом сахарной свеклы. Это обстоятельство, а также агротехнические мероприятия известным образом смягчили климат плоскогорья.

В низовьях той же р. Ахуриан строится новый канал. После сооружения этого канала на юго-западных склонах горного массива Арагац появится дополнительное количество воды, которое изменит растительный покров, а следовательно, отразится и на климате района.

С помощью Октемберянского канала, который свою воду забирает из р. Аракс, в прошлом пустынная Октемберянская степь превратилась сейчас в богатый район с цветущими садами и виноградниками. Сравнение некоторых климатических факторов — температуры воздуха, влажности почвы и воздуха — до орошения указанного участка и после орошения свидетельствует о том, что температура воздуха летних месяцев уменьшилась, а влажность воздуха увеличилась.

На р. Раздан водохозяйственная деятельность настолько изменила гидрологический режим, что без учета этого фактора нельзя даже приблизительно установить основные характеристики стока. Стали иными величина подземного питания, количество воды, протекающей по реке, и др. В будущем значение человеческой деятельности, как фактора, преобразующего природу, еще больше усилится. Возникнут новые лесные массивы, водоемы, цветущие сады и поля, изменятся гидрологические и климатические условия. Водохозяйственные расчеты, которые осуществляются в настоящее время для будущих гидротехнических сооружений, не могут обойтись в нашей стране без учета влияния человеческой деятельности на сток и на слагающие его факторы.



Исходя из сказанного, при разработке методики исследования стока, а также рекомендуемых принципов инженерного расчета его характеристик мы попытались учесть этот важный фактор. Мы рассматриваем три формы человеческого воздействия на речной сток:

1. **Влияние гидротехнических сооружений на сток.** В эту категорию входит вода, которая с помощью водозаборного сооружения отводится из реки выше опорного поста или перебрасывается через водосбросные сооружения оросительных систем из других бассейнов. При водозаборных и водосбросных сооружениях инженерного типа количество отводимой и сбрасываемой воды измеряется и может учитываться при исследовании характеристик стока. При крупных гидротехнических сооружениях, если при помощи плотины создаются значительные искусственные водоемы, необходимо учитывать также потери воды на испарение с поверхности водоема и инфильтрацию, вызываемую повышением уровня воды.

2. **Влияние на сток агролесомелиоративных мероприятий.** Здесь мы сталкиваемся с более сложной картиной, так как учет влияния водохозяйственной деятельности в этом случае требует подробного анализа отдельных компонентов комплекса агролесомелиоративных мероприятий: лесонасаждений, агротехнических мероприятий, влияния искусственного орошения на режим грунтовых вод и т. п. Для анализа указанных факторов требуются данные специальных исследований, которыми мы для нашей территории не располагаем в достаточном количестве; поэтому мы приблизительно учитываем влияние агролесомелиоративных мероприятий во всем их комплексе, исходя из увеличения валовой продукции сельскохозяйственных культур, достигаемого в результате преобразования ландшафта. Каждое агролесомелиоративное мероприятие влечет за собой в нашей стране увеличение урожая. Зная урожайность до и после проведения мероприятий, мы можем определить приращение сельскохозяйственной продукции. Умножая приращение на коэффициент транспирации выращиваемых культур, определяем количество воды, которое дополнительно расходуется ими в виде транспирации. По этой величине можно ориентировочно оценить влияние агролесомелиоративных мероприятий на величину одного из компонентов водного баланса — испарения, а косвенно и на сток.

Указанный прием расчета далеко не полностью нас удовлетворяет. Нельзя считать, что повышение урожайности целиком происходит за счет увеличения количества воды, испаряющейся с поверхности территории, на которой проводятся реконструктивные мероприятия. В результате внедрения передовой агротехники уменьшается испарение с почвы, которой

придается комковатая структура; сокращается также потребление воды сорняками; меняются и климатические условия, определяющие испарение. Все же намеченный путь позволяет хотя бы приближенно учитывать влияние агролесомелиоративных мероприятий.

Более подробно рассматриваемые расчетные приемы излагаются в следующей главе.

**3. Отвод воды из реки местным населением для орошения и других нужд, не поддающийся гидрометрическому учету.** Здесь мы имеем в виду главным образом ту воду, которую местное население с помощью различных кустарных каналов забирает для орошения своих приусадебных хозяйств. Количество этой воды определяется по данным о размерах орошаемых площадей и нормами полива; необходимо также учитывать воду, забираемую населением для коммунальных нужд. Этот вид водопотребления поддается оценке при наличии данных о численности населения, а также о численности скота.

Водохозяйственно-коммунальным водопотреблением нельзя пренебрегать при исследовании малых водотоков, так как в процентном отношении оно составляет значительную часть их стока, тем более, что изъятие воды населением происходит главным образом в межень, т. е. в вегетационный период.

Намеченные приемы учета влияния на речной сток деятельности человеческого общества не свободны от недостатков и в дальнейшем по мере накопления опыта и развития науки подлежат усовершенствованию и уточнению.

---



## ГЛАВА IV

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ С РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

Расчет суммарного испарения с поверхности водосбора имеет для гидрологии большое теоретическое и практическое значение.

При оценке среднего многолетнего стока, когда уравнение водного баланса освобождается от члена, учитывающего колебания запасов влаги, знание суммарного испарения позволило бы определить величину стока, не пользуясь гидрометрическими измерениями. Для такой оценки достаточно было бы вычесть количество испарившейся воды из количества воды, поступившей на водосбор в виде атмосферных осадков. При выполнении гидрологических расчетов по более коротким периодам — годам и частям их — пренебрегать колебаниями запасов влаги, как известно, нельзя. В этом случае достоверный расчет суммарного испарения позволил бы определять трудно поддающиеся непосредственному измерению колебания запасов влаги по водосборам, по которым имеются гидрометрические и метеорологические наблюдения. Знание законов колебания запасов влаги в сильной степени содействовало бы развитию учения о речном стоке и вооружило бы гидрологию надежными методами расчета и прогноза стока.

Возможность определения всех компонентов водного баланса способствовала бы также правильной оценке влагообмена, происходящего между данным водосбором и смежными бассейнами в форме подземного стока.

Метод расчета испарения с поверхности речных водосборов пытались разработать многие советские и зарубежные ученые. Целый ряд таких методов известен в гидрологической литературе. Однако до настоящего времени ни один из подобных приемов не может считаться удовлетворительным и достоверным. Критика их содержится в трудах многих совет-

ских ученых. В прежних работах автора настоящей книги также рассматриваются и критически анализируются различные методы подсчета суммарного испарения. Поэтому здесь на истории вопроса мы не останавливаемся.

Суммарное испарение с поверхности водосбора нельзя рассматривать абстрактно в отрыве от окружающей среды, в которой оно происходит, в лаборатории невозможно полностью воспроизвести то сложное многообразие взаимодействующих явлений, которыми в природе определяется интенсивность процессов испарения. Поэтому лабораторные исследования не позволяют установить количественные характеристики суммарного испарения. Решение вопроса о количественной оценке испарения возможно лишь путем тщательного анализа определяющих его элементарных процессов.

Попытаемся определить суммарное испарение речных бассейнов на основе анализа физико-географических, климатических и прочих условий, действующих совместно в данном бассейне. Мы рассматриваем следующие виды испарения:

1. Испарение со снегового покрова.
2. Испарение с почвы.
3. Транспирация.

На основе изучения указанных видов испарения становится возможным определение суммарного испарения с речных бассейнов.

Испарение с поверхности воды мы здесь детально не рассматриваем в виду того, что этот вид испарения занимает второстепенное место при установлении расчетных величин суммарного испарения с большинства горных речных бассейнов.

## § 1. Испарение снегового покрова

После образования сплошного снегового покрова, целиком выстилающего земную поверхность, создается неограниченный запас воды, могущей испаряться. Интенсивность испарения зависит при этом только от метеорологических факторов, влияющих на ход процессов парообразования. Выпадение дополнительного снега в холодный период лишь увеличивает толщину снегового покрова, но не сказывается на интенсивности испарения с его поверхности. Поэтому при изучении испарения снегового покрова мы можем ограничиться учетом влияния температур, солнечной радиации, воздушной циркуляции и атмосферного давления. Все эти величины непрерывно изменяются за время существования снегового покрова.

Даты образования и исчезновения снегового покрова в различных районах территории Армянской ССР различны. В низинах снеговой покров образуется в январе и исчезает в конце



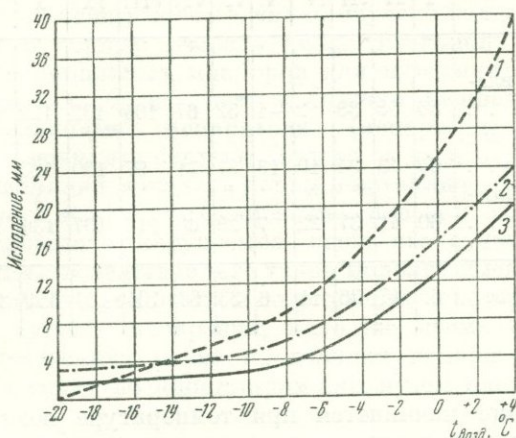
февраля, на средних высотах снег появляется в начале декабря и исчезает в первой половине марта. В верховьях рек поверхность земли покрывается снегом во второй половине ноября и освобождается от снега в первой половине апреля. Общее для всей территории суждение о датах появления и исчезновения снегового покрова можно получить лишь в форме связи между этими датами и температурой воздуха.

Анализ метеорологических наблюдений показывает, что снеговой покров образуется в бассейне, когда с наступлением зимы температура воздуха понижается до  $-1^{\circ}$ ,  $-2^{\circ}$  и длительно удерживается ниже нуля. Весною снеговой покров сходит, когда температура воздуха повышается до  $+2^{\circ}$ . При значительной мощности снега его исчезновение завершается при температуре порядка  $+3^{\circ}$ . Используя эти данные, мы можем установить продолжительность снегового покрова в зависимости от температуры воздуха. Таким образом, представляется возможным выделить период года со снеговым покровом, когда испарение происходит только с поверхности снега. Далее мы увидим, что связь между температурой воздуха и датами появления и исчезновения снегового покрова дает нам возможность быстро ориентироваться при определении испарения по соответствующему графику.

Для определения величины испарения со снегового покрова мы воспользуемся материалами наблюдений, проведенных в двух характерных точках Армянской ССР. На поверхности снега был установлен испаритель типа Рыкачева. Установка была произведена так же, как это делается на почве, с той лишь разницей, что вместо дерна в сосуд испарителя помещался снег, по возможности, с ненарушенной структурой, а сам сосуд устанавливался среди снега. Способ этот не совсем точен и, повидимому, дает преуменьшение величин испарения в среднем на 10—12 мм в месяц (при среднемесячной температуре воздуха около нуля), что учитывается в дальнейших построениях. По данным измерений построена кривая зависимости между температурой воздуха и испарением с поверхности снега, изображенная на фиг. 14. Если сравнить эту кривую с графиком А. Мейера, то можно заметить, что последний в условиях Армянской ССР преувеличивает испарение приблизительно на 40%.

Величина испарения снегового покрова зависит как от температуры, так и от солнечной радиации, заметно изменяющейся на протяжении зимы. Анализ материалов наблюдений за солнечной радиацией позволяет разделить зимний период на две части: ноябрь — декабрь и январь — февраль — март. Средняя интенсивность солнечной радиации за первую половину зимы почти вдвое меньше, чем за вторую. Это обстоя-

тельство заставило построить зависимость испарения с поверхности снега от температуры воздуха в двух вариантах, которым соответствуют две ветви кривых, изображенных на фиг. 15. (К числу факторов, существенно влияющих на испарение с поверхности снега, принадлежит также скорость ветра. Реко-



Фиг. 14. Кривая зависимости между температурой воздуха и испарением с поверхности снега.

1 — по Мейеру, 2 — вторая половина зимы (по автору), 3 — первая половина зимы (по автору).

мендуемые кривые отражают средние для территории Армянской ССР характеристики ветрового режима).

1. **Испарение в период таяния снега.** Снег начинает таять при температуре  $0^{\circ}$  и, как установлено нами, на исследуемой территории исчезает полностью после того, как температура воздуха достигает  $2-3^{\circ}$  в среднем за декаду. В начале снеготаяния испарение происходит главным образом со снегового покрова. По мере таяния снега влажность почвы увеличивается, грунт полностью насыщается водой и к концу снеготаяния условия испарения с поверхности земли приближаются к условиям испарения с водной поверхности.

Так как средняя отметка рассматриваемой территории составляет около 1900 м, т. е. приблизительно соответствует отметке бассейна оз. Севан, то можно считать, что испарение во время снеготаяния приблизительно равно испарению с поверхности воды указанного озера в это же время.

Величины сумм месячных и годовых испарений по В. К. Давыдову с поверхности оз. Севан приводятся в табл. 1.



Таблица 1

| Метод подсчета                         | Испарение в мм |    |     |    |    |    |     |      |     |     |     |     |        |
|----------------------------------------|----------------|----|-----|----|----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|--------|
|                                        | I              | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | за год |
| По дефициту влажности . . . . .        | 80             | 58 | 38  | 2  | —1 | 32 | 67  | 104  | 135 | 129 | 105 | 111 | 860    |
| По уравнению водного баланса . . . . . | 64             | 42 | 34  | 10 | 13 | 37 | 71  | 97   | 130 | 123 | 108 | 99  | 828    |
| По методу теплового баланса . . . . .  | 60             | 41 | 37  | 22 | 7  | 29 | 60  | 112  | 137 | 134 | 115 | 74  | 828    |
| Среднее                                | 68             | 47 | 36  | 11 | 6  | 33 | 66  | 104  | 134 | 129 | 109 | 95  | 838    |

Снеготаяние начинается при температуре воздуха от 0° до 3°, а такая температура соответствует в районе оз. Севан температуре марта и апреля, поэтому при расчетах испарения следует брать среднюю за эти два месяца величину—23 мм/мес. Эта цифра в дальнейшем использована при построении графика суммарного испарения с речных бассейнов, как характеристика испарения, происходящего в период снеготаяния.

**2. Испарение в период образования снегового покрова.** До образования снегового покрова испарение зависит не только от температуры воздуха, но и от влажности почвы, т. е. от количества атмосферных осадков. Когда температура воздуха опускается ниже 0°, поверхностный слой грунта замерзает и вода перестает в него просачиваться. После этого осадки выпадают в виде снега и накапливаются, образуя снеговой покров. С этого момента испарение уже не зависит от количества осадков. До образования снегового покрова, т. е. пока выпадающий снег еще тает, испарение нужно определять, учитывая не только температуру, но и величину осадков.

При установлении количественных характеристик испарения со снегового покрова мы имели в виду средние физико-географические и климатические условия для средней высоты территории. Вполне понятно, что при определении испарения для того или иного бассейна следует учитывать конкретные особенности этого бассейна. В частности, нужно принимать во внимание различия в силе ветра и в атмосферном давлении, зависящем от высоты местности. Так как оба эти фактора должны

учитываться при подсчете испарения не только в период наличия снегового покрова, но и в другие периоды, то методику оценки их влияния мы рассмотрим ниже.

## § 2. Определение испарения с почвы

Испарение с почвы, к сожалению, изучено недостаточно, что объясняется в первую очередь исключительной сложностью процесса. Рациональных приборов для измерения почвенного испарения до сих пор не имеется. Обычно на практике применяются различные испарители (испаритель Рыкачева, испаритель и лизиметр системы Попова и др.), построенные на принципе изоляции монолита почвы в металлическом ящике и периодического измерения содержащейся в нем влаги. Но при изоляции монолита нарушается связь его с нижележащими слоями почвы, вследствие чего такой монолит высыхает скорее, чем в естественных условиях, и по истечении некоторого времени показывает нулевое испарение; в то же время окружающая монолит естественная почва продолжает испарять воду, поднимающуюся снизу по капиллярам или путем пленочного движения.

Факторами, влияющими на испарение с почвы, являются в первую очередь температура воздуха, атмосферные осадки и влажность почвы, затем солнечная радиация, скорость ветра, а также давление воздуха.

Рассмотрим прежде всего испарение с оголенной или почти оголенной почвы. Даже в совершенно одинаковых метеорологических условиях испарение может происходить с весьма различной интенсивностью, в зависимости от состояния почвы, от агротехнических мероприятий, от цвета и экспозиции почвенного массива. По мере высыхания увлажненной почвы испарение ее поверхности претерпевает сложные изменения, которые еще почти неизучены в естественных условиях.

Кратко наметим схему просыхания почвы при неизменяющихся условиях погоды. Допустим, что испарение началось при полном насыщении почвы влагой и что в дальнейшем приток воды в почву отсутствует. В первое время, когда поверхность почвы сплошь смочена, испарение идет наиболее интенсивно: испаряющаяся вода немедленно пополняется притоком по капиллярам из насыщенного влагой поверхностного слоя. Поскольку поверхность почвы полностью смочена, скорость испарения при заданных метеорологических условиях остается примерно постоянной. По мере уменьшения влажности почвы интенсивность испарения сокращается. Влажность поверхностного слоя почвы в этот переломный момент достигает критического значения. После того как влажность почвы, вслед-



ствие ее высыхания, понижается, количество поступающей снизу воды оказывается уже недостаточным для поддержания всей поверхности почвы в смоченном состоянии. На поверхности почвы появляются высохшие участки, площадь которых увеличивается; на смоченных участках интенсивность испарения остается прежней. Поэтому средняя для всей поверхности скорость испарения становится меньшей, чем в начальной стадии. Когда поверхностный слой почвы настолько подсушен, что капиллярное поднятие в этом слое уже прекращается, исчезают последние смоченные участки. Испарение в основном идет уже не с самой почвы, а от слоя, которого достигает снизу капиллярное поднятие. При этом водяной пар, прежде чем попасть в атмосферу, диффундирует через верхний высыхающий слой почвы. По мере того, как просыхание проникает на большую глубину, испарение продолжает замедляться. В этой, последней стадии величина испарения в сильной степени зависит от количества выпадающих атмосферных осадков, пополняющих запас влаги на поверхности почвы.

Современная агротехника опытным путем пришла к управлению указанными стадиями просыхания и испарения почвы. Агротехнические мероприятия, в частности глубокая пахота и боронование, препятствуют быстрой потере влаги культурным слоем почвы и, следовательно, способствуют сохранению необходимого количества влаги для сельскохозяйственных культур. Так как агротехнические мероприятия не ликвидируют полностью испарение с почвенного слоя, а лишь уменьшают его, то в зонах, где в силу климатических условий увлажненность почв обычно быстро снижается до критического минимума, необходимо осуществлять искусственное орошение. Иригация способствует мощному развитию растительного покрова, что влечет за собой сокращение испарения с поверхности почвы и усиление физиологической транспирации почвенной влаги в атмосферу самим растительным покровом. Поэтому при определении суммарного испарения по большинству речных бассейнов необходимо учитывать агролесомелиоративные мероприятия, осуществляемые на его культурных площадях. Профессор Б. В. Поляков на основе материалов Главного управления гидрометеорологической службы исследовал просыхание почвы. Влажность определялась высушиванием образцов почвы при температуре до  $105^{\circ}$ , до постоянного веса; данные о влажности почвы выражались в процентах воды от объема абсолютно сухой почвенной массы и в высоте водяного столба в мм по следующей формуле:

$$w = 0,1 \text{ пах},$$

где  $w$  — запас влаги, выражаемый в мм водяного столба,

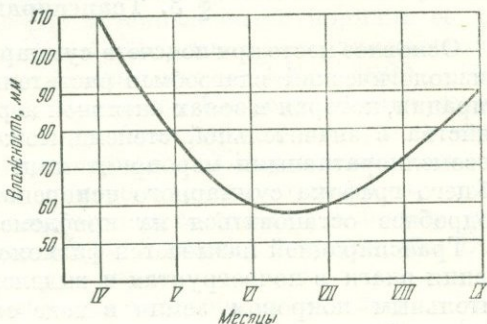
$p$  — объемный вес почвы (с ненарушенной структурой),  
 $a$  — влажность почвы в процентах,  
 $h$  — толщина слоя почвы в см.

В дальнейших исследованиях Б. В. Поляков изучал уже не общую влажность почвы, а только активную влажность, являющуюся важным элементом водного баланса. Активная влажность определяется вычитанием из общей влажности «влажности завядания», характеризующей такое содержание влаги в почве, при котором растения начинают увядать.

Влажность завядания вычисляется умножением максимальной гигроскопической влажности — на коэффициент 1,34. Коэффициент 1,34 получен Ленинградским агрометеорологическим институтом в результате обработки многочисленных материалов наблюдений, проведенных Гидрометеорологической службой.

Анализ распределения среднемесячной активной влажности в слое глубиной один метр, подсчитанный Б. В. Поляковым вышеуказанным способом на протяжении теплого периода года, показывает, что для средней полосы Европейской части РСФСР влажность достигает максимума в апреле и падает до июля, а потом начинает возрастать (см. фиг. 15). Для территории Армянской ССР данных об активной влажности почвы не имеется, однако, судя по общим климатическим условиям и количеству осадков, можно предположить, что в Армении влажность почвы значительно ниже, чем в районе работ Б. В. Полякова, ход же изменения влажности в общем аналогичен. Весною, когда влаги много, почва полностью насыщается, а потом испаряет запасенную влагу.

Профессор Поляков, исходя из данных 88 агрометрических станций, на основе исследований влажности почв построил графики для подсчета суммарного испарения с поверхности водосборов Европейской части СССР. Эти графики можно с некоторой долей условности применить и для нашего расчета, используя выводы исследований В. И. Оболенского, которые по-



Фиг. 15. Распределение средней активной влажности по месяцам в слоях глубиной 1,0 м для Европейской части СССР (по Б. В. Полякову).



казали, что транспирация растительного покрова для Европейской части СССР составляет примерно 35 % от суммарного испарения. Испарение с почвы можно грубо оценить по графику Б. В. Полякова для засушливой части территории<sup>1</sup>, вводя к величинам, определяемым по этому графику, поправки, соответствующие данным В. И. Оболенского.

### § 3. Транспирация

Основное место при подсчете суммарного испарения занимает физиологический влагообмен растительного покрова — транспирация, которая в зонах активной агрикультуры и лесного хозяйства в значительной степени может регулироваться агролесомелиоративными мероприятиями. Поэтому до составления общего графика суммарного испарения необходимо несколько подробнее остановиться на проблеме транспирации.

Транспирацией называется физиологический процесс поглощения влаги в почвогрунтах и выделения ее в атмосферу растительным покровом земли в ходе его ежегодной вегетации. Таким образом, транспирацию можно рассматривать как биологическую ветвь общего круговорота влаги на суше, занимающую в его балансе весьма солидное место.

Исследования по выявлению истинной величины транспирации, осуществленные в течение последних 100 лет в ряде стран мира большим числом ученых и получившие особое развитие в нашей стране, согласно свидетельствуют о том, что в ходе образования органического вещества растения транспирируют от 300 до 1000 единиц воды на приращение каждой новой единицы сухого вещества.

Так, П. А. Костычев указывал, что «... растения для образования одного пуда сухого вещества должны высосать корнями из почвы около 300 пудов воды ... Следовательно, если с одной десятины мы снимаем, например, 100 пудов зерна и 200 пудов соломы, т. е. всего около 300 пудов, то для образования такого урожая (если прибавить к этому еще корни) нужно по меньшей мере 90 000 пудов (1500 тонн) такой воды, которую растения могут высосать из почвы»<sup>2</sup>.

По А. И. Воейкову, «...для производства одного фунта сухого вещества растения испаряли воды от 233 фунтов (кукуруза) до 910 фунтов (сурепица). Если принять количество 500 пудов сухого вещества с десятины — количество, вполне достижимое при хорошей обработке, и принять испарение воды лишь в 500 раз более, то в растительный период испарится 250 000 пудов

<sup>1</sup> См. 5-й график в указанном сочинении Б. В. Полякова.

<sup>2</sup> «Классики русской агрономии в борьбе с засухой». Изд. АН СССР 1951, стр. 186.

воды с десятины. На метрические меры в круглых числах получим 7000 кг сухого вещества на гектар и испарение воды в 3 500 000 кг (3500 тонн)<sup>1</sup>.

К. А. Тимирязев считал, «...что на каждую единицу веса зерна в урожае наши злаки испаряют 1000 единиц воды, т. е. для получения пуда зерна мы должны доставить растению, в круглых цифрах, 1000 пудов воды»<sup>2</sup>.

По новейшим исследованиям величин и динамики транспирации можно считать твердо установленными нормами ее для луговой растительности в 800—1200 тонн воды с га; для полевой — в 1500 — 2000 тонн с га, а для леса — 2000 — 2500 — 3000 тонн с га (Зонн, Поляков, Молчанов, Китредж, Фальковский, Васильев и др.). Иначе говоря, благодаря транспирации через атмосферу лишь над территорией СССР в течение каждого вегетационного периода с помощью растительности проходят столь огромные массы воды, что они составляют величину, равную нескольким годовым объемам стока таких рек, как Волга и Енисей.

В условиях социалистического способа производства социалистической агрикультуры, в частности, открываются богатые перспективы направленного регулирования величин транспирации, движения масс транспирируемой влаги, регулирования отношений растительного покрова к почве, влаге и атмосфере. Улучшение природных условий засушливых зон нашей страны является прямым следствием и целью социалистической агрикультуры; регулирование запасов почвенной влаги и водоносности рек с помощью системы лесогидромелиоративных мероприятий, входящих органической составной частью в агробиологический комплекс Докучаева — Костычева — Вильямса, это лишь один из факторов улучшения природных условий.

Естественно, что не учитывать фактора транспирации в исследованиях и анализе речного стока, а также в гидротехнических расчетах ни в коем случае нельзя.

Производственно-экономическая деятельность человеческого общества, в зависимости от его социально-исторической структуры, отрицательно или положительно влияет на динамику и величину транспирации и на речной сток. Достаточно указать, что хищническая капиталистическая агрикультура и лесное хозяйство, в частности, обедняют почвенно-грунтовые запасы влаги, сокращают объемы транспирации, снижают водоносность рек, увеличивают сухость воздуха и вызывают еще многие неблагоприятные явления, неизбежные при огромных масштабах

<sup>1</sup> Там же, стр. 310—311.

<sup>2</sup> Там же, стр. 247.



деструктивных процессов в почвенно-растительном покрове, какими сопровождается развитие капитализма.

При социалистическом плановом хозяйстве деструктивные процессы в почвенно-растительном покрове или полностью ликвидируются или резко локализируются. Агробиологический комплекс Докучаева — Костычева — Вильямса и грандиозные исследовательские и гидромелиоративные работы, осуществляемые во исполнение заданий партии и правительства по борьбе с засухой, ликвидируют эрозию почв, восстанавливают рационально преобразованный лесной покров в степях, создают мощную сеть прудов и водоемов, повышают водоносность рек, интенсифицируют почвенный и атмосферный влагообмен в интересах развития полеводства, животноводства, лесоводства и водного хозяйства страны. Вот почему необходимо вдумчиво и всесторонне проанализировать гидрологическое значение этих новых производственно-экономических факторов и их место и удельный вес в системе естественно-исторических закономерностей, определяющих и регулирующих водный режим суши и, в частности, стоковые процессы.

В свете этих принципиальных научно-теоретических, методологических положений мы более внимательно проанализируем материалы, характеризующие динамику и величины транспирации различных форм растительного покрова, различных фитоценозов.

Количественные характеристики затрат воды на транспирацию мы оцениваем дифференцированно применительно к распространенным на территории Армянской ССР типам растительных сообществ. Мы выделяем следующие группы:

1. Пастбища и выгоны.
2. Полевые культуры.
3. Лес.

1. **Транспирация пастбищной зоны и выгона.** Транспирация пастбищной зоны и выгона оценена нами по данным о количестве ежегодно образующегося органического вещества и о величине коэффициентов транспирации. При этом мы учитывали длительность вегетационного сезона, зависящую от высоты местности.

В результате исследования мы пришли к выводам, что месячный слой транспирируемой воды по зонам, предложенный проф. Г. Г. Оганезовым для Алагезского массива, можно принять и для территории Армении в целом (см. табл. 2).

2. **Транспирация полевых культур.** Группа полевых культур обширна. Входящие в нее сельскохозяйственные культуры имеют различные коэффициенты транспирации; поэтому подразделяем их на три основные группы: 1) зерновые культуры, 2) кормовые культуры, 3) бахчевые и технические культуры.

Таблица 2

## Месячный слой транспируемой воды по зонам

| Месяцы          |           | Количество транспируемой воды,<br>мм слоя |                   |                    |                   |                  |         | Выгон(при средней<br>высоте местности) |
|-----------------|-----------|-------------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|----------------------------------------|
|                 |           | Пастбища по зонам высоты местности        |                   |                    |                   |                  |         |                                        |
|                 |           | Зона I<br>3000 м                          | Зона II<br>2900 м | Зона III<br>2500 м | Зона IV<br>2300 м | Зона V<br>2000 м | Среднее |                                        |
| III             | . . . . . | —                                         | —                 | —                  | —                 | —                | —       | 2                                      |
| IV              | . . . . . | —                                         | —                 | —                  | —                 | 9                | 2       | 4                                      |
| V               | . . . . . | 4                                         | 4                 | 12                 | 19                | 24               | 12      | 6                                      |
| VI              | . . . . . | 13                                        | 18                | 32                 | 38                | 46               | 28      | 10                                     |
| VII             | . . . . . | 24                                        | 33                | 50                 | 48                | 32               | 37      | 5                                      |
| VIII            | . . . . . | 19                                        | 27                | 41                 | 39                | 24               | 30      | 2                                      |
| IX              | . . . . . | 3                                         | 8                 | 16                 | 19                | 12               | 12      | 2                                      |
| X               | . . . . . | —                                         | —                 | —                  | 2                 | 7                | 2       | 2                                      |
| XI              | . . . . . | —                                         | —                 | —                  | —                 | —                | —       | 1                                      |
| Всего . . . . . |           | 60                                        | 90                | 151                | 165               | 154              | 123     | 34                                     |

Так как по Армении не имеется непосредственных данных о величинах транспирации этих культур, то мы используем материалы, относящиеся к другим районам. По мере накопления данных, характеризующих транспирацию полевых культур в пределах территории Армении, наши выводы должны уточняться. По Г. Г. Оганезову, количество воды, транспируемой сельскохозяйственными культурами, характеризуется данными табл. 3.

Таблица 3

| Наименование культур           | Количество транспирационных вод<br>с га в м² |                    |             |
|--------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|-------------|
|                                | Сухой<br>1924 г.                             | Влажный<br>1925 г. | Средний год |
| Зерновые . . . . .             | 1928                                         | 2385               | 2156        |
| Травы и кормовые . . . . .     | 2751                                         | 3438               | 3092        |
| Технические и бахчевые . . . . | 2186                                         | 3736               | 2961        |



Используя данные того же автора, можем определить количество транспирируемой воды полевыми культурами, как произведение количества воды, затрачиваемой на образование одного центнера органического вещества, на урожайность, выраженную в центнерах с гектара.

Средствами советской агротехники можно значительно повысить урожайность. Определяя величину транспирации в зависимости от урожайности, мы получаем возможность учитывать в гидрологических исследованиях и расчетах влияние производственно-экономической деятельности общества и ее преобразующую роль. При плановом хозяйстве вполне возможно предвидеть величину транспирации на культурных землях, планируя урожайность на будущее. Что касается точности этого приема, то она зависит от точности определения исходных характеристик урожайности и коэффициента транспирации.

В условиях Армянской ССР при преобладании поливного земледелия для суждения о транспирации влаги, как компоненте водного баланса, характеризующем влагообмен его с атмосферой, необходимо из полного количества испаряемой растениями воды вычесть долю ее, получаемую за счет искусственного орошения. Анализ материалов наблюдений показывает, что в условиях Армении транспирация за счет атмосферных вод составляет приблизительно 40% от общей транспирации. Этот коэффициент мы и можем в первом приближении принять при расчетах транспирации влаги (табл. 4).

Таблица 4

Распределение расхода влаги полевыми культурами по месяцам, в %

| Месяцы          | Культуры |                  |                        |
|-----------------|----------|------------------|------------------------|
|                 | Зерновые | Травы и кормовые | Технические и бахчевые |
| IV . . . . .    | 7        | —                | —                      |
| V . . . . .     | 20       | 5                | 16                     |
| VI . . . . .    | 64       | 50               | 21                     |
| VII . . . . .   | 9        | 15               | 23                     |
| VIII . . . . .  | —        | 17               | 24                     |
| IX . . . . .    | —        | 13               | 16                     |
| Итого . . . . . | 100      | 100              | 100*                   |

\* Таблица составлена на основе данных Министерства сельского хозяйства Армянской ССР, а также по материалам В. И. Ильиша.

Изложенные указания достаточны для подсчета количества воды, расходуемой в форме транспирации. При расчете необходимо в каждом случае учитывать, какой процент площади, занятый под той или иной культурой, искусственно орошается, и соответственно определять расход транспирационной воды.

Исходя из средней урожайности полевых культур в условиях Армянской республики, мы определили количество транспирационных вод с единицы площади по месяцам. Результаты подсчета приводятся в табл. 5. При расчете слоя транспирационных вод были приняты во внимание данные, касающиеся размеров поливных площадей, занятых под рассматриваемые культуры.

Таблица 5

Распределение транспирации полевых культур по месяцам,  
в мм слоя

| Месяцы          | Культуры |                  |                        |
|-----------------|----------|------------------|------------------------|
|                 | Зерновые | Травы и кормовые | Технические и бахчевые |
| IV . . . . .    | 6        | —                | —                      |
| V . . . . .     | 19       | 7                | 20                     |
| VI . . . . .    | 60       | 70               | 28                     |
| VII . . . . .   | 8        | 21               | 29                     |
| VIII . . . . .  | —        | 24               | 31                     |
| IX . . . . .    | —        | 18               | 20                     |
| Итого . . . . . | 93       | 140              | 128                    |

**3. Транспирация леса.** Одним из важных вопросов при определении биологического компонента водного баланса является определение величины транспирации лесными фитоценозами. Этот вопрос имеет большое значение как для Армянской ССР, так и для Союза в целом. В будущем, в связи с полезащитными лесонасаждениями или лесомелиорацией, транспирация леса приобретет еще большее значение.

Данные наблюдений и исследований, проведенных преимущественно в юго-восточной части Европейской территории Союза (данные Каменноостепной опытной станции в Воронежской области, Мариупольской станции и др.), показывают, что транспирация лесных насаждений составляет в среднем около 150 мм за год. Используя эти сведения, мы можем вычислить транспирационный слой воды по месяцам, принимая



то же процентное распределение транспирации, что и для пастбища. Расчет этот, понятно, очень груб и, в дальнейшем, особенно нуждается в уточнении. Результаты расчета приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Распределение транспирации леса по месяцам, в мм слоя

| III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X | XI | За год |
|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|--------|
| 9   | 18 | 27 | 43 | 23  | 9    | 9  | 9 | 3  | 150    |

4. Суммарная транспирация. Таким образом, мы установили величины транспирации с выгона и пастбища, полевых культур и леса по месяцам и по зонам. Для подсчета суммарной транспирации по бассейнам рек необходимо определить, какая доля их площади занята каждым из типов растительного покрова; после этого, пользуясь приведенными выше данными, нетрудно подсчитать суммарный объем транспирируемой воды.

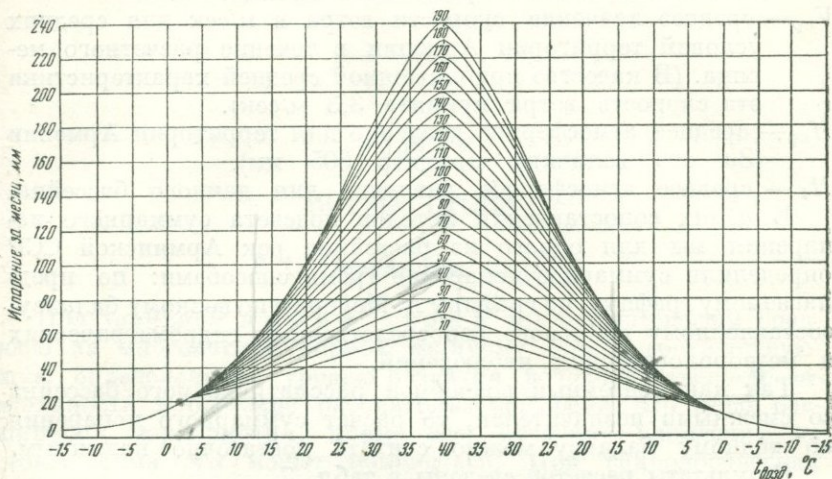
#### § 4 Определение величины суммарного испарения в средних условиях территории Армении

Проделанный анализ дает возможность вычислить величину суммарного испарения для каждого речного бассейна. Для этого необходимо предварительно установить распределение по территории бассейна растительного покрова и климатических характеристик, в частности, продолжительность снегового покрова.

Разработанная методика расчета может быть использована для построения графика, позволяющего определять величину испарения применительно к средним для Армянской ССР условиям климата и ландшафта.

Такой график изображен на фиг. 16. По оси ординат его отложены величины испарения в мм за месяц. Эти величины рассматриваются как функции трех переменных: температуры воздуха, количества атмосферных осадков и времени года. Для учета времени года график разделяется на две части: левая часть соответствует полугодию январь — июнь, правая — полугодию июль — декабрь. Несколько повышенное испарение в первое полугодие отражает сдвиг фаз годового температурного цикла по отношению к фазам цикла солнечной радиации, в результате чего одним и тем же значениям температур воздуха в первом полугодии соответствуют в среднем более высокие величины радиации, чем во втором.

Значения средних за месяц температур воздуха отложены на графике по оси абсцисс. Крайние участки графика, соответствующие отрицательным и близким к нулю положительным температурам, характеризуют условия испарения, наблюдающиеся в течение зимы и переходных периодов — конца осени



Фиг. 16. Суммарный график испарения.

и начала весны. В это время, как мы указывали выше, испарение не зависит от количества выпадающих атмосферных осадков; соответственно, связь между испарением и температурой воздуха однозначна и изображается на графике одной линией. При более высоких температурах воздуха график превращается в семейство кривых, каждая из которых соответствует определенной величине месячного слоя атмосферных осадков от 10 до 190 мм в месяц.

График позволяет быстро и с достаточной точностью определять величины суммарного испарения для средних условий рассматриваемой территории. Понятно, что точность графика все же уступает точности подробного расчета. Индивидуальные особенности отдельных бассейнов могут быть до некоторой степени отражены путем введения поправок, учитывающих влияние различий в скорости ветра и в величине атмосферного давления.

Поправки вычисляются по формуле:

$$Z = Z_{\text{гр}} [1 + 0,07 (v_i - v_{\text{ср}})] \frac{H_{\text{ср}}}{H_i}.$$



Здесь  $Z$  — величина суммарного испарения с речного бассейна в мм за месяц.

$Z_{гр}$  — величина суммарного испарения, вычисленная по графику.

$V_i$  — среднее значение скорости ветра в м/сек — для данного бассейна в течение расчетного месяца.

$V_{ср}$  — среднее значение скорости ветра в м/сек для средних условий территории Армении в течение расчетного месяца. (В качестве приближенной средней характеристики эта скорость ветра принята 3,3 м/сек).

$H_{ср}$  — среднее атмосферное давление для территории Армении (За его величину принято 605 мм).

$H_i$  — среднее атмосферное давление для данного бассейна.

В целях сопоставления методов подсчета суммарного испарения мы для одного из бассейнов рек Армянской ССР определили суммарное испарение тремя способами: по предлагаемому графику, по графику А. Мейера и по водному балансу, составленному на основе непосредственных гидрометрических и метеорологических наблюдений.

Так как подземный водообмен рассматриваемого бассейна со смежными незначителен, то расчет суммарного испарения по водному балансу можно считать достаточно надежным.

Результаты расчетов сведены в табл. 7

Таблица 7

| Способ расчета         | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | За год |
|------------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|--------|
| По автору . . . . .    | 13 | 17 | 37  | 22 | 36 | 42 | 45  | 42   | 36 | 35 | 15 | 17  | 357    |
| По Мейеру:             |    |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     |        |
| Испарение с почвы . .  | 25 | 30 | 23  | 24 | 30 | 30 | 20  | 10   | 20 | 18 | 12 | 32  | —      |
| Транспирация . . . . . | —  | —  | —   | 25 | 40 | 55 | 75  | 72   | 45 | 30 | —  | —   | —      |
| Сумма . . . . .        | 25 | 30 | 23  | 49 | 70 | 85 | 95  | 82   | 65 | 48 | 12 | 32  | 616    |
| По водному балансу . . |    |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     | 332    |

По предлагаемому методу годовой слой испарения для бассейна составляет 357 мм, по А. Мейеру 616 мм, а по водному балансу 332 мм. Следовательно, предлагаемый прием дает результат, почти совпадающий с величиной испарения, которая определена по водному балансу (107%), а способ Мейера дает отклонение от выводов водного баланса почти в два раза (185%).

## ГЛАВА V

### НОРМА СТОКА

#### § 1. Постановка задачи

Под термином норма стока мы подразумеваем среднюю за многолетний период величину стока, соответствующую определенному уровню развития водохозяйственной деятельности в бассейне рассматриваемой реки. По мере расширения мероприятий, прямо или косвенно влияющих на сток, норма его может изменяться. При гидрологических исследованиях норма стока обычно относится к истекшему периоду, на протяжении которого велись гидрометрические и метеорологические наблюдения.

Методику расчета нормы стока мы рассмотрим применительно к двум основным случаям: расчет нормы стока при наличии гидрометрических данных и косвенные методы расчета нормы стока.

В первом случае, когда по данным гидрометрических измерений сток реки может быть непосредственно подсчитан на протяжении длительного промежутка времени, решение вопроса сводится к определению среднего за этот промежуток расхода воды. Для того, чтобы вычисленное среднее могло без большой погрешности отождествляться с нормой стока, число лет наблюдений должно удовлетворять следующему критерию:

$$n = \frac{C_v^2}{\sigma^2}.$$

Здесь  $n$  — число лет наблюдений, необходимое для обеспечения заданной точности вычисления арифметической середины.

$C_v$  — коэффициент изменчивости годового стока.

$\sigma$  — допускаемая величина стандартной ошибки арифметической середины, выраженная в долях от последней.



Сложнее обстоит дело при определении нормы стока во втором случае, когда не имеется достаточного количества достоверных гидрометрических измерений.

В нашей гидрологической практике применяется ряд приемов определения нормы стока. При наличии по реке данных гидрометрических наблюдений, недостаточно длительных для определения нормы стока, применяется метод аналогий; характеристики стока и, в частности, норма его приводятся к многолетним значениям, пользуясь синхронностью колебаний стока рассматриваемой реки с некоторой гидрологически сходной рекой-аналогом. Необходимым условием для применения этого приема является наличие достаточно тесной связи между колебаниями стока сопоставляемых рек. При соблюдении этого условия удлинение может быть выполнено различными способами: графически, методом корреляции, методом картирования и др.

При отсутствии гидрометрических данных обычно производится приближенная оценка нормы стока, основанная на широких гидрологических обобщениях. Известны формулы М. А. Великанова и Д. Л. Соколовского, картограммы Б. Д. Зайкова, расчетный прием Б. В. Полякова и др. Критический разбор этих, а также других методов косвенной оценки нормы стока не входит в задачу этой книги. Отметим лишь, что они разработаны главным образом для равнинных рек и не приспособлены к расчету стока рек горного типа.

При исследовании нормы стока горных рек мы считаем необходимым в основу методики положить генетические признаки стока, в тесной увязке их с климатом и ландшафтом водосбора. Соответствующий этим принципам метод косвенного расчета среднего многолетнего стока предложен нами в предшествующей главе в форме приемов определения компонентов водного баланса.

При определении нормы стока будущего промежутка времени, для которого проектируется режим работы водохозяйственных систем, следует иметь в виду изменения, вносимые производственной деятельностью человеческого общества. Вычисленную величину среднего стока можно принять за основу гидрологического расчета только для определенного периода, так как она изменяется с течением времени. Длительность указанного периода нужно определять, в каждом конкретном случае, исходя из интенсивности изменений, которые имеют место в данном бассейне в связи с преобразующей природу человеческой деятельностью.

Физико-географические условия горной Армении очень разнообразны, и выбор гидрологически аналогичных водосборов, в особенности при рассмотрении малых рек, очень затруд-

нителен. Имеющиеся на территории Армении гидрологические опорные пункты не вполне удовлетворительны, так как длительность надежных гидрометрических рядов, даже на крупных реках, относительно невелика. Сток значительной части территории Армении, в особенности ее высокогорных районов, не освещен непосредственными гидрометрическими данными. В таких условиях при исследовании территориального распределения нормы стока приобретает особое значение метеорологическая информация о каждом бассейне. Зависимость между климатом и нормой стока находит свое выражение в форме среднего многолетнего коэффициента стока. Имея в виду связь основных факторов стока с высотой местности, мы можем попытаться установить зависимость между ней и коэффициентом стока. Имея такую зависимость, мы получим возможность определять норму стока неизученных бассейнов, используя для этой цели данные о распределении по территории нормы осадков (карту изогиег).

Выбранным нами способом, как увидим в дальнейшем, с достаточной точностью решается поставленная задача.

## **§ 2. Определение нормы стока**

На основе исходных гидрометрических данных с учетом водохозяйственной деятельности были определены средние многолетние величины стока для ряда рек Армении. Полученные результаты мы принимаем за норму многолетнего стока. При свойственных этим рекам значениях коэффициента изменчивости годового стока от 0,15 до 0,40 имеющиеся гидрометрические ряды в общем удовлетворительно характеризуют норму стока.

От нормы стока, выраженной в виде среднего многолетнего расхода воды в куб. метрах в секунду, не трудно перейти к слою стока в миллиметрах в год. Представление стока в виде высоты слоя особенно удобно для наших расчетов, в которых приходится пользоваться связями с метеорологическими факторами. Для определения нормы стока неизученных бассейнов необходимо установить связь между коэффициентом стока и средней высотой бассейна. Исходными для этого построения являются значения коэффициента стока, вычисленные для изученных бассейнов по гидрометрическим и метеорологическим данным. Указанные величины приводятся в табл. 8 и 9.

## **§ 3. Определение связи между коэффициентами стока и высотой бассейна**

Количество осадков и температура воздуха, а также остальные факторы стока тесно связаны с высотой местности (см. главу III). Следовательно, есть связь между высотой бассейна и коэффициентом стока.



При увеличении высоты местности коэффициент стока возрастает, поскольку с высотой местности увеличивается количество осадков и понижается температура воздуха. Увеличению коэффициента стока способствуют также уклоны бассейнов, как правило, более высокие в верховьях рек, чем в низовьях. При формировании стока в верховьях рек скорость стекания воды по склонам больше, потери же на инфильтрацию меньше, чем в низовьях (при одинаковых геологических условиях). К тому же в верховьях рек, как правило, человеческая деятельность не влияет на сток, в низовьях же ее влияние четко выражено (создание сети каналов, дамбы и пр.). Из карты растительного покрова следует, что высоко в горах растительный покров беднее, чем в долинах. Соответственно уменьшается и физиологическое испарение — транспирация; при увеличении высоты местности понижается температура воздуха, а вместе с тем сокращается суммарное испарение.

Таким образом, с увеличением высоты местности потери влаги уменьшаются, а количество осадков увеличивается. Это положение в полной мере подтверждается данными табл. 8, составленной на основе непосредственных измерений.

Таблица 8

Величины коэффициента стока, вычисленные на основе гидрометрических и метеорологических данных

| Река или бассейн и пункт наблюдения          | Средняя высота бассейна | Коэффициент стока |
|----------------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Ахурян (Капс) . . . . .                      | 2221                    | 0,45              |
| Памбак (Колагиран) . . . . .                 | 2129                    | 0,42              |
| Агстев (Иджеван) . . . . .                   | 2163                    | 0,38              |
| Арагацский массив . . . . .                  | 2019                    | 0,36              |
| Раздан (Арзни) . . . . .                     | 2211                    | 0,47              |
| Севанский бассейн . . . . .                  | 2315                    | 0,15              |
| Азат-Веди (Зовашен-Карабаглар) . . . . .     | 2295                    | 0,50              |
| Арпа (Арпа) . . . . .                        | 2220                    | 0,49              |
| Воротан (Эйвазлар) . . . . .                 | 2273                    | 0,48              |
| Вохчи (Кафан) . . . . .                      | 2431                    | 0,61              |
| Северный склон Севанского бассейна . . . . . | 2566                    | 0,67              |

Используя обработанный материал по средним высотам бассейнов, значению нормы осадков по ним и фактически измеренному стоку рек, можно построить график зависимости коэффициента стока от высоты бассейнов.

Фактические данные, необходимые для построения такого графика, имеются для территории Армянской ССР всего лишь

по одиннадцати бассейнам. При этом средние высоты указанных бассейнов находятся в интервале от 2000 до 2600 м над уровнем моря, т. е. амплитуда колебания отметок бассейнов достигает всего лишь около 600 м. Такая амплитуда не позволяет построить картограмму стока по территории в целом, так как высоты различных местностей Армении колеблются в значительно более широком диапазоне — от 500 до 4100 м.

Расширение интервала средних высот бассейнов путем привлечения дополнительных данных в настоящее время невозможно, ибо на территории Армении не имеется гидрометрически изученных бассейнов, средняя высота которых превосходила бы 2600 м или была ниже 2000 м. Таким образом, мы имеем необходимые данные для построения графика коэффициента стока лишь в пределах центрального его участка, очертания же нижней и верхней ветвей должны быть установлены какими-то иными путями.

Для решения этой задачи мы используем уравнение водного баланса

$$x_0 = y_0 + z_0,$$

где  $x_0$  — средний многолетний слой осадков,

$y_0$  — средний многолетний слой стока,

$z_0$  — средний многолетний слой суммарного испарения.

Так как величина суммарного испарения может быть определена самостоятельно без уравнения водного баланса, как это показано в главе IV, то имеется возможность вычислить коэффициенты стока для любого характерного пункта территории по формуле:

$$\eta = \frac{x - z}{x}.$$

Полученные таким способом данные позволяют построить верхнюю и нижнюю части графика связи коэффициента стока с высотой местности. Результаты расчета приводятся в табл. 9.

Таблица 9

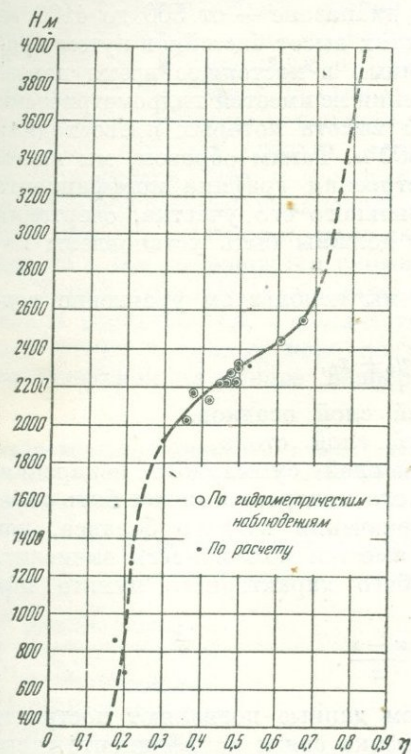
Вычисленные значения коэффициента стока в некоторых характерных пунктах территории Армении

| Абсолютная<br>высота пункта, м | Коэффициент<br>стока | Абсолютная<br>высота пункта, м | Коэффициент<br>стока |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| 3229                           | 0,76                 | 1254                           | 0,22                 |
| 2310                           | 0,53                 | 862                            | 0,19                 |
| 1918                           | 0,30                 | 691                            | 0,21                 |



## § 4. Построение и анализ графика среднего многолетнего коэффициента стока

График зависимости между средним многолетним коэффициентом стока и высотой местности, построенный на основе приведенных в таблицах 8 и 9 данных, изображен на фиг. 17.



Фиг. 17. Связь коэффициента стока ( $\gamma$ ) с высотой местности ( $H$ ).

○ — по гидрометрическим наблюдениям;  
• — по расчету.

здесь незначителен и также почти не формирует стока. Вторым участком графика охватывают местности с отметками от 1800 до 2700 м. Здесь коэффициент стока меняется быстро; с увеличением отметки от 1800 до 2700 м коэффициент увеличивается от 0,28 до 0,70. На территории Армянской ССР количество осадков интенсивно возрастает с увеличением высоты местности. Это обстоятельство содействует повышению коэффициента стока; с другой стороны, однако, прирост

На графике можно выделить три характерных участка. Первый участок, охватывающий абсолютные высоты приблизительно от 500 до 1800 м, характеризуется малыми значениями коэффициента стока (от 0,18 до 0,28), очень медленно возрастающими с увеличением отметки местности. Линия зависимости близка в этом интервале к прямой, т. е. имеет почти постоянный градиент. Относительно малые значения коэффициента стока в этой зоне объясняются сухим и жарким климатом низко расположенных частей территории Армении. Небольшое количество выпадающих осадков под влиянием высокой температуры воздуха быстро испаряется; вследствие этого водосборы, расположенные в пределах рассматриваемой высотной зоны, дождевого питания почти не получают. Снеговой покров

стока как разности прихода и потерь влаги в рассматриваемом интервале отметок должен был бы иметь тенденцию к уменьшению, так как потери на испарение достигают максимума именно во второй высотной зоне. Влияние этого фактора компенсируется, однако, увеличением подземного стока. В результате суммарный сток в рассматриваемом интервале отметок интенсивно возрастает. Правильность такой гипотезы подтверждается данными, приведенными в предыдущих главах настоящей работы. При исследовании геологического и гидрогеологического строения территории было показано, что большинство родников, выходящих из контакта коренных пород, находится в этой высотной зоне.

Третий участок кривой охватывает местности с отметками от 2700 м и выше. Интенсивность увеличения коэффициента стока здесь меньше, чем во второй, но больше, чем в первой высотной зоне.

Для построения кривой на этом участке были использованы данные теоретического расчета коэффициента стока, проведенного изложенным выше методом. В зоне отметок, превышающих 3200 м, за неимением данных метеорологических наблюдений, кривая нанесена пунктиром. Интенсивность возрастания коэффициента стока к этой зоне уменьшается, так как величина его приближается к физическому пределу — единице. Кроме того, в этой зоне расположены трещиноватые вулканические породы, которые поглощают значительную часть поверхностного стока и пропускают воду через контактный слой в нижерасположенные слои.

## § 5. Картограмма нормы стока территории Армении

Первая попытка составления картограммы нормы стока для территории Армении принадлежит В. К. Давыдову. Еще в 1933 г. к статье В. К. Давыдова и Л. А. Владимирова «Основные контуры водного баланса Армении», помещенной в Записках Государственного гидрологического института, т. X, была приложена карта распределения стока на территории Армении. Эта карта основывалась на гидрометрических наблюдениях за период всего лишь с 1925 по 1931 г. Данные таких наблюдений имелись в то время по 35 пунктам. Из них, однако, сведения только по четырем пунктам измерения стока охватывали весь пятилетний отрезок. В число 35 гидрометрических пунктов, принятых за основу при построении картограммы стока, входили преимущественно реки Севанского бассейна. Связь между высотой местности и средним значением модуля стока была установлена лишь по десяти пунктам, причем на графике, изображающем эту связь, шесть точек значительно отклонились от принятой зависимости.



Проделанная В. К. Давыдовым работа имеет в настоящее время преимущественно историческое значение. Его картограмма нормы стока на пространстве территории, отличающейся столь сложным рельефом и разнообразным ландшафтом, при отсутствии в распоряжении исследователя достаточного исходного материала, могла дать лишь общее представление о водных ресурсах Армении, но не детальную картину распределения стока. Наряду с этим нужно отметить, что В. К. Давыдов избрал методически правильный путь решения поставленной задачи, используя связь между высотой бассейна и коэффициентом стока. Однако, как указывалось выше, не располагая достаточными материалами, он был вынужден чрезмерно схематизировать эту зависимость, принимая ее линейной в пределах всего диапазона высоты местности.

Проведенный нами анализ связи между высотой бассейна и количеством атмосферных осадков, с одной стороны, и между коэффициентом стока и высотой, с другой, — дает нам возможность построить картограмму нормы стока. Для составления карты нормы стока и были использованы картограмма нормы осадков (карта изогий) и график зависимости среднего коэффициента стока от высоты местности. Пользуясь этими построениями, мы определили для 115 характерных пунктов территории величины нормы осадков и среднего многолетнего коэффициента стока. Путем перемножения этих величин было вычислено для каждого пункта значение нормы стока, выраженное в слое стока в миллиметрах в год.

Сеть из 115 характерных пунктов достаточна для составления карты нормы стока в пределах территории республики. Такая карта изображена на фиг. 18.

Картограмма нормы стока, построенная нами для Армянской ССР, позволяет охарактеризовать водоносность территории. В среднем для республики норма стока составляет около 300 мм/год слоя или при переводе в модуль стока 9,5 л/сек. км<sup>2</sup>.

Наиболее обилен водой район Мокрых гор (верховья бассейна р. Дзорагет), где норма стока достигает 700 мм/год (25 л/сек. км<sup>2</sup>). Самой низкой водоносностью отличается долина Аракса; здесь норма стока снижается до 45 мм/год (1,5 л/сек. км<sup>2</sup>).

Поскольку, как мы указывали, территория Армянской ССР составляет 30 тыс. км<sup>2</sup>, постольку объем воды, стекающей в среднем за год в сумме по всем рекам республики, достигает округленно 9 млрд. м<sup>3</sup> (9 км<sup>3</sup>).

Для сопоставления полученных значений нормы стока с фактическими величинами ее по бассейнам рек Армении мы определили по карте норму стока в отдельности для каждого бассейна, в котором производились гидрометрические



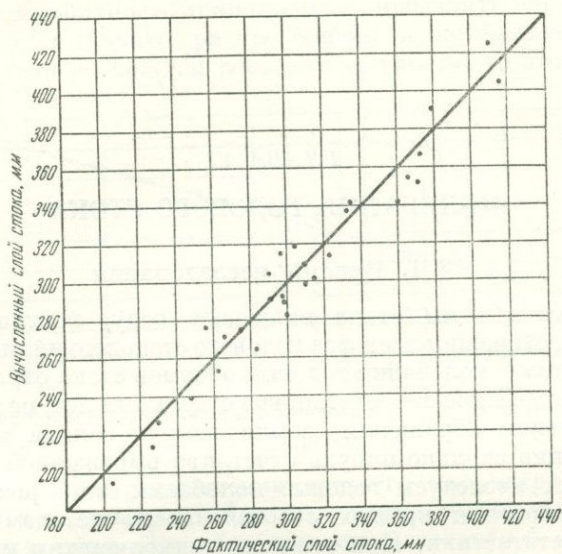


Фиг. 18. Карта распределения стока на территории Армянской ССР



наблюдения, а также для частей бассейнов, расположенных между двумя гидрометрическими створами.

Параллельно для тех же бассейнов слой стока был определен по данным фактических измерений. Результаты сопоставления изображены на фиг. 19. Расхождение между фак-



Фиг. 19. Сопоставление вычисленных и фактических величин слоя стока.

тическими величинами стока и подсчитанными предлагаемым способом, как это видно из фиг. 19, не превышают 10%.

Приемлемая точность достигается, даже для малых бассейнов, площадью в несколько десятков квадратных километров. Разность между фактическим и расчетным слоем стока для всей территории в целом меньше, чем для отдельных бассейнов, и составляет лишь 2%.

## ГЛАВА VI

### КОЛЕБАНИЯ ГОДОВОГО СТОКА

#### § 1. Приемы исследования

Годовые объемы стока включают воду, поступающую в реку на протяжении всех фаз годового стокового цикла. Соответственно этому колебания годовых объемов стока отражают различия в климатической обстановке отдельных лет, не являющиеся следствием обращения земли вокруг солнца и не обнаруживающие сколько-нибудь отчетливо выраженной периодичности. Мы исследуем годовые колебания стока рек Армении путем построения кривых обеспеченности методами математической статистики. При этом мы применяем тип кривых распределения вероятностей, предложенный С. Н. Крицким и М. В. Менкелем.

Широко распространенную в практике гидрологических расчетов биномиальную кривую мы считаем не вполне соответствующей характеру колебаний стока рек Армянской ССР.

Известно, что биномиальная кривая жестко закрепляет отношение коэффициентов асимметрии и вариации. При совпадении начала кривой с нулем  $C_s/C_v = 2$ ; если же отношение  $C_s/C_v < 2$ , то ординаты кривой обеспеченности, начиная с определенной точки, становятся отрицательными. Данные анализа материалов наблюдений, проведенного нами, показывают, что для армянских рек указанные кривые не могут быть приняты, так как отношение  $C_s/C_v \neq 2$ .

Кривые С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля свободны от отмеченного недостатка биномиальных кривых.

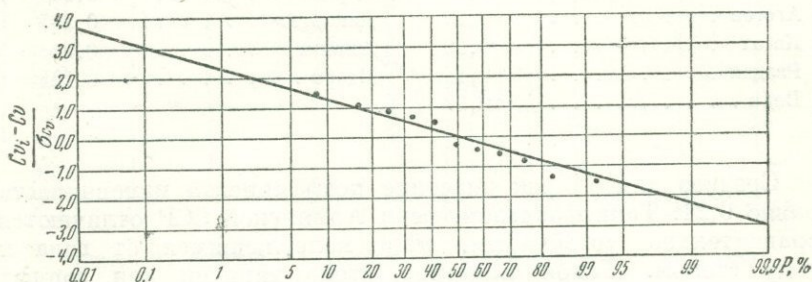
#### § 2. Выборочная оценка параметров кривых обеспеченности годового стока рек на основе гидрометрических материалов

Для построения кривой обеспеченности выбранного типа необходимо определить три параметра их: среднее, коэффи-



циент изменчивости и коэффициент асимметрии. При анализе исходных гидрометрических материалов мы видели, что число членов в каждом гидрометрическом ряду для рек Армении колеблется от 12 до 22.

Не трудно заметить, что если указанный исходный материал дает возможность приблизительно определить первые два параметра, т. е. центр распределения и коэффициент изменчивости стока по каждой реке в отдельности, то этот материал



Фиг. 20. Кривая обеспеченности отклонения  $C_{vi} - C_v$  в долях стандартных ошибок.

недостаточен для определения третьего параметра, т. е. коэффициента асимметрии. Для его оценки нужно большее число членов в ряду. Это обстоятельство заставляет нас использовать результат совместного изучения выборок, объединенных по группам рек. Совместное рассмотрение материалов по группам гидрологически сходных водосборов дает нам возможность не только определить коэффициент асимметрии, но также подкрепить наши оценки первых двух параметров. При совместном анализе данных по группам рек нужно исключить из рассмотрения те реки, колебания годовых величин стока которых синхронны, поскольку данные по таким водосборам как бы дублируют друг друга и не увеличивают объема содержащейся в выборке информации. Для оценки степени синхронности стока нами были вычислены коэффициенты корреляции между относящимися к одним и тем же календарным годам величинами стока для ряда сгруппированных попарно рек.

Одна из каждой пары рек, которые дали коэффициент корреляции больше 0,60, была исключена из объединенной выборки. Таким образом, в общей совокупности имеем 11 несинхронных по годовому стоку рек, по которым в сумме имеются 183 года наблюдений.

Значения коэффициентов изменчивости годового стока этих рек, оцененные по имеющимся данным, приведены ниже.

Таблица 10

| Река             | Коэффициент изменчивости годового стока | Река               | Коэффициент изменчивости годового стока |
|------------------|-----------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| Памбак . . . . . | 0,16                                    | Арпа . . . . .     | 0,25                                    |
| Ахурян . . . . . | 0,20                                    | Воротан . . . . .  | 0,48                                    |
| Агстев . . . . . | 0,19                                    | Дзгнагет . . . . . | 0,23                                    |
| Касах . . . . .  | 0,26                                    | Адияман . . . . .  | 0,24                                    |
| Раздан . . . . . | 0,15                                    | Мазра . . . . .    | 0,19                                    |
| Веди . . . . .   | 0,27                                    |                    |                                         |

Среднее для 11 рек значение коэффициента изменчивости равно 0,21. Таким образом, реки Армянской ССР отличаются сравнительно устойчивым, мало колеблющимся от года к году стоком. Такой характер стока типичен для горных рек, истоки которых расположены высоко в горах, в зоне относительно прохладного и не подверженного засухам климата.

Объем материала наблюдений, имеющегося в совокупности по 11 отобраным водосборам, создает возможность приближенной выборочной оценки коэффициента асимметрии. При оценке этого параметра по данным группы рек естественно воспользоваться широко распространенным в гидрологической практике предположением о том, что коэффициент асимметрии связан с коэффициентом вариации законом прямой пропорциональности. Выполнив соответствующие расчеты, мы установили, что в среднем по рассматриваемой группе водосборов отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту изменчивости приблизительно равно  $\frac{C_s}{C_v} \approx 1,5$ .

Это соотношение и принимается нами при дальнейших исследованиях.

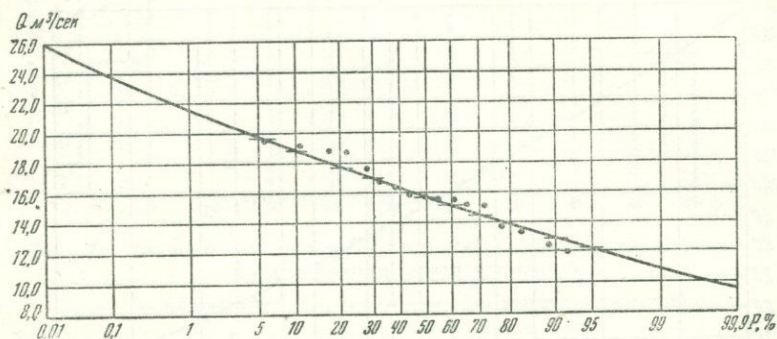
### § 3. Кривые обеспеченности стока рек Армянской ССР и их анализ

Таким образом, мы установили первые три параметра кривой обеспеченности для 11 рек, обладающих достаточными гидрометрическими материалами. При заданном типе кривой обеспеченности и его параметров  $Q_0$ ,  $C_{vy}$  и  $C_{sy}$  построение указанных кривых по отдельным рекам не представляет трудности. Кривые обеспеченности среднегодовых расходов воды трех

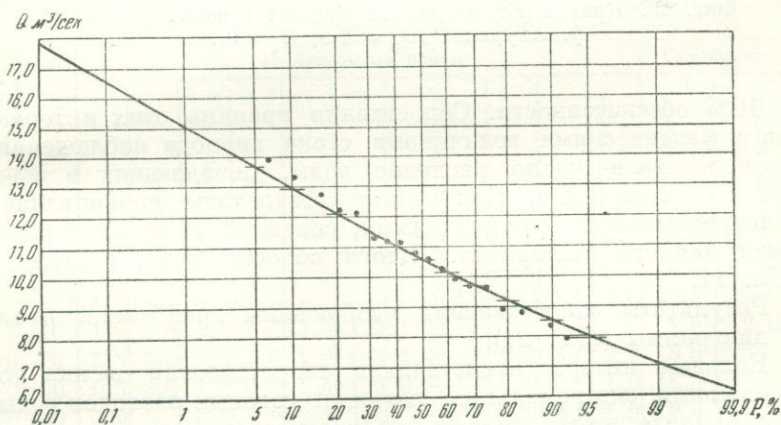


из одиннадцати рассматриваемых водотоков изображены на фиг. 21, 22, 23.

Накладывая на тот же чертеж фактические среднегодовые расходы, мы убеждаемся в том, что точки хорошо совме-



Фиг. 21. Кривая обеспеченности средних годовых расходов  
р. Раздан  $C_s/C_v = 1,5$ ;  $C_v = 0,15$ .

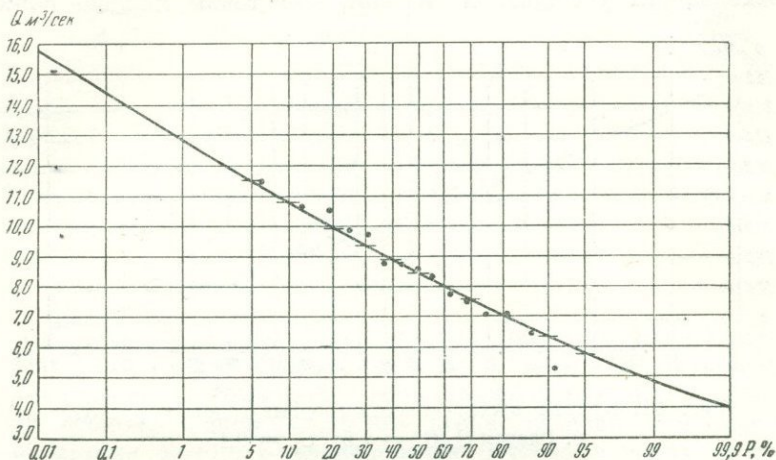


Фиг. 22. Кривая обеспеченности средних годовых расходов  
р. Памбак  $C_s/C_v = 1,5$ ;  $C_v = 0,16$ .

щаются с теоретическими кривыми. Этот факт, в известной мере, подтверждает правильность выбора типа кривой обеспеченности.

Для более детального анализа применимости принятого типа кривой к изучению колебаний годового стока рек Армении была проведена оценка соответствия эмпирических

частот теоретическим вероятностям по интервалам обеспеченности. Для этого каждую из кривых мы разделили на одинаковые интервалы: верхние и нижние участки по 5%, остальные



Фиг. 23. Кривая обеспеченности средних годовых расходов р. Ахурия  $C_s/C_v = 1,5$ ;  $C_v = 0,20$ .

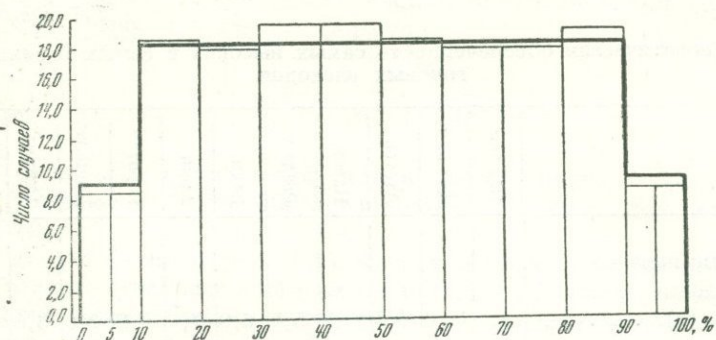
по 10% обеспеченности. Сопоставляя границы этих интервалов с фактическими величинами стока периода наблюдений, мы подсчитали число расходов воды, попадающих в каждый из интервалов. Полученные результаты сравнивались с теоретическими численностями, соответствующими вероятности данного интервала. Итоги сопоставления сведены в табл. 11.

Результаты сопоставления изображены графически в виде диаграммы (фиг. 24).

Большой интерес представляет теоретическая оценка повторяемости экстремальных значений годовых расходов воды. При анализе этого вопроса мы рассмотрели самые высокие и самые низкие годовые расходы воды каждой из 11 рек. В каждую из выборок (высоких и низких расходов) вошло по 11 наблюдений. С помощью кривых обеспеченности мы определили теоретические обеспеченности каждого из зарегистрированных на реках экстремальных расходов. Результаты этого расчета сведены в табл. 12.

Располагая полученные величины обеспеченности в убывающем порядке, мы получили ряды чисел, приводимых в табл. 13 для самых низких и в табл. 14 для самых высоких расходов воды. В тех же таблицах приведены значения «обес-





Фиг. 24. Значение численностей средних годовых расходов воды по интервалам обеспеченностей.

— по наблюдениям, — по теоретическим кривым.

Таблица 11

Распределение средних годовых расходов воды по интервалам обеспеченности

| Интервал обеспеченности, % | Число расходов воды |        |          |        |       |        |      |      |         |       |                          | Суммарное      |                         |
|----------------------------|---------------------|--------|----------|--------|-------|--------|------|------|---------|-------|--------------------------|----------------|-------------------------|
|                            | По отдельным рекам  |        |          |        |       |        |      |      |         |       |                          |                |                         |
|                            | Ахурян              | Памбак | Дзоратет | Агстев | Касах | Раздан | Азат | Арпа | Воротан | Вохчи | Рени Севанского бассейна | По наблюдениям | По теоретическим кривым |
| < 5                        | 1                   | —      | 0,5      | 1,0    | —     | —      | —    | 2,0  | 2,0     | 1,0   | 1,0                      | 8,5            | 9,15                    |
| 5—10                       | 1                   | 1,0    | 1,5      | —      | 2,5   | 1,0    | 1,0  | —    | —       | 0,5   | —                        | 8,5            | 9,15                    |
| 10—20                      | 2,5                 | 2,0    | 3,0      | 1,0    | 1,0   | 1,0    | 1,0  | —    | 3,5     | 3,0   | 2,0                      | 18,0           | 18,3                    |
| 20—30                      | 0,5                 | 2,0    | 2,0      | 4,0    | 1,5   | 1,0    | 2,0  | 3,0  | 1,0     | 0,5   | 1,0                      | 18,5           | 18,3                    |
| 30—40                      | 3,0                 | —      | 2,0      | 2,0    | 2,0   | 1,0    | 2,5  | 2,0  | 1,0     | 3,0   | 1,0                      | 19,5           | 18,3                    |
| 40—50                      | 1,5                 | 3,0    | 1,0      | 1,5    | 1,5   | 1,0    | 1,5  | 2,5  | 2,0     | 1,0   | 1,0                      | 19,5           | 18,3                    |
| 50—60                      | 1,5                 | 1,0    | 2,0      | 3,0    | 3,0   | 1,0    | —    | 1,5  | 2,5     | 2,0   | 1,0                      | 18,5           | 18,3                    |
| 60—70                      | 2,0                 | 1,0    | 1,5      | 2,5    | 1,5   | 1,5    | 1,0  | 1,0  | 3,0     | 2,0   | 1,0                      | 18,0           | 18,3                    |
| 70—80                      | 1,0                 | 2,0    | 2,5      | 2,5    | 0,5   | 1,5    | —    | 4,5  | 2,0     | —     | 1,5                      | 18,0           | 18,3                    |
| 80—90                      | 2,0                 | 2,0    | 2,0      | 2,0    | 1,5   | —      | 2,5  | 1,5  | 2,0     | 1,5   | 2,0                      | 19,0           | 18,3                    |
| 90—95                      | 1,5                 | —      | 1,0      | 0,5    | 1,0   | —      | 0,5  | 1,0  | 1,0     | 1,5   | 0,5                      | 8,5            | 9,15                    |
| > 95                       | 0,5                 | 1,0    | 1,0      | 1,0    | 1,0   | 1,0    | 1,0  | —    | 1,0     | 1,0   | —                        | 8,5            | 9,15                    |
| Сумма                      | 18                  | 15     | 20       | 21     | 17    | 10     | 13   | 19   | 21      | 17    | 12                       | 183            | 183                     |

Таблица 12

**Теоретическая обеспеченность самых высоких и самых низких годовых расходов**

|                                             | Памбак | Ахурия | Агтев | Касах | Раздан | Веди | Арпа | Воротан | Дзгнатур | Адиаман | Масрик |
|---------------------------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|------|------|---------|----------|---------|--------|
| Самые высокие годовые расходы (р) . . . . . | 4,0    | 5,0    | 4,5   | 0,9   | 5,5    | 6,0  | 7,0  | 0,8     | 2,0      | 3,0     | 1,0    |
| Самые низкие годовые расходы (р) . . . . .  | 95,0   | 98,2   | 97,5  | 99,2  | 96,2   | 98,0 | 96,8 | 91,5    | 98,5     | 96,5    | 91,0   |

Таблица 13

**Расположение в убывающем порядке теоретических обеспеченностей самого высокого годового расхода**

|                                              | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|----------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Теоретическая обеспеченность (р) . .         | 0,8 | 0,9  | 1,0  | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 4,5  | 5,0  | 5,5  | 6,0  | 7,0  |
| Обеспеченность обеспеченностей (Р) . . . . . | 8,3 | 16,7 | 25,0 | 33,3 | 41,7 | 50,0 | 58,3 | 66,7 | 75,0 | 83,3 | 91,7 |

Таблица 14

**Расположение в убывающем порядке теоретических обеспеченностей самого низкого годового расхода**

|                                              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Теоретическая обеспеченность (р) . .         | 99,2 | 98,5 | 98,2 | 98,0 | 97,5 | 96,8 | 96,5 | 96,2 | 95,0 | 91,5 | 91,0 |
| Обеспеченность обеспеченностей (Р) . . . . . | 91,7 | 83,3 | 75,0 | 66,7 | 58,2 | 50,0 | 41,7 | 33,3 | 25,0 | 16,7 | 8,3  |



печенности обеспеченностей» членов рядов экстремальных величин, вычисленные по формуле

$$P_m = \frac{m}{N+1} = \frac{m}{12}.$$

Здесь  $m$  — порядковый номер члена ряда, размещенного в убывающем (для обеспеченностей — в возрастающем) порядке;

$N=11$  — число рек, включенных в объединенную выборку.

Закон распределения вероятностей указанных обеспеченностей может быть установлен теоретическим путем; как известно, он выражается формулами:

$$\text{для высоких расходов } 1 - P = (1 - p)^n,$$

$$\text{для низких расходов } P = p^n.$$

Здесь  $P$  — так называемая «обеспеченность обеспеченностей», т. е. вероятность того, что в составе выборки из 11 членов экстремальная, самая высокая (или самая низкая) величина превысит значение, соответствующее в каждом отдельном году обеспеченности  $p$ .

$$\text{В нашем случае } n = \frac{183}{11} \approx 17.$$

Используя связи между  $P$  и  $p$ , мы вычислили координаты кривых «обеспеченности обеспеченностей». Порядок расчета ясен из табл. 15.

Для построения кривой обеспеченности обеспеченностей самых высоких из числа средних годовых расходов каждой выборки была использована клетчатка вероятностей. По оси абсцисс откладывалась обеспеченность обеспеченностей  $P$ , а по оси ординат теоретическая обеспеченность  $p$  экстремальных расходов воды. Для наглядности масштаб ординат был принят логарифмическим. С целью сопоставления на тот же чертеж были нанесены одиннадцать величин обеспеченности, соответствующие фактическим экстремальным расходам воды одиннадцати рек (см. фиг. 25 и 26).

Как видно из фиг. 25, расположение точек удовлетворительно совпадает с теоретической кривой. На фиг. 26 аналогичное построение представлено для низких расходов. Результат этого анализа также удовлетворителен.

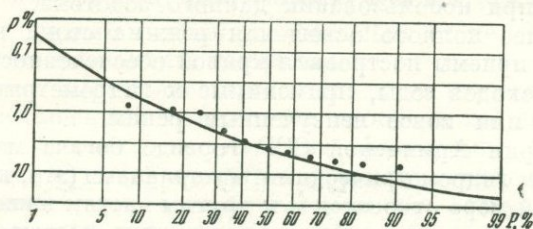
Координаты кривой обеспеченности обеспеченностей

|                          | 1                                | 2                                | 3                                | 4                                | 5                                | 6                                | 7                                |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| $P$                      | 0,01                             | 0,10                             | 0,30                             | 0,50                             | 0,70                             | 0,90                             | 0,99                             |
| $\lg P$                  | $\overline{2},00000$<br>—2,00000 | $\overline{1},00000$<br>—1,00000 | $\overline{1},47712$<br>—0,52288 | $\overline{1},69897$<br>—0,30103 | $\overline{1},84510$<br>—0,15490 | $\overline{1},95424$<br>—0,04576 | $\overline{1},99564$<br>—0,00436 |
| $\lg P/n$                | —0,11765<br>$\overline{1},88235$ | —0,05882<br>$\overline{1},94118$ | —0,03076<br>$\overline{1},96924$ | —0,01771<br>$\overline{1},98229$ | —0,00911<br>$\overline{1},99089$ | —0,00269<br>$\overline{1},99731$ | —0,00026<br>$\overline{1},99974$ |
| доли<br>единицы<br>$P$ % | 0,7627<br>76,27                  | 0,8733<br>87,33                  | 0,9316<br>93,16                  | 0,9600<br>96,00                  | 0,9792<br>97,92                  | 0,9938<br>99,38                  | 0,9994<br>99,94                  |
| $(1-p)$ %                | 23,73                            | 12,67                            | 6,84                             | 4,00                             | 2,08                             | 0,62                             | 0,06                             |

Примечание. При вычислении координат кривых обеспеченности обеспеченностей учтено то обстоятельство, что мы размещаем в убывающем порядке экстремальные расходы воды; соответствующие им обеспеченности размещаются при этом в возрастающем порядке. Понятно, что вероятности превышения расходов воды приобретают смысл вероятностей непревышения их обеспеченностей.

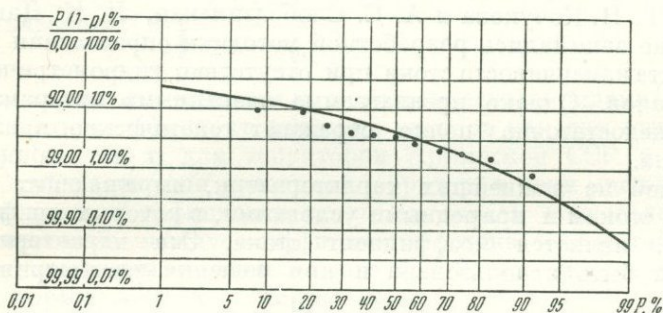


Несмотря на то, что уравнение теоретической кривой содержит лишь один эмпирически устанавливаемый параметр (число



Фиг. 25. Кривая «обеспеченности обеспеченностей» самых высоких из числа средних годовых расходов каждой выборки.  $1 - P = (1 - p)^n$ .

объектов-рек, 11), в остальном же опирается на теоретические соображения, сопоставление дает, как мы видели, неплохие результаты.



Фиг. 26. Кривая «обеспеченности обеспеченностей» самых низких из числа средних годовых расходов каждой выборки.  $P = p^n$ .

Основываясь на этом, мы можем признать, что пригодность выбранных типов кривых обеспеченности для изображения экстремальных участков закона распределения вероятностей подтверждается.

#### § 4. Определение параметров кривых обеспеченности при отсутствии гидрометрических измерений

Как мы видели из главы V, определение среднего годового стока для любого речного бассейна, расположенного на территории Армянской ССР, не представляет трудности. Имея карту нормы стока, с помощью планиметрирования мы можем

определить среднюю многолетнюю величину стока. Однако эта характеристика недостаточна для решения вопросов, возникающих при использовании данного водотока.

Для более полного освещения режима стока необходимо выработать приемы построения кривой обеспеченности средних годовых расходов воды, применимые к гидрометрически мало изученным или вовсе неизученным рекам.

Территория Армянской ССР гораздо богаче метеорологическими, чем гидрометрическими, материалами (это, как мы знаем, в равной мере относится и к другим частям нашей страны). Используя метеорологические данные, мы получаем возможность наметить приемы оценки характеристик стока гидрометрически неизученных водотоков. К числу характеристик, помимо нормы стока, относится коэффициент изменчивости годовых объемов стока. В настоящем параграфе мы попытаемся уточнить географическое распределение этого параметра.

Советские ученые Д. Л. Соколовский, С. Н. Крицкий, М. Ф. Менкель, Б. Д. Зайков, М. Б. Мялковский, Н. Д. Антонов, Т. Н. Кочукова и А. С. Слободзинская, Л. К. Давыдов и другие занимались разработкой методики определения коэффициента изменчивости стока при отсутствии гидрометрических материалов. Однако предлагаемые названными авторами методы недостаточно полно отражают генетические признаки бассейна.

Одной из важнейших характеристик, выражающих связь между стоком и природными условиями, в которых он формируется, является коэффициент стока. Эта характеристика должна быть использована и при решении рассматриваемой задачи.

Генезис и характер географического распределения коэффициента изменчивости величин годового стока рек наиболее полно отражает структура формулы, предложенной Л. К. Давыдовым. Л. К. Давыдов, исходя из известной формулы водного баланса

$$y = x - z_0,$$

где  $y$  — годовой сток,

$x$  — годовое количество осадков,

$z_0$  — годовое испарение с водосбора, исправленное на величину накопления или расходования влаги в бассейне в данном году,

и исходя из уравнения регрессии между тремя переменными, теоретическим путем получил соотношение:

$$C_{vy} = \frac{C_{vx}}{\eta} \sqrt{\frac{1 - r_{xz_0}^2}{1 - r_{yz_0}^2}}.$$



Здесь  $C_{vy}$  — коэффициент изменчивости годового стока,  
 $C_{vx}$  — коэффициент изменчивости годовой суммы осадков,  
 $\eta$  — средний годовой коэффициент стока,  
 $r_{xz_0}$  и  $r_{yz_0}$  — коэффициенты корреляции.

Указанное выражение представляет в теоретическом отношении несомненный интерес для установления связи между изменчивостью стока и главными факторами, влияющими на него. Однако тот факт, что в формулу входят компоненты водного баланса, определение которых для неизученного бассейна невозможно, затрудняет ее практическое использование. Мы должны устранить этот недостаток формулы и наметить пути к применению ее в гидрологических расчетах.

Как видно из формулы, для определения коэффициента вариации стока нужно определить:

- а) коэффициент изменчивости суммы осадков  $C_{vx}$ ,
- б) коэффициент стока  $\eta$  и

в) параметр  $A = \sqrt{\frac{1 - r_{xz_0}^2}{1 - r_{yz_0}^2}}$ .

Пользуясь имеющимися метеорологическими рядами, можно установить коэффициент вариации осадков как для отдельных бассейнов, так и для территории Армянской ССР в целом. Подобный расчет для указанной территории нами сделан. Для определения коэффициента стока мы можем воспользоваться зависимостями между коэффициентом стока и высотой местности, полученными нами в главе V, § 3, или же картограммами нормы осадков и нормы стока.

Более сложно обстоит дело с определением параметра  $A$ . Как видно из формулы, для определения параметра  $A$  нужно знать коэффициенты корреляции  $r_{xz_0}$  и  $r_{yz_0}$ . Установить их невозможно для неизученного бассейна. Это обстоятельство заставило нас отказаться от непосредственного вычисления параметра  $A$ . Параметр  $A$  можно представить так:

$$A = \frac{C_{vy}}{C_{vx}} \eta.$$

Коэффициент вариации стока для территории Армении в целом  $C_{vy} = 0,21$ , а коэффициент вариации осадков той же территории  $C_{vx} = 0,19$ .

Коэффициент вариации стока и коэффициент вариации осадков относительно мало изменяются по территории. Сравнительно большие колебания имеет коэффициент стока  $\eta$ . Если обратиться к значениям коэффициента стока рек Армении

(см. табл. 8), то можно заметить, что последние разделяются на две группы: Северную и Южную.

Коэффициенты стока рек, расположенных в северной части территории, колеблются от 0,36 до 0,47; средняя величина их

$$\eta_{\text{сев}} = 0,41.$$

Коэффициенты стока рек, расположенных в южной части сравнительно высоки и колеблются от 0,48 до 0,67, составляя в среднем  $\eta_{\text{юж}} = 0,54$ . Пользуясь значениями  $C_{vy}$ ,  $C_{vx}$  и  $\eta$ , находим следующие региональные значения параметра  $A$ :

Для северной части территории:

$$A_c = \frac{\bar{c}_{vy}}{\bar{c}_{vx}} \bar{\eta}_c = \frac{0,21}{0,19} \cdot 0,41 \approx 0,4.$$

Для южной части территории:

$$A_{\text{ю}} = \frac{\bar{c}_{vy}}{\bar{c}_{vx}} \bar{\eta}_{\text{ю}} = \frac{0,21}{0,19} \cdot 0,54 \approx 0,6.$$

Таким образом, мы установили все необходимые величины для определения коэффициента вариации стока гидрометрически неизученных рек Армянской ССР. Для этой цели служат формулы: для северной части территории

$$C_{vy} = 0,4 \frac{C_{vx}}{\eta} \approx \frac{0,08}{\eta},$$

для южной части территории

$$C_{vy} = 0,6 \frac{C_{vx}}{\eta} \approx \frac{0,12}{\eta}.$$

Для проверки точности предлагаемого метода, мы сопоставили вычисленные теоретически коэффициенты изменчивости с эмпирическими их значениями для рек, по которым имеются достаточные для непосредственного расчета данные гидрометрических наблюдений. Результаты расчета сведены в табл. 16.

Как видно из табл. 16, совпадение результатов непосредственного и косвенного расчетов оказывается вполне удовлетворительным.

Подытоживая сказанное, можно констатировать, что для любого неизученного бассейна предлагаемым



**Определение коэффициента вариации стока**  
(по указанному методу)

| Река                | Параметр А | Коэффициент<br>вариации<br>осадков | Коэффициент<br>стока | Коэффициент<br>вариации<br>стока |       | Разница между<br>теорет. и факт.<br>коэф. вариации<br>стока |
|---------------------|------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------|
|                     |            |                                    |                      | теорет.                          | факт. |                                                             |
| Памбак . . . . .    | 0,4        | 0,16                               | 0,42                 | 0,15                             | 0,16  | —0,01                                                       |
| Ахурян . . . . .    | 0,4        | 0,21                               | 0,45                 | 0,19                             | 0,20  | —0,01                                                       |
| Агстев . . . . .    | 0,4        | 0,18                               | 0,38                 | 0,19                             | 0,19  | 0,00                                                        |
| Касах . . . . .     | 0,4        | 0,21                               | 0,37                 | 0,23                             | 0,26  | —0,03                                                       |
| Раздан . . . . .    | 0,4        | 0,17                               | 0,47                 | 0,14                             | 0,15  | —0,01                                                       |
| Веди . . . . .      | 0,6        | 0,22                               | 0,54                 | 0,25                             | 0,27  | —0,02                                                       |
| Арпа . . . . .      | 0,6        | 0,20                               | 0,49                 | 0,25                             | 0,25  | 0,00                                                        |
| Воротан . . . . .   | 0,6        | 0,17                               | 0,48                 | 0,21                             | 0,18  | +0,03                                                       |
| Дзыкнагет . . . . . | 0,6        | 0,18                               | 0,45                 | 0,24                             | 0,23  | +0,01                                                       |
| Аргичи . . . . .    | 0,6        | 0,22                               | 0,60                 | 0,22                             | 0,24  | —0,02                                                       |
| Масрик . . . . .    | 0,6        | 0,16                               | 0,50                 | 0,19                             | 0,19  | 0,00                                                        |

методом можно установить основные характеристики годового стока, т. е. все параметры, необходимые для построения кривой обеспеченности средних годовых расходов воды. Напомним, что коэффициент асимметрии мы условились принимать  $C_s = 1,5 C_v$ .

Так как параметры кривой обеспеченности, найденные по предлагаемому методу и по фактическим данным, очень близки друг к другу, то мы имеем основание ожидать, что кривая обеспеченности, построенная на основе теоретически вычисленных параметров, будет достаточно близка к действительной.

В качестве подтверждения можно привести следующий пример; одна из рек (Дзорагет), обладающая достаточными данными гидрометрических наблюдений, была нами исключена из числа опорных створов при исследовании годовых колебаний стока ввиду синхронности ее стока с другой рекой. Для бассейна р. Дзорагет по карте нормы стока мы определили слой стока в 332 мм/год.

Средний коэффициент стока равен  $\eta = 0,44$ .

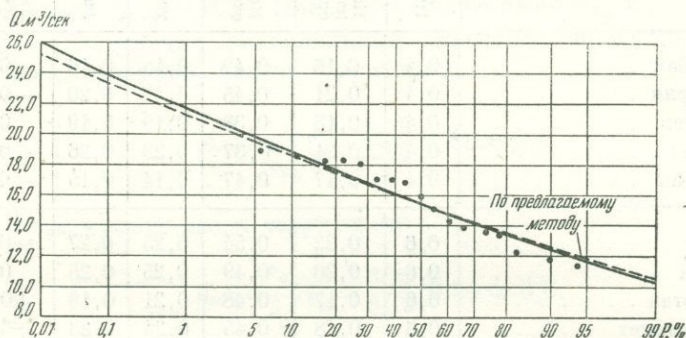
Площадь водосбора реки  $F = 1450 \text{ км}^2$ .

Средний многолетний расход воды получается равным:

$$Q_0 = \frac{0,032hF}{1000} = \frac{0,032 \cdot 332 \cdot 1450}{1000} = 15,4 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Коэффициент изменчивости осадков для р. Дзорагет оценивается величиной:  $C_{vx} = 0,17$ .

Так как указанная река расположена в северной части территории, то  $A = 0,4$ . Следовательно, теоретическое зна-



Фиг. 27. Кривая обеспеченности средних годовых расходов воды р. Дзорагет.  $C_v = 0,16$ ;  $C_s = 1,5 C_v$ .

чение коэффициента изменчивости годового стока для р. Дзорагет равно:

$$C_{vy} = \frac{0,4 C_{rx}}{\eta} = 0,4 \frac{0,17}{0,44} \approx 0,15.$$

Как мы указывали, коэффициент асимметрии стока можно принять равным  $1,5 C_{v_0}$ .

Так как по р. Дзорагет имеются гидрометрические данные, то параметры кривой обеспеченности можно определить также непосредственно. Расчет приведен в табл. 17. Средний многолетний расход воды рассматриваемой реки по фактическим данным за 17 лет равняется—15,5 м³/сек. Коэффициент изменчивости годового стока:

$$C_{vy} = \sqrt{\frac{0,4124}{16}} = 0,16.$$

На основе указанных данных построена кривая обеспеченности годового стока р. Дзорагет по параметрам, полученным предлагаемым методом, и по параметрам, найденным на основе непосредственных наблюдений.



Расчет коэффициента изменчивости годового стока по гидрометрическим материалам р. Дзорагет

| № п.п. | Год  | $Q_i, \text{м}^3/\text{сек.}$ | $K = \frac{Q_i}{Q_0}$ | $K-1$ | $(K-1)^2$ | $p, \%$ | $Q$ в порядке убывания |
|--------|------|-------------------------------|-----------------------|-------|-----------|---------|------------------------|
| 1      | 1932 | 13,8                          | 0,89                  | -0,11 | 0,0121    | 5,6     | 18,8                   |
| 2      | 1933 | 11,3                          | 0,73                  | -0,27 | 0,0729    | 11,1    | 18,5                   |
| 3      | 1934 | 14,1                          | 0,91                  | -0,09 | 0,0081    | 16,7    | 18,2                   |
| 4      | 1935 | 11,8                          | 0,76                  | -0,24 | 0,0576    | 22,2    | 18,2                   |
| 5      | 1936 | 18,2                          | 1,17                  | 0,17  | 0,0289    | 27,8    | 18,0                   |
| 6      | 1937 | 15,9                          | 1,02                  | 0,02  | 0,0004    | 33,3    | 16,9                   |
| 7      | 1938 | 13,3                          | 0,86                  | -0,14 | 0,0196    | 38,9    | 16,9                   |
| 8      | 1939 | 18,0                          | 1,16                  | 0,16  | 0,0256    | 44,4    | 16,8                   |
| 9      | 1940 | 18,8                          | 1,21                  | 0,21  | 0,0441    | 50,0    | 15,9                   |
| 10     | 1941 | 12,2                          | 0,79                  | -0,21 | 0,0441    | 55,6    | 15,0                   |
| 11     | 1942 | 18,5                          | 1,18                  | 0,18  | 0,0324    | 61,1    | 14,1                   |
| 12     | 1943 | 16,8                          | 1,08                  | 0,08  | 0,0064    | 66,7    | 13,8                   |
| 13     | 1944 | 16,9                          | 1,08                  | 0,08  | 0,0064    | 72,2    | 13,6                   |
| 14     | 1945 | 15,0                          | 0,96                  | -0,04 | -0,0016   | 77,8    | 13,3                   |
| 15     | 1946 | 16,9                          | 1,08                  | 0,08  | 0,0064    | 83,3    | 12,2                   |
| 16     | 1947 | 13,6                          | 0,87                  | -0,13 | 0,0169    | 88,9    | 11,8                   |
| 17     | 1948 | 18,2                          | 1,17                  | 0,17  | 0,0289    | 94,4    | 11,3                   |
|        |      | 15,5                          |                       |       | 0,4124    |         |                        |

Из сопоставления этих кривых (фиг. 27) следует, что они существенно не отличаются друг от друга и для практических выводов являются равноценными. Иначе говоря, предлагаемый метод дает приемлемые результаты.

## ГЛАВА VII

### СЕЗОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА

#### § 1. Сезонное распределение стока на основе гидрометрических материалов

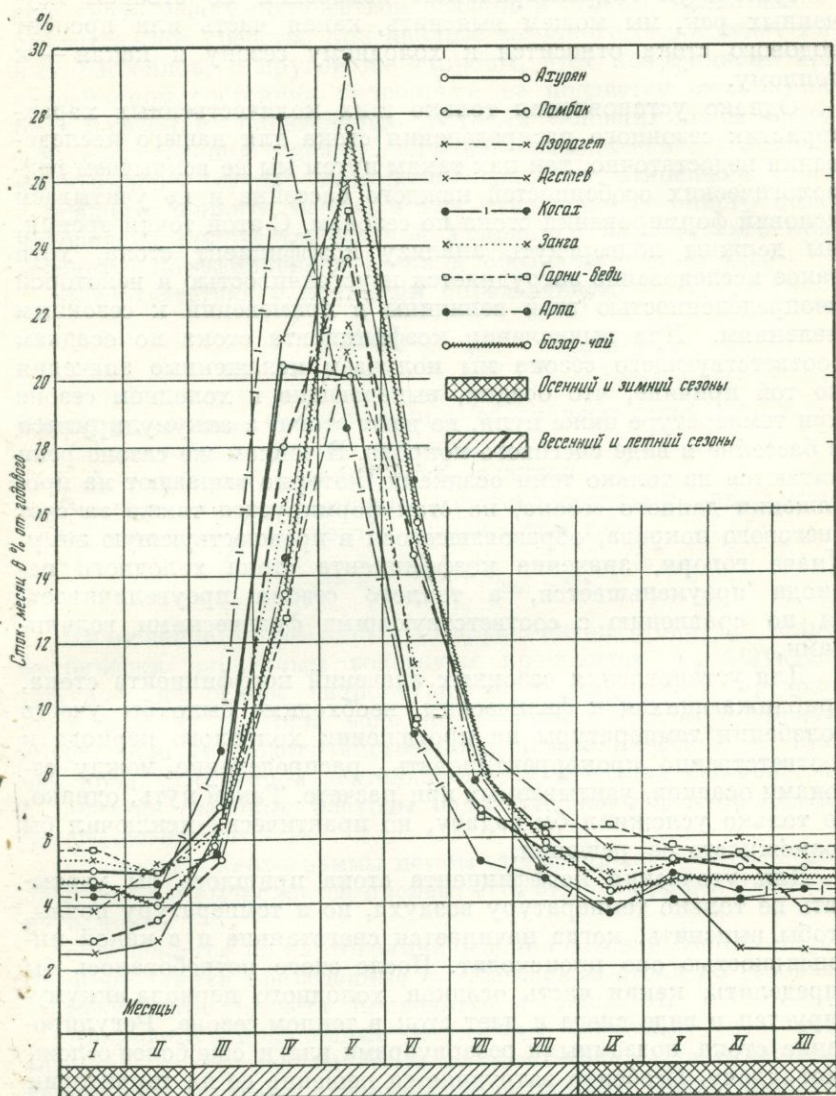
Выделение того или другого отрезка года в качестве гидрологического сезона должно основываться на объединении частей годового цикла, более или менее сходных в отношении режима стока и влияющих на него факторов. В первую очередь год следует разделить на два основных сезона: теплый и холодный. Теплый сезон охватывает полугодие с марта по август. Холодный сезон включает полугодие с сентября по февраль.

На основе гидрометрических материалов нами построены гидрографы некоторых характерных водосборов территории республики, изображенные совместно на фиг. 28. Эти гидрографы показывают, что сток холодного полугодия составляет около 25% от годового, причем отдельные месяцы полугодия сравнительно мало отличаются друг от друга по водоносности рек.

В течение теплого полугодия на реках Армении проходит около 75% годового стока. Находясь в зависимости от условий снеготаяния и выпадения дождей, распределение стока на протяжении теплого полугодия — в противоположность холодному — отличается значительной неравномерностью.

При изучении сезонного распределения стока мы поставим перед собою ту же цель, что и в предыдущих случаях. На основе исследования стока гидрометрически изученных бассейнов, мы наметим приемы установления характеристик сезонного распределения стока неизученных бассейнов. Имеющиеся в нашем распоряжении материалы измерения расходов воды дают нам возможность не только установить количественные характеристики стока, но и раскрыть некоторые зако-





Фиг. 28. Распределение стока рек Армении по месяцам, в процентах годового стока.

номерности, обеспечивающие выбор правильного метода анализа.

Используя гидрометрические измерения по створам изученных рек, мы можем выяснить, какая часть или процент годового стока относится к холодному сезону и какая — к теплому.

Однако установления только этих количественных характеристик сезонного распределения стока для нашего исследования недостаточно, так как таким путем мы не вскрываем гидрологических особенностей каждого бассейна и не учитываем условий формирования стока по сезонам. С этой точки зрения, мы должны подвергнуть анализу коэффициент стока, хотя такое исследование затрудняется неустойчивостью и некоторой неопределенностью этой величины в применении к сезонным явлениям. При вычислении коэффициента стока по осадкам соответствующего сезона мы получаем искаженные значения по той причине, что осадки, выпадающие в холодном сезоне при температуре ниже нуля, не дают стока, а аккумулируются в бассейне в виде снегового покрова. В теплом же сезоне реки питаются не только теми осадками, которые выпадают на протяжении данного сезона, но сток формируется также за счет снегового покрова, образовавшегося в предшествующую зиму. Иначе говоря, значение коэффициента стока холодного периода преуменьшается, а теплого сезона преувеличивается по сравнению с соответствующими физическими величинами.

Для установления сезонных значений коэффициента стока, приближающихся к физическим, необходимо было бы учесть колебания температуры на протяжении холодного периода и соответственно прокорректировать распределение между сезонами осадков, учитываемых при расчете. Такой путь, однако, не только усложнил бы задачу, но практически исключил бы возможность ее решения.

Для уточнения коэффициента стока пришлось бы учитывать не только температуру воздуха, но и температуру почвы, чтобы выяснить, когда начинается снеготаяние и с какой интенсивностью оно происходит. После этого потребовалось бы определить, какая часть осадков холодного периода аккумулируется в виде снега и дает сток в теплом сезоне. Регулирование стока подземными резервуарами влаги еще более осложняет задачу. Особенно затрудняется решение ее на территории Армянской ССР, где изрезанный и сложный горный рельеф почти исключает возможность подробного исследования, во всяком случае при современном состоянии метеорологии. Существующая сеть, к сожалению, не снабжает нас данными, необходимыми для разрешения поставленной задачи (не имеется



материалов снегомерной съемки, нет данных о плотности снега и т. д.). Таким образом, с одной стороны, сезонный коэффициент стока, как гидрологическая характеристика, выражающая связь между количеством осадков и стоком, представляет собою важное средство при анализе сезонного стока неизученных бассейнов, с другой же стороны, этот коэффициент при современном состоянии гидрологии не поддается сколько-нибудь надежному определению. В таких условиях одним из путей исследования может служить определение условного коэффициента стока, понимаемого не как отношение стока к осадкам данного сезона, а как отношение сезонного стока к годовому количеству осадков. Условимся называть его приведенным коэффициентом стока и обозначать через  $\eta_{пр}$ .

В соответствии с принятым определением

$$\eta_{пр. хол} = \frac{y_{хол}}{x_{год}} \quad \text{и} \quad \eta_{пр. теп} = \frac{y_{теп}}{x_{год}}.$$

Здесь:  $y_{хол}$  и  $y_{теп}$  соответственно обозначают слой стока холодного и теплого сезонов,

$x_{год}$  — средний годовой слой осадков.

Заметим, что коэффициент годового стока при посредстве приведенных коэффициентов выражается так:

$$\eta_{год} = \eta_{пр. хол} + \eta_{пр. теп}.$$

Вычисление приведенных коэффициентов стока по гидрометрически изученным водотокам проводится в следующем порядке: на основе гидрометрического материала определяются средние расходы воды по сезонам с учетом поправок, обусловленных водохозяйственной, агротехнической и прочей производственной деятельностью в пределах бассейна;

средние сезонные расходы воды выражаются в процентах от среднегодового;

с помощью картограммы нормы стока определяется годовой слой стока и вычисляется процент его, относящийся к каждому из сезонов;

определяется по картограмме осадков годовой слой осадков; вычисляются приведенные коэффициенты стока по сезонам.

Результаты расчета приводятся в табл. 18.

Анализируя полученные результаты, замечаем, что приведенные коэффициенты стока теплого сезона для отдельных групп рек, имеющих сходные физико-географические условия, близки друг к другу. Отдельную группу составляют южные речные бассейны, покрытые лесом (реки Вохчи и Мегри). Влияние леса, повидимому, настолько велико, что в гидрологическом отношении эти реки отличаются от соседних.

## Величины приведенных коэффициентов сезонного стока

| Река                        | Приведенные коэффициенты стока |              |      |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------|------|
|                             | холодный сезон                 | теплый сезон | год  |
| Ахурян . . . . .            | 0,14                           | 0,31         | 0,45 |
| Памбак . . . . .            | 0,10                           | 0,32         | 0,42 |
| Агстев . . . . .            | 0,06                           | 0,32         | 0,38 |
| Касах . . . . .             | 0,08                           | 0,29         | 0,37 |
| Раздан . . . . .            | 0,15                           | 0,32         | 0,47 |
| Севанский бассейн . . . . . | 0,15                           | 0,35         | 0,50 |
| Веди . . . . .              | 0,16                           | 0,38         | 0,54 |
| Азат . . . . .              | 0,12                           | 0,37         | 0,49 |
| Воротан . . . . .           | 0,12                           | 0,36         | 0,48 |
| Арагацкий массив . . . . .  | 0,16                           | 0,20         | 0,36 |
| Вохчи и Мегри . . . . .     | 0,10                           | 0,43         | 0,53 |

Исследуя физико-географические условия территории и сопоставляя с ними значения приведенных коэффициентов стока, мы получаем возможность районировать изучаемую территорию по признаку величины приведенного коэффициента. Территорию Армении можно разбить на четыре района и для каждого района принять осредненные значения приведенных коэффициентов.

Границы районов и соответствующие им приведенные коэффициенты стока теплого полугодия характеризуются следующими данными.

Для северной части территории, где расположены бассейны рек Ахурян, Памбак, Агстев, Касах и Раздан, на основании данных таблицы 18 значение приведенного коэффициента стока летнего сезона в среднем можно принять 0,31. Все эти речные бассейны являются смежными.

Для центральной части территории, где расположен бассейн оз. Севан и бассейны рек Веди, Азат и Воротан, значение приведенного коэффициента стока теплого сезона можно в среднем принять 0,36 (см. табл.).

Отдельный район составляют западная и южная части Арагацкого массива, где приведенный коэффициент стока теплого сезона снижается до 0,20, что объясняется, во-первых, отсутствием лесного покрова и, во-вторых, большим значением коэффициента инфильтрации.



Последний район охватывает южную часть республики, бассейны рек Вохчи и Мегри, где приведенный коэффициент стока теплого сезона можно принять 0,43. Этот район существенно отличается от центральных районов как значением коэффициента фильтрации, так и лесистостью. Указанные факторы оказывают благоприятное влияние на величину приведенного коэффициента стока.

Приведенные коэффициенты стока холодного сезона могут приближенно определяться как разность  $\gamma_{\text{пр.хол}} = \gamma_{\text{год}} - \gamma_{\text{пр.тепл.}}$ . При пользовании этой зависимостью следует, однако, учитывать, что сток теплого полугодия составляет основную долю годового стока. Поэтому вычисление  $\gamma_{\text{пр.хол}}$  как разности двух близких величин может привести к существенным относительным погрешностям, связанным с недоучетом факторов, определяющих меженный сток, — подземного питания и т. д.

## § 2. Сезонное распределение стока неизученных бассейнов

При исследовании сезонного распределения стока мы выяснили, что приведенные коэффициенты стока можно рассматривать как малоизменяющиеся величины в пределах групп гидрологически сходных рек. Эти обобщенные характеристики позволяют нам, пользуясь аналогией, количественно оценить величины сезонного стока неизученных бассейнов.

Определение величин сезонного стока неизученных бассейнов сводится к следующему:

1. По картограмме осадков устанавливаются средние годовые количества осадков.
2. По картограмме нормы стока определяется годовой слой стока.
3. С помощью этих величин вычисляется коэффициент годового стока.
4. Определяются значения приведенных коэффициентов стока сезонов, причем приведенный коэффициент стока теплого сезона устанавливается по намеченным в предшествующем параграфе региональным характеристикам.

5. Наконец, по приведенным коэффициентам стока и годовым осадкам находят величины сезонного стока.

В качестве примера был проделан расчет по изложенному методу для р. Дзорагет и результаты сопоставлены с данными непосредственных измерений. Итоги сопоставления приведены в табл. 19.

## § 3. Колебания сезонного стока по годам

В настоящем параграфе мы исследуем колебания сезонных объемов стока по годам. Методика исследования аналогична

Сравнение результатов расчета с фактическими данными  
для р. Дзорагет

| Расчетный период         | Слой стока, мм |                                    | Разница,<br>в % |
|--------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------|
|                          | по расчету     | по гидроме-<br>трическим<br>данным |                 |
| Теплый сезон . . . . .   | 238            | 232                                | 3               |
| Холодный сезон . . . . . | 99             | 100                                | 1               |
| Годовой . . . . .        | 337            | 332                                | 2               |

той, которая применена выше при изучении колебаний годовых объемов стока; по данным о колебаниях стока гидрометрически изученных рек вычисляются статистические параметры, по которым строятся кривые обеспеченности стока холодного и теплого сезонов.

Средние многолетние величины этого стока рассмотрены нами выше. Значения коэффициентов изменчивости, вычисленные по водосборам, по которым имеются данные многолетних наблюдений, приводятся в табл. 20.

Коэффициент асимметрии приближенно оцениваем в долях от коэффициента изменчивости по объединенной выборке, составленной из 181 члена, соответственно суммарному числу лет наблюдений по опорным водосборам.

Подсчет показывает, что

$$\frac{C_{s_{\text{хол}}}}{C_{v_{\text{хол}}}} = 3,7 \approx 4,0; \quad \frac{C_{s_{\text{теп}}}}{C_{v_{\text{теп}}}} = 1,62 \approx 2,0.$$

Сопоставляя полученные результаты с коэффициентами изменчивости годового стока, замечаем некоторые закономерности. Из них нужно отметить следующие: коэффициент изменчивости стока теплого сезона всегда больше коэффициента изменчивости годового стока (в среднем на 17%), коэффициенты изменчивости стока холодного сезона меньше коэффициентов изменчивости годового стока в тех случаях, где грунтовое питание сравнительно велико и где приведенные коэффициенты стока холодного сезона сравнительно высоки. На основании последнего положения можно сделать тот вывод, что коэффициент изменчивости стока холодного сезона зависит главным образом от приведенного коэффициента стока. Коэффициенты



Сводная таблица коэффициента изменчивости стока по бассейнам рек Армении

| Бассейн             | Коэффициенты вариации стока |              |      | Отношение $C_v$ теплового сезона к годовому $C_v$ |
|---------------------|-----------------------------|--------------|------|---------------------------------------------------|
|                     | холодный сезон              | теплый сезон | год  |                                                   |
| Памбак . . . . .    | 0,21                        | 0,19         | 0,16 | 1,19                                              |
| Ахуран . . . . .    | 0,13                        | 0,24         | 0,20 | 1,20                                              |
| Агстев . . . . .    | 0,33                        | 0,21         | 0,19 | 1,11                                              |
| Касах . . . . .     | 0,25                        | 0,31         | 0,26 | 1,19                                              |
| Раздан . . . . .    | 0,11                        | 0,19         | 0,15 | 1,26                                              |
| Севанский . . . . . | 0,33                        | 0,25         | 0,22 | 1,14                                              |
| Веди . . . . .      | 0,31                        | 0,31         | 0,27 | 1,15                                              |
| Арпа . . . . .      | 0,37                        | 0,28         | 0,25 | 1,12                                              |
| Воротан . . . . .   | 0,13                        | 0,21         | 0,18 | 1,17                                              |
| Среднее —           |                             |              |      | 1,17                                              |

Примечание. В число опорных водосборов, как и при изучении годовых объемов стока, не включены реки, колебания стока которых характеризуются высокой синхронностью.

асимметрии сезонных объемов стока выше, чем годовых; в особенности это относится к холодному сезону. Эти закономерности определяют пути исследования колебаний сезонного стока неизученных бассейнов.

#### § 4. Колебания сезонного стока неизученных бассейнов

В предыдущем параграфе мы пришли к выводу, что коэффициенты изменчивости стока теплого сезона больше соответствующих годовых коэффициентов изменчивости в среднем на 17%. Следовательно, для получения изменчивости коэффициента стока теплого сезона неизученного бассейна нужно его годовой коэффициент умножить на 1,17. Этот простейший прием мы можем рекомендовать для практических расчетов. Более сложной задачей является определение коэффициента изменчивости стока холодного сезона. Как показывает проделанный анализ, этот коэффициент тесно связан с приведенными коэффициентами сезонного стока. Последнее обстоятельство помогает нам при определении коэффициента изменчивости стока холодного се-

зона использовать формулу

$$C_{vy} = \frac{AC_{vx}}{\eta}$$

Решая это равенство относительно параметра  $A$  и используя данные изученных бассейнов имеем:

$$A = \frac{\eta_{\text{пр}} C_{vy\text{хол}}}{C_{vx}},$$

где  $\eta_{\text{пр}}$  — приведенный коэффициент стока холодного сезона,  
 $C_{vy\text{хол}}$  — коэффициент изменчивости стока холодного сезона,  
 $C_{vx}$  — коэффициент изменчивости годовых осадков.

Все величины, входящие в указанную формулу, для изученной реки известны. Вместо коэффициента изменчивости осадков холодного сезона мы использовали коэффициент изменчивости годовых осадков. Можно было бы по метеорологическим материалам определить коэффициенты изменчивости осадков холодного сезона, но в этом нет необходимости, так как сезонный коэффициент изменчивости осадков, как правило, мало отличается от годового, даже в различных речных бассейнах Армянской ССР. Расчеты для определения параметра  $A$  приведены в табл. 21.

Таблица 21

Определение параметра  $A$  по формуле в холодном сезоне

|                   | Бассейн              | $C_{vy}$ | $\eta_{\text{пр}}$ | $C_{vx}$ | $A$  |
|-------------------|----------------------|----------|--------------------|----------|------|
| Северная<br>часть | Памбак . . . . .     | 0,21     | 0,10               | 0,16     | 0,13 |
|                   | Ахурян . . . . .     | 0,13     | 0,14               | 0,21     | 0,09 |
|                   | Агстев . . . . .     | 0,33     | 0,6                | 0,18     | 0,11 |
|                   | Касах . . . . .      | 0,25     | 0,8                | 0,21     | 0,10 |
|                   | Раздан . . . . .     | 0,11     | 0,15               | 0,17     | 0,10 |
|                   | Воротан . . . . .    | 0,13     | 0,12               | 0,17     | 0,10 |
| Южная<br>часть    | Севанский . . . . .  | 0,31     | 0,15               | 0,19     | 0,24 |
|                   | Гарни-Веди . . . . . | 0,31     | 0,16               | 0,22     | 0,22 |
|                   | Арпа . . . . .       | 0,37     | 0,12               | 0,20     | 0,22 |

Из таблицы видно, что параметр  $A$  для южной части территории колеблется от 0,22 до 0,24. Для рек северной части территории этот параметр колеблется от 0,09 до 0,11. В среднем для северной части территории значение  $A$  можно принять равным 0,10, а для южной части 0,23.



При районировании коэффициента  $A$  р. Воротан, географически тяготеющая к южной части республики, отнесена к северной группе. Этот бассейн по своим физико-географическим условиям, грунтовому питанию и растительному покрову очень близок к бассейнам рек северной части территории.

После установления значения параметра  $A$  определение коэффициента изменчивости стока холодного сезона не представляет трудности. Ввиду того что коэффициент изменчивости осадков колеблется в малых пределах, при определении коэффициента изменчивости сезонного стока можно принять для территории Армении его среднее значение, т. е.  $C_{vx} = 0,19$ . Тогда коэффициент изменчивости стока холодного сезона может быть определен по формулам:

а) для северной части Армении

$$C_{v \text{ хол}} = \frac{AC_{vx}}{\eta_{\text{пр. хол}}} = \frac{0,10 \cdot 0,19}{\eta_{\text{пр. хол}}} = \frac{0,019}{\eta_{\text{пр. хол}}}$$

б) для южной части территории

$$C_{v \text{ хол}} = \frac{0,23 \cdot 0,19}{\eta_{\text{пр. хол}}} = \frac{0,044}{\eta_{\text{пр. хол}}}$$

В подтверждение правильности предлагаемого метода определим коэффициенты изменчивости стока холодного сезона для бассейнов, по которым имеются данные наблюдений. Результаты расчета приводятся в таблице 22.

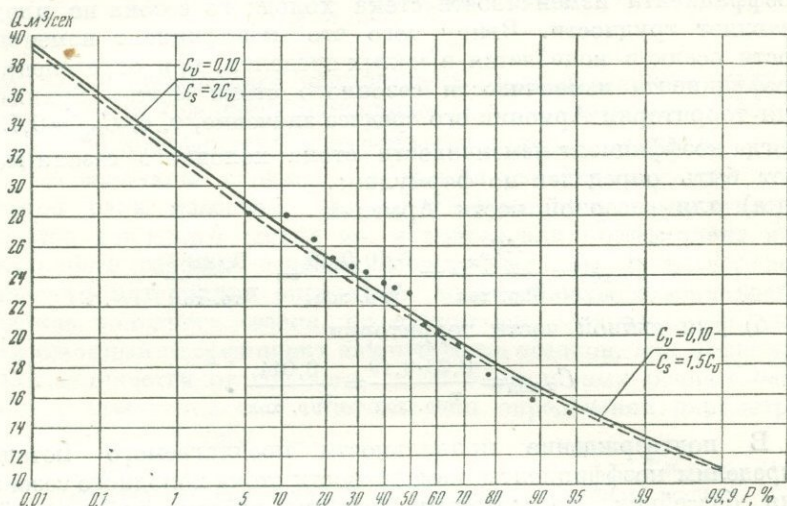
Таблица 22

Определение коэффициента вариации стока по сезонам

| Бассейн              | $A$  | $C_{vx}$ | $\eta$ | Холодный период |             | Теплый период |             |
|----------------------|------|----------|--------|-----------------|-------------|---------------|-------------|
|                      |      |          |        | вычисленные     | фактические | вычисленные   | фактические |
| Памбак . . . . .     | 0,10 | 0,19     | 0,10   | 0,19            | 0,21        | 0,19          | 0,19        |
| Ахурян . . . . .     | 0,10 | 0,19     | 0,14   | 0,13            | 0,13        | 0,23          | 0,24        |
| Агстев . . . . .     | 0,10 | 0,19     | 0,06   | 0,32            | 0,32        | 0,20          | 0,21        |
| Касах . . . . .      | 0,10 | 0,19     | 0,08   | 0,24            | 0,25        | 0,30          | 0,31        |
| Раздан . . . . .     | 0,10 | 0,19     | 0,15   | 0,12            | 0,11        | 0,18          | 0,19        |
| Воротан . . . . .    | 0,10 | 0,19     | 0,12   | 0,16            | 0,13        | 0,21          | 0,21        |
| Севанский . . . . .  | 0,23 | 0,19     | 0,15   | 0,29            | 0,31        | 0,26          | 0,25        |
| Гарни-Веди . . . . . | 0,23 | 0,19     | 0,16   | 0,28            | 0,31        | 0,32          | 0,31        |
| Арпа . . . . .       | 0,23 | 0,19     | 0,12   | 0,37            | 0,37        | 0,29          | 0,28        |

Как видно из табл. 22, предлагаемый метод расчета коэффициентов изменчивости сезонного стока дает приемлемые результаты.

Таким образом, на основе исследования физико-географических условий ландшафта и гидрологического режима изученных бассейнов становится возможным довольно точно обоб-



Фиг. 2<sup>9</sup>. Кривые обеспеченности стока теплого сезона р. Дзорагет:  
 — по предлагаемому методу, — по фактическим материалам.

щить результаты анализа и тем самым открыть пути к определению параметров кривых обеспеченности для неизученных бассейнов. Напомним основные этапы расчета:

1. Определяется коэффициент изменчивости стока теплого сезона умножением коэффициента изменчивости годового стока на 1,17, т. е.

$$C_{v_{\text{теп}}} = 1,17 C_{v_{\text{год}}}.$$

2. Искомый коэффициент для холодного сезона находим по формулам:  
 для северной части территории Армении

$$C_{v_{\text{хол}}} = \frac{0,019}{\eta_{\text{пр хол}}},$$

для южной:

$$C_{v_{\text{хол}}} = \frac{0,044}{\eta_{\text{пр. хол}}}.$$



3. Коэффициент асимметрии принимается: для холодного сезона

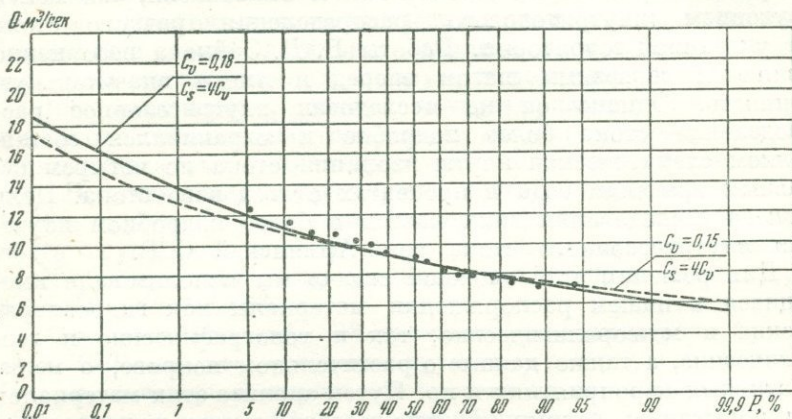
$$C_{s \text{ хол}} = 4C_v \text{ хол},$$

для теплого

$$C_{s \text{ теп}} = 2C_v \text{ теп}.$$

4. Выбираем тип кривой обеспеченности и строим кривые обеспеченности.

Описанный метод был применен к расчету характеристик стока р. Дзорагет, по которой, как мы указывали, имеются дан-



Фиг. 30. Кривые обеспеченности стока холодного сезона р. Дзорагет:

— — — по предлагаемому методу, ————— по фактическим материалам.

ные гидрометрических наблюдений, обеспечивающие возможность проверки выводов косвенного расчета.

Коэффициент изменчивости стока холодного сезона для р. Дзорагет был получен равным 0,18, а теплого сезона — 0,19. На основе этих параметров построены кривые обеспеченности (фиг. 29, 30).

Сопоставление кривых обеспеченности, построенных по теоретическим и по эмпирическим параметрам, показывает, что метод дает удовлетворительные результаты и может быть использован при гидрологических расчетах по неизученным бассейнам.

## § 5. Внутрисезонное распределение стока рек Армении

1. Постановка задачи. При изучении внутрисезонного распределения стока нам придется столкнуться с еще более резкими колебаниями гидрологических величин, чем при

исследовании стока сезонов, совпадающих с полугодиями. Это обстоятельство осложняет раскрытие закономерностей, на основе которых достигается обобщение характеристик сезонного стока. Сложностью явления можно объяснить относительную бедность имеющихся в гидрологической литературе исследований внутрисезонного распределения стока вообще, и рек горного типа, в частности. Решение этой задачи еще более осложняется в условиях столь гористой и разнообразной по ландшафту территории, как Армянская ССР.

Б. Д. Зайков, используя гидрометрические материалы по рекам Европейской части СССР и Закавказья, занимался изучением внутригодового распределения речного стока на указанной территории. Работы Б. Д. Зайкова несомненно являются серьезным шагом вперед и имеют значительную ценность. Однако он не исследовал внутрисезонное распределение стока более подробно и ограничился составлением схематической карты изолиний стока по четырем основным временам года в процентах от годового стока. Цель нашего исследования заключается в более подробном изучении внутрисезонного стока рек Армянской ССР.

Для решения этой сложной задачи мы использовали имеющиеся в нашем распоряжении материалы как гидрометрические и метеорологические, так и топографические и геологические, а также данные о растительном покрове, о мелиоративных мероприятиях и пр. Путем анализа этих материалов мы попытались вскрыть физико-географические и гидрологические особенности отдельных речных бассейнов и охарактеризовать распределение их стока по временам года и месяцам.

**2. Распределение стока холодного сезона между осенним и зимним периодами.** В этом разделе мы постараемся выяснить, как распределяется сток холодного сезона между осенним и зимним периодами. Сентябрь, октябрь и ноябрь (осенние месяцы) отличаются неустойчивостью температуры воздуха в смысле многократных изменений ее знака, т. е. перехода через  $0^{\circ}$ . Многократные переходы от морозов к оттепелям влекут за собой нарушение зависимости между количеством осадков и стоком. Когда температура воздуха и почвы становится отрицательной, начинается образование снегового покрова, и связь между выпадением осадков и стоком разрывается. Наоборот, при повышении температуры река получает питание не только от выпадающих осадков, но и за счет той влаги, которая аккумулировалась в пределах данного водосбора в виде снегового покрова.

Почти все значительные реки Армянской ССР имеют большое падение: верховья их расположены выше 2500 м над уровнем моря, а низовья опускаются до отметки порядка 1000 м



и меньше. Неустойчивый режим температуры с многократными переходами через  $0^{\circ}$  начинается с сентября в верховьях бассейнов и заканчивается в декабре в низовьях. Вследствие этого на различных участках каждого бассейна образование снегового покрова происходит разновременно. Целиком вся территория покрывается снеговым покровом в конце декабря. Эта дата отделяет осенний период от зимнего.

В процессе исследования мы разделяем холодный сезон на два гидрологических периода: осенний и зимний. Такая промежуточная разбивка дает нам возможность, во-первых, установить величины стока осени и зимы, которые представляют самостоятельную практическую ценность, и, во-вторых, положить в основу детального анализа распределения стока величины стока осенних и зимних периодов.

Обозначая через  $\alpha_1$  осенний и через  $\alpha_2$  зимний стоки в процентах от стока холодного полугодия, мы можем определить значения указанных параметров для бассейнов исследуемых рек. Величины параметров  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  показывают, как распределяется сезонный сток между осенью и зимой, и дают возможность группировать реки по их генетическим признакам.

Характеристики распределения стока холодного сезона приводятся в табл. 23.

Анализ данных табл. 23 позволяет разделить реки Армянской ССР на две основные группы — северную и южную. На реках северной группы сток осеннего периода составляет 60% от стока холодного полугодия, сток зимнего периода — соответственно 40%. На реках южной группы сток холодного полугодия распределяется между осенью и зимой примерно поровну. Особо выделяются реки Арагацского массива, отличающиеся обильным грунтовым питанием, и бассейн Вохчи, покрытый лесом.

На формирование стока холодного сезона влияет целый ряд факторов. К числу их относятся распределение атмосферных осадков, характер колебаний температуры, наличие лесов, экспозиция склонов и т. д.

Значения параметра  $\alpha_2$  для бассейнов, расположенных на южных склонах гор, резко отличаются от величин, характеризующих остальные части территории. Эти бассейны получают повышенное количество солнечной энергии, вследствие чего снеготаяние начинается уже в феврале — последнем месяце зимнего периода. Ввиду этого максимальный сток по таким рекам наблюдается в марте, а не в мае, как на остальных реках территории. Повышение стока начинается уже в феврале; это и является причиной относительно высокого стока зимних месяцев (декабрь, январь, февраль) на реках Арагацского массива.

**Сток осеннего и зимнего периодов в процентах от стока  
холодного сезона**

| Б а с с е й н      |                               | Сумма среднемесячных расходов<br>воды |                   |       |                  |      |  |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------|------------------|------|--|
|                    |                               | Холодный<br>сезон, м³/сек             | Осенний<br>период |       | Зимний<br>период |      |  |
|                    |                               |                                       | м³/сек            | α₁ %  | м³/сек           | α₂ % |  |
| Северная<br>группа | Памбак . . . . .              | 34,14                                 | 19,33             | 60,1  | 12,81            | 39,9 |  |
|                    | Дзорагет . . . . .            | 54,82                                 | 32,10             | 58,6  | 22,72            | 41,4 |  |
|                    | Агстев . . . . .              | 20,67                                 | 12,36             | 59,6  | 8,31             | 40,2 |  |
|                    | В среднем по группе . . . . . |                                       |                   | 60 %  |                  | 40 % |  |
| Южная<br>группа    | Раздан . . . . .              | 63,3                                  | 32,7              | 51,7  | 30,5             | 48,3 |  |
|                    | Севанский . . . . .           | 53,4                                  | 28,18             | 52,8  | 25,2             | 47,2 |  |
|                    | Азат-Веди . . . . .           | 32,5                                  | 16,33             | 50,2  | 16,17            | 49,8 |  |
|                    | Арпа . . . . .                | 54,27                                 | 27,89             | 51,14 | 23,38            | 48,6 |  |
|                    | Воротан . . . . .             | 63,3                                  | 34,8              | 51,8  | 32,5             | 48,2 |  |
|                    | Ахурия . . . . .              | 31,47                                 | 16,16             | 51,3  | 15,31            | 48,7 |  |
|                    | В среднем по группе . . . . . |                                       |                   | 52 %  |                  | 48 % |  |
|                    | Арагацкий массив . .          | 133,4                                 | 61,4              | 46,3  | 72,0             | 53,7 |  |
|                    | Вохчи . . . . .               | 23,9                                  | 13,65             | 57,0  | 10,25            | 43,0 |  |

**3. Распределение стока теплого сезона между весенним и летним периодами.** Продолжая исследование по указанному методу, устанавливаем значения параметров  $\alpha_3$  и  $\alpha_4$  для летнего и весеннего периодов (табл. 24).

Из табл. 24 видно, что по основной части территории сток весеннего периода равен 63%, а сток летнего периода 37% от стока теплого полугодия.

Исключение составляют бассейны Арагацкого массива и рек Мегри и Вохчи. В бассейне Арагацкого массива быстро начинается снеготаяние, благодаря экспозиции бассейна; раннее половодье служит причиной того, что доля весеннего стока достигает 67%. В бассейне Мегри и Вохчи под влиянием леса и ледников снеготаяние задерживается, часть стока талых



## Распределение стока теплого сезона между периодами весны и лета

| Бассейн                                | Сумма среднемесячных расходов воды |                 |              |               |              |
|----------------------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|
|                                        | Теплый сезон,<br>м³/сек            | Весенний период |              | Летний период |              |
|                                        |                                    | м³/сек          | % $\alpha_3$ | м³/сек        | % $\alpha_4$ |
| Памбак . . . . .                       | 95,57                              | 59,8            | 62,6         | 35,77         | 37,4         |
| Агстев . . . . .                       | 83,63                              | 56,93           | 65,7         | 29,70         | 34,3         |
| Ахурия . . . . .                       | 70,43                              | 48,20           | 68,4         | 22,23         | 31,6         |
| Раздан . . . . .                       | 126,5                              | 82,5            | 65,2         | 44,00         | 34,8         |
| Севанский . . . . .                    | 128,8                              | 83,21           | 64,8         | 45,5          | 35,2         |
| Азат-Веди . . . . .                    | 69,6                               | 43,1            | 62,0         | 26,48         | 38,0         |
| Арпа . . . . .                         | 177,7                              | 114,7           | 64,6         | 63,0          | 35,4         |
| Воротан . . . . .                      | 178,5                              | 112,4           | 63,0         | 66,1          | 37,0         |
| Дзорагет . . . . .                     | 131,2                              | 73,5            | 56,0         | 57,7          | 44,0         |
| В среднем по груп-<br>пе рек . . . . . | —                                  | —               | 63           | —             | 37           |
| Арагацский массив .                    | 169,6                              | 114,4           | 67,4         | 52,2          | 32,6         |
| Вохчи и Мегри . . .                    | 103,45                             | 44,5            | 42,6         | 58,95         | 57,4         |

вод переходит на лето и доля весеннего стока снижается до 43% от стока теплого сезона.

Правильность этого рассуждения подтверждается тем, что половодье в бассейне Арагацкого массива достигает максимума в середине весны, т. е. в апреле, а в бассейне Вохчи и Мегри почти на два месяца позже.

#### 4. Распределение стока холодного сезона по месяцам.

Обозначая выраженную в процентах долю месячного стока от стока соответствующего времени года через  $\beta$ , определяем значение этого параметра. Параметр  $\beta$  зависит в основном от тех же факторов, что и рассмотренный выше параметр  $\alpha$ . Поскольку  $\beta$  характеризует сток более коротких промежутков времени, значения его должны отличаться меньшей устойчивостью. Распределение по месяцам холодного полугода стока гидрометрически изученных рек характеризуется табл. 25, которая показывает, что на всех рассмотренных реках сток осеннего и зимнего кварталов распределяется между месяцами практически равномерно. Некоторое, не отчетливо выраженное различие намечается между группами бассейнов.

**Распределение стока холодного сезона по месяцам в процентах  
от осеннего и зимнего стока**

| Бассейн                    | IX   | X    | XI   | XII  | I    | II   |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Памбак . . . . .           | 30,0 | 34,1 | 35,9 | 36,7 | 29,7 | 33,6 |
| Агстев . . . . .           | 29,8 | 35,6 | 34,6 | 33,3 | 30,4 | 36,3 |
| Раздан . . . . .           | 30,9 | 32,7 | 36,4 | 33,8 | 32,8 | 33,4 |
| Арагацкий массив . . . . . | 30,0 | 34,2 | 35,8 | 31,1 | 33,8 | 35,1 |
| В среднем . . . . .        | 30,2 | 34,1 | 35,7 | 33,7 | 31,7 | 34,6 |
| Дзорагет . . . . .         | 33,9 | 32,4 | 33,7 | 35,3 | 31,3 | 33,4 |
| Ахурян . . . . .           | 33,8 | 33,1 | 33,1 | 32,0 | 32,1 | 35,9 |
| Севанский . . . . .        | 33,3 | 32,7 | 34,0 | 35,7 | 32,7 | 31,6 |
| Азат-Гарни . . . . .       | 33,3 | 33,1 | 33,1 | 33,8 | 32,9 | 33,3 |
| Арпа . . . . .             | 32,6 | 32,6 | 34,8 | 37,0 | 30,1 | 32,9 |
| Воротан . . . . .          | 32,2 | 33,3 | 34,5 | 34,5 | 32,6 | 33,9 |
| Вохчи и Мегри . . . . .    | 34,5 | 34,1 | 31,4 | 35,5 | 30,4 | 34,1 |
| В среднем . . . . .        | 33,4 | 33,1 | 33,5 | 34,9 | 31,7 | 33,4 |

### 5. Распределение стока теплого сезона по месяцам.

Принимая тот же способ анализа, что и в предыдущем параграфе, устанавливаем значения параметра  $\beta$  для весенних и летних месяцев (см. табл. 26).

Из таблицы 26 видно, что, как мы и предполагали, в теплом сезоне параметр  $\beta$  не столь устойчив, как в холодном. По-прежнему резко выделяется бассейн Арагацкого массива. Здесь распределение стока между месяцами теплого сезона приближается к равномерному. Такое выравнивание стока объясняется обильным грунтовым питанием. Относительная равномерность стока проявляется, в частности, в том, что расход воды марта оказывается сравнительно высоким. Если в других бассейнах сток марта составляет от 11,3 до 14,8% от стока весеннего квартала, то по Арагацкому массиву он достигает 24,6%, т.е. повышается почти в два раза. К рекам Арагацкого массива до некоторой степени приближается по распределению весеннего стока р. Ахурян, включенная нами в основную группу бассейнов. Экспозиция бассейна р. Ахурян сходна с экспозицией бассейнов Арагацкого массива, но грунтовое пи-



Таблица 26

**Распределение стока теплого сезона в процентах от весеннего  
и летнего стока**

| Бассейн                     | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Памбак . . . . .            | 11,3 | 38,9 | 49,8 | 51,9 | 26,2 | 21,9 |
| Дзорагет . . . . .          | 14,7 | 33,7 | 51,6 | 49,9 | 27,9 | 22,2 |
| Агстев . . . . .            | 11,6 | 40,4 | 48,0 | 54,9 | 27,8 | 17,3 |
| Ахурия . . . . .            | 14,1 | 44,4 | 41,5 | 44,7 | 30,4 | 24,9 |
| Севанский . . . . .         | 13,0 | 33,4 | 53,6 | 55,6 | 25,4 | 19,6 |
| Раздан . . . . .            | 14,2 | 37,1 | 48,7 | 49,3 | 28,0 | 22,7 |
| Азат-Веди . . . . .         | 14,8 | 31,1 | 54,1 | 55,1 | 24,2 | 20,7 |
| В среднем . . . . .         | 13,4 | 37,0 | 49,6 | 51,7 | 27,0 | 21,3 |
| Арпа . . . . .              | 11,7 | 29,6 | 58,7 | 63,5 | 21,7 | 14,7 |
| Воротан . . . . .           | 12,0 | 30,9 | 57,1 | 57,8 | 25,0 | 17,2 |
| В среднем . . . . .         | 11,9 | 30,2 | 57,9 | 60,7 | 23,3 | 16,0 |
| Арагацский массив . . . . . | 24,6 | 42,8 | 32,6 | 38,8 | 30,1 | 31,1 |
| Вохчи и Мегри . . . . .     | 11,8 | 29,8 | 58,4 | 50,8 | 34,9 | 14,3 |

тание ее меньше. Этим и объясняется характер распределения стока. Река Дзорагет благодаря грунтовому питанию по характеру распределения стока между месяцами теплого периода также до некоторой степени отличается от соседних рек.

Попрежнему выделяются бассейны рек Охчи и Мегри. В бассейнах этих рек лесной покров, как мы видели, задерживает весеннее половодье примерно на месяц. Учитывая это обстоятельство, мы должны выделить бассейны рек Вохчи и Мегри в отдельную группу.

Проведенный анализ с достаточной ясностью вскрывает зависимость параметра  $\beta$  от физико-географических и климатических факторов и дает возможность группировать реки по значениям  $\beta$ .

## § 6. Определение среднемесячных расходов воды для неизученных бассейнов

После проделанного анализа и при наличии картограммы нормы осадков, и нормы стока можно установить месячную величину стока для любой реки. Для этого в первую очередь определяется средняя годовая величина стока. Установленные в предшествующих главах соотношения обеспечивают возможность перехода от этой величины к стоку отдельных сезонов. Определив последние и зная значения параметров  $\alpha$  и  $\beta$ , мы можем простейшим расчетом установить месячные величины стока для неизученного водотока.

От слоя стока не трудно перейти к среднему за месяц расходу воды, выраженному в м<sup>3</sup>/сек по формуле

$$Q_{\text{ср. м}} = 0,000379 Y_{\text{мес}} F.$$

Здесь  $Y_{\text{мес}}$  — слой стока в мм,

$F$  — площадь водосбора в км<sup>2</sup>.

Мы установили выше, что месячный слой стока может быть представлен как произведение:

$$Y_{\text{мес}} = Y_{\text{сез}} \cdot \alpha \cdot \beta.$$

Отсюда:

$$Q_{\text{ср. м}} = 0,000379 Y_{\text{сез}} \alpha \beta F,$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  — параметры.

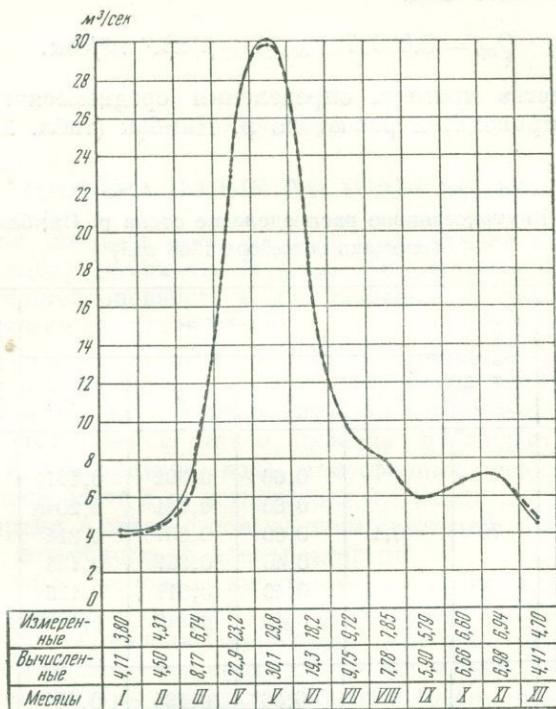
При исследовании распределения стока мы должны учитывать изменения естественной величины стока, вызываемые человеческой деятельностью при использовании той или другой реки для народнохозяйственных целей.

Изучая влияние человеческой деятельности на сток, мы должны различать два случая. Если отбор воды из источника учитывался в процессе использования стока, то на основе гидрометрических измерений, оценивая изъятие воды выше расчетного створа, мы можем восстановить естественную величину стока. Во втором случае количество изъятной воды приходится определять по ориентировочным данным, касающимся площади орошаемых земель, а также нормы водопотребления и количества населения, крупного и мелкого скота и пр. Типичным примером гидрометрически не учитываемого отбора воды может служить использование населением части стока для орошения подсобных хозяйств с помощью кустарных канавок. При расчетах стока приходится принимать во внимание также изменения естественного стока, которые связаны с агролесотехническими мероприятиями. Вли-



яние агролесотехнических мероприятий на сток учитывается, как уже говорили, при определении слоя сезонного стока.

При исследовании стока рек Армении необходимо учитывать также то количество воды, которое рассматриваемая река получает или отдает соседнему бассейну подземным путем.



Фиг. 31. Измеренные и вычисленные среднемесячные расходы воды р. Памбак.

————— вычисленные, - - - - - измеренные.

Учет грунтовых вод производится по гидрогеологическим данным и на основе непосредственного измерения расходов воды ряда родников, находящихся в пределах изучаемого водосбора.

Таким образом, влияние человеческой деятельности и поступление вод смежных бассейнов (или утечку воды) можно выразить при посредстве дополнительного множителя  $(1 \pm \mu)$ , где

$$\mu = \mu_1 + \mu_2.$$

Здесь:  $\mu_1$  — величина, характеризующая водообмен с соседними бассейнами,

$\mu_2$  — характеристика поступления или изъятия воды, связанного с водохозяйственной деятельностью человека.

Окончательная формула для расчета месячных расходов воды принимает вид:

$$Q_{\text{ср}} = 0,000379Y_{\text{сез}}(1 \pm \mu)\alpha\beta F \text{ м}^3/\text{сек.}$$

В качестве примера определения среднеемесячных расходов воды приводится расчет по р. Памбак (табл. 27).

Таблица 27

Внутрисезонное распределение стока р. Памбак  
(площадь водосбора 1368 км<sup>2</sup>)

| Сезоны года | Месяцы | Слой сезонного стока (Y <sub>сез</sub> ) | Параметры |          |         |               | По прелплагаемому методу | Фактические величины |
|-------------|--------|------------------------------------------|-----------|----------|---------|---------------|--------------------------|----------------------|
|             |        |                                          | $\mu$     | $\alpha$ | $\beta$ | $\alpha\beta$ |                          |                      |
| Холодный    | IX     | 70                                       | —0,1      | 0,60     | 0,302   | 0,1812        | 5,90                     | 5,79                 |
|             | X      |                                          |           | 0,60     | 0,341   | 0,2046        | 6,66                     | 6,60                 |
|             | XI     |                                          |           | 0,60     | 0,357   | 0,214         | 6,98                     | 6,94                 |
|             | XII    |                                          |           | 0,40     | 0,337   | 0,135         | 4,41                     | 4,70                 |
|             | I      |                                          |           | 0,40     | 0,317   | 0,1268        | 4,11                     | 3,80                 |
|             | II     |                                          |           | 0,40     | 0,346   | 0,1384        | 4,50                     | 4,31                 |
| Теплый      | III    | 224                                      | —0,15     | 0,63     | 0,134   | 0,084         | 8,17                     | 6,74                 |
|             | IV     |                                          |           | 0,63     | 0,370   | 0,233         | 22,9                     | 23,2                 |
|             | V      |                                          |           | 0,63     | 0,496   | 0,312         | 30,1                     | 29,8                 |
|             | VI     |                                          |           | 0,37     | 0,517   | 0,191         | 19,3                     | 18,2                 |
|             | VII    |                                          |           | 0,37     | 0,270   | 0,099         | 9,75                     | 9,72                 |
|             | VIII   |                                          |           | 0,37     | 0,213   | 0,079         | 7,78                     | 7,85                 |



## ГЛАВА VIII

### МИНИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ

Величина минимального расхода воды имеет особое значение для выбора мощности гидроэлектростановок, для оценки возможностей орошения и для решения многих подобных водохозяйственных задач.

Обычно на реках Армянской ССР минимальный сток наблюдается зимой или летом в те периоды, когда поверхностный сток почти отсутствует и река питается исключительно грунтовыми водами. Зимой такое явление наблюдается, когда при низкой температуре вода атмосферных осадков накапливается в виде снега и до весеннего снеготаяния не дает стока. В это же время в связи с повышением осветительной нагрузки возрастает потребность в электроэнергии.

Аналогичные условия наблюдаются летом при использовании минимального стока летнего сезона для орошения земель. Как мы видели, территория Армении относительно бедна атмосферными осадками. В то же время летом из-за высокой температуры воздуха испарение очень велико. Взаимодействие этих факторов приводит к резкому падению стока. Вместе с тем летом достигает максимума потребление воды для орошения. В итоге зимой и летом создаются неблагоприятные соотношения между речным стоком и потребностью в воде.

Цель настоящего исследования — выяснить нормы минимального стока рек Армянской ССР.

#### § 1. Исходные материалы

В качестве исходных материалов при исследовании минимальных расходов воды рек Армянской ССР были приняты ежегодные величины минимумов, установленные гидрометрическими измерениями. Анализируя среднесуточные расходы

воды каждого года, мы выбираем из них расход, который по величине является наименьшим. Из выбранных ежегодных минимальных расходов по каждой реке можно составить таблицы ежегодных минимумов, охватывающие весь период действия опорной гидрометрической станции, расположенной на реке. Надежные гидрометрические наблюдения на реках Армянской ССР охватывают годы примерно с 1925 по настоящее время. Эти материалы, даже с исключением данных за годы, по которым надежные результаты гидрометрических измерений отсутствуют, дают нам возможность на основе фактических данных определить средние многолетние значения исследуемых расходов воды.

При изучении закономерностей распределения минимального стока по бассейнам рек республики принимаются во внимание естественно-исторические и производственно-экономические условия, которыми определяется формирование минимального стока в том или ином бассейне. В качестве связующего звена между количественными характеристиками минимальных расходов воды и исследованными нами выше элементами стока были приняты среднemesячные расходы воды января, которые с достаточной точностью увязываются с ежегодными минимальными расходами гидрометрически изученных бассейнов.

Для того чтобы наглядно показать характер колебания стока изучаемых рек, по каждой из них мы приводим полный годовой гидрограф, построенный по ежедневным расходам воды на основании гидрометрических измерений. Такие реальные гидрографы не только помогают получить наглядное представление о колебаниях стока, но и указывают путь нахождения связи между минимальными расходами воды и среднemesячными величинами стока маловодных месяцев.

Таким образом, мы принимаем за основу исследования характеристик минимальных расходов воды следующие данные:

1. Ежегодные величины измеренных минимальных расходов.
2. Физико-географические и климатические характеристики бассейнов.
3. Сведения о влиянии на сток человеческой водохозяйственной деятельности.
4. Среднemesячные расходы тех месяцев, на протяжении которых сток принимает минимальное значение.
5. Типичные гидрографы маловодных лет, построенные по ежедневным наблюдениям.

На основе приведенных материалов, анализируя формирование минимальных расходов воды каждого изученного бассейна, мы пытаемся наметить пути для установления основ-



ных количественных характеристик минимального стока водосборов, по которым отсутствуют данные гидрометрических измерений.

## § 2. Распределение минимального стока по территории Армении

Вследствие большого разнообразия природных условий характеристики минимального стока рек Армянской ССР обладают большой пестротой. Вертикальное расчленение рельефа и геологические факторы имеют настолько большое значение, что даже в смежных малых бассейнах наблюдается резкое различие между величинами модуля минимального стока. Примером могут служить величины модуля минимальных расходов воды р. Гарни и соседней р. Веди. По р. Гарни величина модуля указанных расходов достигает 9 л/сек с кв. км, а для р. Веди эта величина почти в десять раз меньше. Подобные же соотношения наблюдаются в верховьях р. Касах, правобережный приток которой Дали-чай имеет модуль минимального стока свыше 20 л/сек с кв. км, в то время как в верховьях самой реки минимум стока снижается до нуля. Минимальный модуль стока 20 л/сек. с кв. км относится к малому бассейну, получающему значительное подземное питание за счет смежных водосборов.

Модуль минимального стока не только по отдельным рекам, но даже на различных участках одной и той же реки резко изменяется. Роль подземного питания, которое связано с подземными запасами влаги водосбора, чрезвычайно велика. Несовпадение поверхностного и подземного бассейнов отдельных рек в некоторых случаях настолько значительно, что самое понятие модуля минимального стока утрачивает смысл, так как поступление воды в реку определяется не величиной поверхностного водосбора, а расположением контактного слоя пород, которые служат водоупором.

Тщательный анализ исходных материалов привел нас к выводу, что в ряде случаев суждение о величине модуля ежегодных минимумов возможно лишь после того, как путем объединения участков данной реки или двух смежных рек удастся достигнуть практического совпадения подземного и поверхностного бассейнов. Кроме этого, при установлении расчетных величин минимального стока необходимо иметь в виду то значительное количество воды, которое фильтруется из оз. Севан в бассейн реки Раздан, из бассейна р. Веди в бассейн р. Азат и т. д. С учетом сказанного мы определили значения модуля минимальных расходов воды по гидрометрически изученным рекам территории. Результаты подсчетов приведены в табл. 28.

Модули минимального стока по бассейнам рек Армении

| Бассейн             | Площадь водосбора, км <sup>2</sup> | Минимальный расход воды, м <sup>3</sup> /сек |           | Модуль минимального стока, л/сек. км <sup>2</sup> |
|---------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------|
|                     |                                    | измеренный                                   | расчетный |                                                   |
| Агстев . . . . .    | 1179                               | 1,27                                         | 1,27      | 1,08                                              |
| Памбак . . . . .    | 1368                               | 2,32                                         | 2,32      | 1,69                                              |
| Дзорагет . . . . .  | 1450                               | 5,26                                         | 5,26      | 3,63                                              |
| Ахурян . . . . .    | 840                                | 2,85                                         | 2,85      | 3,39                                              |
| Арагацский массив . | 3382                               | 15,4                                         | 15,4      | 4,55                                              |
| Раздан . . . . .    | 1257                               | 8,88                                         | 6,00      | 4,77                                              |
| Азат-Веди . . . . . | 841                                | 4,23                                         | 3,23      | 3,83                                              |
| Арпа . . . . .      | 2062                               | 5,77                                         | 4,77      | 2,30                                              |
| Воротан . . . . .   | 2019                               | 8,08                                         | 5,28      | 2,61                                              |
| Вохчи . . . . .     | 685                                | 1,44                                         | 1,44      | 2,10                                              |
| Гаварагет . . . . . | 473                                | 2,21                                         | 2,21      | 4,67                                              |
| Аргичи . . . . .    | 386                                | 1,14                                         | 1,14      | 2,96                                              |
| Дзыкнагет . . . . . | 86                                 | 0,07                                         | 0,07      | 0,81                                              |

Проделанный анализ дает нам возможность наметить методику определения минимальных расходов также для бассейнов, по которым отсутствуют гидрометрические измерения.

### § 3. Определение минимальных расходов воды неизученных бассейнов

На большинстве рек республики минимальный сток наблюдается в январе. Некоторое отклонение от этого общего закона наблюдается лишь в низовьях бассейнов отдельных рек или на реках, водосборы которых расположены целиком на низких отметках.

Наступление минимумов стока летом замечается в тех бассейнах, где в летний период выпадает мало осадков, которые целиком испаряются благодаря высокой летней температуре воздуха; поэтому поверхностного стока не образуется. Как правило, зимний и летний минимумы стока армянских рек мало отличаются друг от друга. Поэтому при исследовании минимального стока мы считаем целесообразным связывать с ежегодными минимумами среднемесячные январские расходы воды. Связь эта явствует из данных табл. 29.

Из таблицы следует, что отношение нормы ежегодных минимумов к среднемесячным январским расходам для боль-



## Определение значения коэффициента «К»

| Бассейн                     | Расчетные величины минимальных расходов воды, м³/сек | Наблюдаемые среднемесячные расходы января, м³/сек | $K = \frac{Q_{\text{мин}}}{Q_{\text{января}}}$ |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Агстев . . . . .            | 1,27                                                 | 2,53                                              | 0,51                                           |
| Памбак . . . . .            | 2,32                                                 | 3,80                                              | 0,61                                           |
| Ахуран . . . . .            | 2,85                                                 | 4,94                                              | 0,58                                           |
| Раздан . . . . .            | 6,00                                                 | 10,0                                              | 0,60                                           |
| Азат-Веди . . . . .         | 3,23                                                 | 5,32                                              | 0,61                                           |
| Арпа . . . . .              | 4,77                                                 | 7,92                                              | 0,60                                           |
| Воротан . . . . .           | 5,28                                                 | 10,60                                             | 0,53                                           |
| Вохчи и Мегри . . . . .     | 1,90                                                 | 3,12                                              | 0,61                                           |
| В среднем . . . . .         | —                                                    | —                                                 | 0,58                                           |
| Дзорагет . . . . .          | 5,26                                                 | 7,11                                              | 0,74                                           |
| Арагацский массив . . . . . | 15,4                                                 | 24,3                                              | 0,64                                           |
| Севанский . . . . .         | 5,8                                                  | 8,25                                              | 0,70                                           |
| В среднем . . . . .         | —                                                    | —                                                 | 0,70                                           |

Примечание. В бассейнах рек, входящих во вторую группу, имеются болота.

шинства рек колеблется около 0,60. Для рек, бассейны которых заболочены, это отношение повышается приблизительно до 0,70. Эта связь дает нам возможность определить среднее многолетнее значение минимального расхода воды, если известен январский среднемесячный расход данной реки, метод определения которого намечен нами в предшествующей главе.

Расчетная формула для установления нормы ежегодных минимумов принимает вид:

$$\bar{Q}_{\text{мин}} = K \bar{Q}_{\text{января}}$$

Та же формула, приведенная к единице площади водосбора и служащая для расчета модуля ежегодных минимальных расходов, имеет вид:

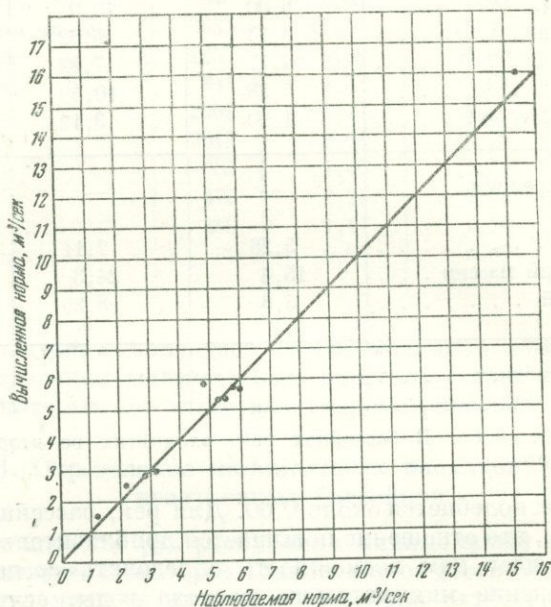
$$\bar{q}_{\text{мин}} = 0,379 K Y_{\text{хол. сез}} (1 \pm \mu) \alpha \beta \text{ л/сек км}^2.$$

Формула позволяет определить модуль ежегодных минимальных расходов с учетом физико-географических особен-

ностей ландшафта, а также водохозяйственной деятельности. Поэтому она может быть положена в основу гидрологических расчетов при проектировании гидротехнических сооружений на гидрометрически неизученных реках.

#### § 4. Проверка предлагаемого метода

Сопоставление предлагаемого метода с данными наблюдений не требует дополнительных расчетов, так как мы уже приводили подсчитанные значения среднемесячных расходов



Фиг. 32. Связь между вычисленной и измеренной величинами нормы ежегодного минимального стока рек Армянской ССР.

воды и, в частности, для января. Умножая указанные величины на коэффициент «К», получаем величины нормы минимальных ежегодных расходов, вычисленные по предлагаемому методу.

Сопоставление подсчитанных расходов с наблюдаемыми величинами приводит, как показывают табл. 30 и фигура 32, к хорошим результатам.

Колебания минимальных расходов воды от года к году подчиняются индивидуальным для различных рек законам, которые,



Сводная таблица результатов расчета

| Бассейн                    | Норма ежегодного минимума, м <sup>3</sup> /сек | Величина средних январских расходов по предлагаемому методу | Величина регионального коэффициента К | Норма ежегодного минимума расхода по предлагаемому методу, м <sup>3</sup> /сек |
|----------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Агстев . . . . .           | 1,27                                           | 2,48                                                        | 0,58                                  | 1,43                                                                           |
| Памбак . . . . .           | 2,32                                           | 4,11                                                        | 0,58                                  | 2,38                                                                           |
| Ахуриан . . . . .          | 2,85                                           | 4,79                                                        | 0,58                                  | 2,78                                                                           |
| Раздан . . . . .           | 6,00                                           | 9,70                                                        | 0,58                                  | 5,63                                                                           |
| Азат-Веди . . . . .        | 3,23                                           | 5,06                                                        | 0,58                                  | 2,93                                                                           |
| Арпа . . . . .             | 4,77                                           | 9,90                                                        | 0,58                                  | 5,74                                                                           |
| Воротан . . . . .          | 5,28                                           | 9,49                                                        | 0,58                                  | 5,50                                                                           |
| Вохчи и Мегри . . . . .    | 1,90                                           | 3,24                                                        | 0,58                                  | 1,88                                                                           |
| Дзорагет . . . . .         | 5,26                                           | 7,63                                                        | 0,70                                  | 5,34                                                                           |
| Арагацкий массив . . . . . | 15,40                                          | 22,70                                                       | 0,70                                  | 15,90                                                                          |
| Севанский . . . . .        | 5,80                                           | 8,23                                                        | 0,70                                  | 5,76                                                                           |

как мы уже говорили, тесно связаны с геологическими, гидрогеологическими и прочими особенностями каждого бассейна. В таких условиях применение математической статистики для изучения колебаний оказывается затруднительным.

Величина минимального стока очень слабо связана с количеством осадков данного периода. Это обстоятельство исключает возможность установления параметров кривых обеспеченности с помощью метеорологических данных, а гидрометрические данные по рекам территории недостаточны для обоснования приема косвенного расчета указанных параметров. Ввиду этого мы пока ограничиваем исследование только что описанным методом средних многолетних величин минимальных расходов воды.

В практике использования рек встречаются водохозяйственные системы, работа которых зависит от величины минимального расхода воды высокой обеспеченности. При проектировании таких систем приходится пока ориентировать переход от среднего значения минимума стока к характеристикам исключительного маловодья на индивидуальную оценку гидрологических и гидрогеологических особенностей каждого водосбора.

## ГЛАВА IX

# МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ

### § 1. Основные положения

Расчет максимальных расходов воды является одной из наиболее сложных и ответственных задач современной гидрологии. Проектирование любого гидротехнического сооружения связано с этой характеристикой стока. От правильного выбора величин максимального расхода зависит безопасность гидротехнических сооружений.

При расчете максимальных расходов особенно важен учет редко повторяющихся, чрезвычайно высоких величин стока, которые очень неполно представлены или совсем не представлены в материалах гидрометрических измерений.

Проблема максимального стока занимает многих наших ученых. Исследования максимальных расходов производятся Академией наук СССР, республиканскими академиями, организациями ГУГМС и МПС, Гидроэнергопроектом, Союзтранспроектом, Гидропроектом и т. д. В результате многолетней работы накоплен обширный и ценный материал, освещающий условия формирования высокого стока и намечающий пути теоретического изучения этого явления.

Все же проблему методики расчета максимальных расходов воды до настоящего времени нельзя считать полностью разрешенной.

В современной гидротехнической практике расчет максимальных расходов воды основывается на принципах теории вероятностей. Во избежание механического применения теории вероятностей при изучении характеристик максимального стока рек Армении мы считаем необходимым вкратце остановиться на тех особенностях, которые свойственны этим рекам.

Прежде всего реки Армянской ССР характеризуют смешанное питание. Основная часть половодья, во время которого



наблюдаются максимальные расходы, формируется за счет снеготаяния. Снеговая вода начинает поступать в реки с конца зимы и подъем продолжается до схода основной массы снегового покрова, после чего начинается спад. Подъем совершается более быстро, чем спад. Сволной талых вод суммируется дождевое питание, образующее ряд быстротечных паводков ливневого происхождения. Последние придают гидрографу пилообразное очертание с резко выделяющимися пиками. Горному ландшафту свойственны значительные падения и крутые уклоны, которые способствуют быстрому подъему расходов воды в реках во время паводков. С другой стороны, значительная разница в высоте различных частей бассейнов приводит к тому, что положительная температура в начале весны наступает в верховьях и в низовьях рек неодновременно. Это обстоятельство, в известной мере, влияет сглаживающе на очертание гидрографа и увеличивает продолжительность половодья. Обычно половодье на всех реках прекращается к июню или июлю и сменяется меженью. Осенью количество атмосферных осадков возрастает, в то же время температура воздуха понижается, оканчивается вегетационный период, вследствие чего потеря воды на испарение и транспирацию резко уменьшается. В результате взаимодействия этих факторов осенью начинается второе, меньшее чем весной, повышение стока некоторых рек.

На величину максимального расхода воды влияет, таким образом, ряд факторов: мощность снегового покрова, интенсивность ливневых осадков, уклон и конфигурация бассейна, шероховатость русла, заболоченность почвы, растительный покров, интенсивность снеготаяния и т. д.

Указанные факторы можно разделить на три группы. К первой группе мы относим факторы, которые способствуют увеличению максимума; ко второй — уменьшающие величину максимума; в третью группу включаем факторы, в определенных условиях влияющие на сток положительно, а при изменении условий — отрицательно.

Первая группа факторов — это мощность снегового покрова, быстрота повышения температуры воздуха и почвы при переходе ее через нуль в период снеготаяния, интенсивность и продолжительность ливневых дождей, крутизна склонов бассейна и некоторые другие.

Вторая группа — шероховатость бассейна, густота растительного покрова, в частности лесного, шероховатость русла, водопроницаемость почв водосбора и т. п.

Третью группу составляет температура воздуха и т. п.

И, наконец, совершенно необходимо учитывать гидрологическое значение производственно-экономической деятельности

человеческого общества, возрастающее по мере культурно-технического прогресса человечества.

При оценке величин максимального стока мы вынуждены дать пока комплексную количественную характеристику всех названных выше факторов, так как не располагаем еще достаточно точными данными о динамике соотношений между ними. Изучение же гидрологического значения производственно-экономической деятельности общества мы выделяем в особую задачу.

## § 2. Расчет максимальных расходов при наличии ряда ежегодных максимумов

В качестве исходных материалов при определении характеристик максимальных расходов воды нами были приняты гидрологические данные по 14 крупным рекам; в эту группу были отобраны водосборы, сток которых колеблется по годам несинхронно.

Из анализа гидрометрических материалов следует, что по указанным опорным водосборам длительность ряда измеренных ежегодных максимальных расходов можно считать достаточной для определения среднего многолетнего их значения и коэффициента изменчивости. Тот же материал дает возможность ориентировочно судить о типе кривой обеспеченности и о коэффициенте асимметрии. Изучение материала привело нас к выводу, что повторяемость максимальных расходов воды удовлетворительно передается кривыми обеспеченности типа, предложенного С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем.

Коэффициент изменчивости максимального стока колеблется по рекам Армении от 0,30 до 0,85 (табл. 31).

По значениям этого параметра реки можно разделить на три группы:

1. Для рек северной части республики коэффициент изменчивости колеблется от 0,41 до 0,50.
2. Для рек Севанского бассейна значение коэффициентов изменчивости лежит в интервале от 0,67 до 0,85.
3. Для остальных рек величина коэффициента изменчивости оказывается равной от 0,30 до 0,39.

Наличие такой закономерности в распределении величин коэффициента изменчивости дает нам возможность объединить и рассматривать данные в совокупности по указанным группам рек. Группировка рек позволяет нам: во-первых, оценить значение коэффициента асимметрии ( $C_s$ ); во-вторых, подготовить материал для решения следующей части задачи, т. е. разработки приемов косвенного расчета максимальных расходов воды неизученных бассейнов.



Таблица 31

Определение параметров кривых обеспеченности по трем группам рек

| Бассейн                   | $C_c$ | $C_s$ | $C_s/C_v$            |                        |
|---------------------------|-------|-------|----------------------|------------------------|
|                           |       |       | по данным наблюдений | рекомендуемая величина |
| Агстев . . . . .          | 0,44  |       |                      |                        |
| Памбак . . . . .          | 0,41  |       |                      |                        |
| Дзорагет . . . . .        | 0,45  |       |                      |                        |
| Ахурия . . . . .          | 0,50  |       |                      |                        |
| Арагацский массив . . . . | 0,44  |       |                      |                        |
| Среднее . . . . .         | 0,45  | 0,74  | 1,65                 | 2,0                    |
| Гаварагет . . . . .       | 0,85  |       |                      |                        |
| Дзыкнагет . . . . .       | 0,67  |       |                      |                        |
| Аргича . . . . .          | 0,85  |       |                      |                        |
| Варденик . . . . .        | 0,79  |       |                      |                        |
| Среднее . . . . .         | 0,80  | 2,20  | 2,75                 | 3,0                    |
| Раздан . . . . .          | 0,30  |       |                      |                        |
| Азат . . . . .            | 0,39  |       |                      |                        |
| Арпа . . . . .            | 0,30  |       |                      |                        |
| Воротан . . . . .         | 0,33  |       |                      |                        |
| Среднее . . . . .         | 0,35  | 0,87  | 2,49                 | 3,0                    |

В первую группу входит 80, во вторую 68 и в третью 80 измеренных величин максимальных расходов за год. Мы можем считать, что групповые коэффициенты изменчивости определены с достаточной точностью. Степень достоверности оценок коэффициента асимметрии значительно ниже. Однако проверить точность оценки этого параметра в настоящее время затруднительно из-за ограниченности материала наблюдений. С помощью вычисленных параметров построены кривые обеспеченности, сопоставленные с наблюдаемыми величинами максимальных расходов воды. Для этой цели ежегодные величины максимальных расходов по каждой реке мы выразили в долях среднего многолетнего значения. Полученные относительные величины были объединены по группам рек и раз-

мещены в порядке убывания. Обеспеченности их оценивались по формуле:

$$p\% = \frac{m}{n+1} 100\%,$$

где  $n$  — число расходов в группе,

$m$  — номер в убывающем порядке.

Точки, изображающие измеренные расходы, были нанесены на чертеж кривых обеспеченности. В основном фактические точки хорошо совмещаются с теоретическими кривыми.

В каждой из составленных нами групп отдельные реки обладают более высоким коэффициентом изменчивости максимального стока, чем средний для данной группы в целом. Для того чтобы избежать преуменьшения величин максимальных расходов, можно при расчетах допускать некоторое повышение коэффициента изменчивости, принимая для данной группы в целом то значение этого коэффициента, которое является наибольшим в группе. При таком порядке мы должны принимать для рек северной части территории (для первой группы) коэффициент изменчивости равным 0,50, а не 0,45. Для второй группы коэффициент изменчивости повышается с 0,80 до 0,85 и для остальных рек — с 0,35 до 0,40.

Построенные для групп рек кривые обеспеченности охватывают все крупные водосборы республики. Соответственно мы можем использовать эти кривые и при оценке максимального стока неизученных рек. Для этого необходимо установить среднее значение ежегодных максимумов неизученных рек и определить, в каких районах они находятся. Умножая среднее арифметическое значение на величины ординат кривой обеспеченности, получаем те расходы, которые являются расчетными при проектировании того или другого гидротехнического сооружения. В связи с этим в следующем параграфе излагается методика определения нормы ежегодных максимальных расходов по неизученным бассейнам.

### § 3. Определение средних величин максимального стока<sup>1</sup>

В гидрологической литературе известно множество различных методов установления основных характеристик максимального стока (их предлагали: Ф. Г. Зброжек, Д. И. Кочерин, М. А. Великанов, П. Ф. Горбачев, Б. И. Скачков, Б. В. Поляков, Б. Д. Зайков, Д. Л. Соколовский, М. Э. Шевелев, А. И. Чеботарев, А. В. Огиевский и другие; известны также формулы НКПС). Однако ни один из методов непосредственно не при-



меним к изучению максимального стока рек Армении. Мы попытаемся решить эту задачу на основе анализа особенностей климата и ландшафта исследуемой территории, опираясь на имеющиеся в нашем распоряжении данные по максимальному стоку гидрометрически изученных бассейнов. Прделанный анализ показывает, что величина максимума довольно тесно связана на реках Армении с величиной суммарного весеннего стока.

В табл. 32 сопоставлены между собой по опорным створам средние многолетние значения: а) ежегодных максимумов и б) сумм среднемесячных расходов трех весенних месяцев — марта, апреля, мая.

Таблица 32

| Бассейн               | Среднее из<br>максималь-<br>ных расходов<br>воды, м³/сек | Сумма<br>средних<br>расходов<br>воды весен-<br>него периода | $\frac{Q_{\text{макс}}}{Q_{\text{вес}}}$ |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Агстев . . . . .      | 69,4                                                     | 56,9                                                        | 1,22                                     |
| Памбак . . . . .      | 73,9                                                     | 59,8                                                        | 1,24                                     |
| Дзорагет . . . . .    | 100,7                                                    | 73,5                                                        | 1,37                                     |
| Ахурян . . . . .      | 67,0                                                     | 48,2                                                        | 1,39                                     |
| Среднее . . . . .     |                                                          |                                                             | 1,3                                      |
| Гаварагет . . . . .   | 21,0                                                     | 14,3                                                        | 1,47                                     |
| Дзыкнагет . . . . .   | 15,6                                                     | 9,80                                                        | 1,59                                     |
| Аргичи . . . . .      | 59,2                                                     | 33,7                                                        | 1,76                                     |
| Варденик . . . . .    | 15,8                                                     | 7,84                                                        | 2,01                                     |
| Среднее . . . . .     |                                                          |                                                             | 1,7                                      |
| Арагадский массив . . | 115,1                                                    | 114,4                                                       | 1,01                                     |
| Раздан . . . . .      | 79,8                                                     | 74,0                                                        | 1,08                                     |
| Азат . . . . .        | 31,3                                                     | 27,4                                                        | 1,14                                     |
| Арпа . . . . .        | 135                                                      | 114,7                                                       | 1,17                                     |
| Воротан . . . . .     | 116,7                                                    | 104,4                                                       | 1,12                                     |
| Вохчи . . . . .       | 36,7                                                     | 34,5                                                        | 1,07                                     |
| Среднее . . . . .     |                                                          |                                                             | 1,1                                      |

Сопоставив между собой указанные в первой и второй графах величины, легко усмотреть связь между ними. Эта связь становится более тесной при рассмотрении отдельно каждой

# Вывод уравнения регрессии нормы ежегодных максимумов

| Бассейн             | $Q_{\text{макс}}$<br>м³/сек | $\lg Q$<br>или<br>$y$ | $y - \bar{y}$ | $(y - \bar{y})^2$ | $F$<br>км² | $\lg F$<br>или<br>$x_1$ | $x_1 - \bar{x}_1$ | $(x_1 - \bar{x}_1)^2$ |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| Ахурян . . . . .    | 67,0                        | 1,826                 | 0,095         | 0,0090            | 840        | 2,924                   | 0,044             | 0,0019                |
| Памбак . . . . .    | 73,9                        | 1,868                 | 0,137         | 0,0188            | 1368       | 3,136                   | 0,256             | 0,0655                |
| Дзорагет . . . . .  | 100,7                       | 2,030                 | 0,299         | 0,0894            | 1450       | 3,161                   | 0,281             | 0,0790                |
| Агстев . . . . .    | 69,4                        | 1,841                 | 0,110         | 0,0121            | 1179       | 3,071                   | 0,191             | 0,0365                |
| Раздан . . . . .    | 79,8                        | 1,902                 | 0,171         | 0,0292            | 1267       | 3,103                   | 0,223             | 0,0497                |
| Азат . . . . .      | 31,3                        | 1,496                 | -0,235        | 0,0552            | 478        | 2,679                   | -0,201            | 0,0404                |
| Арпа . . . . .      | 135,0                       | 2,130                 | 0,399         | 0,1592            | 2062       | 3,314                   | 0,434             | 0,1884                |
| Воротан . . . . .   | 116,7                       | 2,067                 | 0,396         | 0,1129            | 2019       | 3,305                   | 0,425             | 0,1806                |
| Вохчи . . . . .     | 36,7                        | 1,565                 | -0,166        | 0,0276            | 685        | 2,836                   | -0,044            | 0,0019                |
| Гаварагет . . . . . | 21,0                        | 1,322                 | -0,409        | 0,1673            | 473        | 2,675                   | -0,205            | 0,0420                |
| Аргичи . . . . .    | 59,2                        | 1,772                 | 0,041         | 0,0017            | 386        | 2,587                   | -0,293            | 0,0858                |
| Варденик . . . . .  | 15,8                        | 1,199                 | -0,532        | 0,2830            | 114        | 2,057                   | -0,823            | 0,6773                |
| Дзыкнагет . . . . . | 15,6                        | 1,193                 | -0,538        | 0,2894            | 86         | 1,935                   | -0,945            | 0,8930                |
| Арагацкий массив .  | 104,7                       | 2,020                 | 0,289         | 0,0835            | 3382       | 3,529                   | 0,649             | 0,4212                |
| Сумма . . . . .     |                             | 24,23                 |               | 1,3383            |            | 40,32                   |                   | 2,7632                |
| Среднее . . . . .   |                             | 1,731                 |               |                   |            | 2,880                   |                   |                       |



с площадью водосбора и средней величиной весеннего стока

| $Q_{\text{ср. вес.}}$<br>м <sup>3</sup> /сек | $q$<br>л/сек<br>км <sup>2</sup> | $\lg q$<br>или<br>$x_2$ | $x_2 - \overline{x_2}$ | $(x_2 - \overline{x_2})^2$ | $(y - \overline{y}) \cdot$<br>$(x_1 - \overline{x_1})$ | $(y - \overline{y}) \cdot$<br>$(x_2 - \overline{x_2})$ | $(x_1 - \overline{x_1}) \cdot$<br>$(x_2 - \overline{x_2})$ |
|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 16,1                                         | 19,2                            | 1,283                   | 0,024                  | 0,0006                     | 0,0042                                                 | 0,0023                                                 | 0,0011                                                     |
| 19,9                                         | 14,6                            | 1,164                   | -0,095                 | 0,0090                     | 0,0351                                                 | -0,0130                                                | -0,0243                                                    |
| 24,5                                         | 16,9                            | 1,228                   | -0,031                 | 0,0010                     | 0,0840                                                 | -0,0093                                                | -0,0087                                                    |
| 18,9                                         | 16,0                            | 1,204                   | -0,055                 | 0,0030                     | 0,0210                                                 | -0,0061                                                | -0,0105                                                    |
| 24,7                                         | 19,5                            | 1,290                   | 0,031                  | 0,0010                     | 0,0381                                                 | 0,0053                                                 | 0,0069                                                     |
| 9,1                                          | 19,0                            | 1,279                   | 0,020                  | 0,0004                     | 0,0472                                                 | -0,0047                                                | -0,0040                                                    |
| 38,2                                         | 18,5                            | 1,267                   | +0,008                 | 0,0001                     | 0,1732                                                 | 0,0032                                                 | 0,0035                                                     |
| 34,8                                         | 17,3                            | 1,238                   | -0,021                 | 0,0004                     | 0,1428                                                 | -0,0071                                                | -0,0089                                                    |
| 11,5                                         | 16,8                            | 1,225                   | -0,034                 | 0,0012                     | 0,0073                                                 | 0,0056                                                 | 0,0015                                                     |
| 4,8                                          | 10,2                            | 1,009                   | -0,250                 | 0,0625                     | 0,0838                                                 | 0,1022                                                 | 0,0512                                                     |
| 11,2                                         | 29,1                            | 1,464                   | 0,205                  | 0,0420                     | -0,0120                                                | 0,0084                                                 | -0,0601                                                    |
| 2,61                                         | 22,9                            | 1,360                   | 0,101                  | 0,0102                     | 0,4378                                                 | -0,0537                                                | -0,0831                                                    |
| 3,27                                         | 38,0                            | 1,580                   | 0,321                  | 0,1030                     | 0,5084                                                 | -0,1727                                                | -0,3033                                                    |
| 36,0                                         | 10,7                            | 1,029                   | -0,230                 | 0,0529                     | 0,1875                                                 | -0,0665                                                | -0,1497                                                    |
|                                              |                                 | 17,62                   |                        | 0,2873                     | 1,7584                                                 | -0,2061                                                | -0,5884                                                    |
|                                              |                                 | 1,259                   |                        |                            |                                                        |                                                        |                                                            |

из выделенных нами групп рек. Для рек северной части территории отношение ежегодного максимума к весеннему стоку составляет 1,3, для Севанского бассейна — 1,7, а для остальных рек — 1,1.

Так как при формировании максимального стока имеют значение и размеры бассейна, то рассматриваемая связь еще более приближается к функциональной при учете величины водосбора. Размер бассейна влияет на величину максимального стока, так как известно, что средняя по территории интенсивность дождей обнаруживает тенденцию к уменьшению с возрастанием площади орошения. В том же направлении сказывается и неодновременность наступления интенсивного снеготаяния в различных частях более крупных водосборов.

Принимая во внимание сказанное, мы попытались вывести уравнение регрессии между средними из ежегодных максимальных расходов, среднемесячным модулем стока весенних месяцев и площадью бассейна. При построении этого уравнения были применены приемы теории корреляции. Последовательность расчета ясна из табл. 33.

Коэффициенты корреляции:

$$r_{yx_1} = \frac{\Sigma (y - \bar{y})(x_1 - \bar{x}_1)}{\sqrt{\Sigma (y - \bar{y})^2 \Sigma (x_1 - \bar{x}_1)^2}} = \frac{1,7584}{\sqrt{1,3383 \cdot 2,7632}} = 0,914$$

$$r_{yx_2} = \frac{\Sigma (y - \bar{y})(x_2 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\Sigma (y - \bar{y})^2 \Sigma (x_2 - \bar{x}_2)^2}} = \frac{-0,2061}{\sqrt{1,3383 \cdot 0,2873}} = -0,332$$

$$r_{x_1x_2} = \frac{\Sigma (x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\Sigma (x_1 - \bar{x}_1)^2 \Sigma (x_2 - \bar{x}_2)^2}} = \frac{-0,5884}{\sqrt{2,7632 \cdot 0,2873}} = -0,660$$

$$r = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1} \cdot r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,835 + 0,110 - 2 \cdot 0,914 \cdot 0,332 \cdot 0,660}{1 - 0,436}} = 0,980$$

$$x_2 r_{yx_1} = \frac{r_{yx_1} - r_{x_1x_2} \cdot r_{yx_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2)(1 - r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{0,914 - (-0,660) \cdot (-0,332)}{\sqrt{(1 - 0,110)(1 - 0,436)}} = 0,982$$

$$x_1 r_{yx_2} = \frac{r_{yx_2} - r_{x_1x_2} \cdot r_{yx_1}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2)(1 - r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{-0,332 - (-0,660) \cdot 0,914}{\sqrt{(1 - 0,835)(1 - 0,436)}} = 0,889$$

$$b_1 = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2} \cdot \sqrt{\frac{\Sigma (y - \bar{y})^2}{\Sigma (x_1 - \bar{x}_1)^2}} =$$

$$= \frac{0,914 - (-0,332) \cdot (-0,660)}{1 - 0,436} \times \sqrt{\frac{1,3383}{2,7632}} = 0,857.$$



$$b_2 = \frac{yx_2 - r_{yx_1} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2} \cdot \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2}} =$$

$$= \frac{-0,332 - (0,914)(-0,660)}{1 - 0,436} \times \sqrt{\frac{1,3383}{0,2873}} = 1,037.$$

Уравнение регрессии

$$Y = (\bar{Y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2) + b_1x_1 + b_2x_2 =$$

$$= (1,731 - 0,857 \cdot 2,880 - 1,037 \cdot 1,259) + 0,857x_1 + 1,037x_2 =$$

$$= -2,043 + 0,857x_1 + 1,037x_2.$$

Следовательно:

$$\lg \bar{Q}_{\text{макс}} = 3,957 + 0,857 \lg F + 1,037 \lg \bar{q}_{\text{всв}}$$

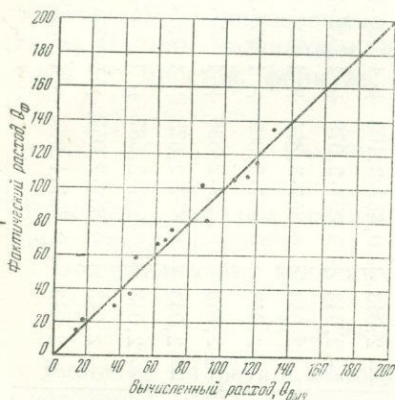
$$Q_{\text{макс}} = 0,00906 F^{0,857} \bar{q}^{1,037}$$

или

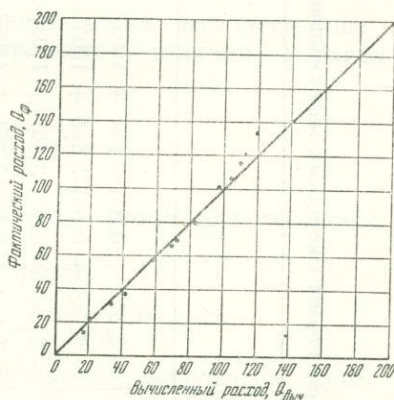
$$Q_{\text{макс}} = \frac{0,00906 F^{0,857} \bar{Q}_{\text{всв}}^{1,037}}{F^{1,037}} = 0,00906 \frac{\bar{Q}_{\text{всв}}^{1,037}}{F^{0,18}} \approx 0,009 \frac{\bar{Q}_{\text{всв}}^{1,04}}{F^{0,18}}.$$

По найденному уравнению были вычислены теоретические значения средних многолетних величин максимальных расходов воды гидрометрически изученных рек (табл. 34).

Для наглядности был построен график связи между вычисленными и наблюденными значениями максимумов (фиг. 33).



Фиг. 33. Связь между вычисленными ( $Q_{\text{выч}}$ ) и фактическими ( $Q_{\text{ф}}$ ) величинами средних многолетних значений максимального расхода воды без региональных поправок.



Фиг. 34. Связь между вычисленными ( $Q_{\text{выч}}$ ) и фактическими ( $Q_{\text{ф}}$ ) величинами средних многолетних значений максимального расхода воды с региональными поправками.

Сравнение результатов расчета с наблюденными значениями максимумов показывает, что отношение  $\frac{Q_{\text{набл}}}{Q_{\text{выч}}}$  для рек северной части территории равняется в среднем 1,09, для

Определение нормы ежегодных максимальных расходов по предлагаемому методу

| Бассейн                 | $\lg Q$                                                                           | $\bar{Q}_{\text{выч.}}$ |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Ахурян . . . . .        | $-2,043 + 0,857 \cdot 2,924 + 1,037 \cdot 1,283 = -2,043 + 2,506 + 1,330 = 1,793$ | 62,1                    |
| Памбак . . . . .        | $-2,043 + 0,857 \cdot 3,136 + 1,037 \cdot 1,164 = -2,043 + 2,678 + 1,207 = 1,842$ | 69,5                    |
| Дзорагет . . . . .      | $-2,043 + 0,857 \cdot 3,161 + 1,037 \cdot 1,228 = -2,043 + 2,709 + 1,273 = 1,939$ | 86,9                    |
| Агстев . . . . .        | $-2,043 + 0,857 \cdot 3,071 + 1,037 \cdot 1,204 = -2,043 + 2,632 + 1,229 = 1,818$ | 65,7                    |
| Арагацский массив . . . | $-2,043 + 0,857 \cdot 3,529 + 1,037 \cdot 1,029 = -2,043 + 3,024 + 1,067 = 2,048$ | 111,7                   |
| Раздан . . . . .        | $-2,043 + 0,857 \cdot 3,103 + 1,037 \cdot 1,290 = -2,043 + 2,659 + 1,338 = 1,954$ | 90,0                    |
| Азат . . . . .          | $-2,043 + 0,857 \cdot 2,679 + 1,037 \cdot 1,279 = -2,043 + 2,296 + 1,326 = 1,579$ | 37,9                    |
| Арпа . . . . .          | $-2,043 + 0,857 \cdot 3,314 + 1,037 \cdot 1,267 = -2,043 + 2,840 + 1,314 = 2,111$ | 129,1                   |
| Воротан . . . . .       | $-2,043 + 0,857 \cdot 3,305 + 1,037 \cdot 1,238 = -2,043 + 2,834 + 1,284 = 2,075$ | 118,8                   |
| Вохчи . . . . .         | $-2,043 + 0,857 \cdot 2,836 + 1,037 \cdot 1,225 = -2,043 + 2,430 + 1,270 = 1,657$ | 45,4                    |
| Гаварагет . . . . .     | $-2,043 + 0,857 \cdot 2,675 + 1,037 \cdot 1,009 = -2,043 + 2,232 + 1,046 = 1,235$ | 17,1                    |
| Аргичи . . . . .        | $-2,043 + 0,857 \cdot 2,587 + 1,037 \cdot 1,464 = -2,043 + 2,217 + 1,518 = 1,692$ | 49,2                    |
| Варденик . . . . .      | $-2,043 + 0,857 \cdot 2,057 + 1,037 \cdot 1,360 = -2,043 + 1,763 + 1,410 = 1,130$ | 13,5                    |
| Дзыхнагет . . . . .     | $-2,043 + 0,857 \cdot 1,935 + 1,037 \cdot 1,580 = -2,043 + 1,658 + 1,638 = 1,153$ | 14,2                    |



Севанского бассейна 1,20, а для остальных рек 0,92 (табл. 35). Используя эту зональность, мы можем уточнить расчет, вводя в уравнение региональные коэффициенты. График связи между вычисленными с учетом этих коэффициентов и наблюдаемыми величинами средних многолетних значений максимального расхода прилагается (фиг. 34).

Выведенные зависимости позволяют наметить методику определения ежегодных максимальных расходов по неизученным бассейнам. В главе VII мы показали, что величину среднемесячных расходов любого неизученного бассейна, расположенного на территории Армении, можно определить по формуле:

$$Q_i = 0,000379 Y_{\text{сез}} (1 \pm \mu) \alpha_i \beta_i F \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Применение этой формулы к расчету максимального стока не представляет затруднений.

Используя картограмму нормы стока или карту изогнет, мы можем определить величину слоя стока теплого сезона. Применяя приведенные значения параметров стока весенних месяцев:

$$\alpha_{III}\beta_{III}, \alpha_{IV}\beta_{IV}, \alpha_V\beta_V,$$

определяем среднемесячные значения стока весеннего квартала. По ним вычисляем средневесеннюю величину расхода воды по простой формуле:

$$\bar{Q}_{\text{вес}} = \frac{1}{3} \sum_{i=III}^{i=V} Q_i \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Имея  $Q_{\text{вес}}$  находим величину модуля стока для весеннего периода  $q_{\text{вес}}$  л/сек км<sup>2</sup>.

Подставляя эту величину в формулу

$$Q_{\text{макс}} = 0,00906 F^{0,857 - \frac{1,037}{q_{\text{вес}}}}$$

и умножая на региональный коэффициент, определяем норму ежегодного максимального стока неизученного бассейна.

Объединяя полученные выводы, мы можем придать окончательный вид формуле, предлагаемой для расчета нормы ежегодного максимального стока неизученных бассейнов рек Армянской ССР:

$$Q_{\text{макс}} = A F^{0,86} \left[ \frac{1}{3} \sum_{i=III}^{i=V} 0,379 Y_{\text{сез}} (1 \pm \mu) \alpha_i \beta_i \right]^{1,04}$$

Здесь параметр  $A$  для северной части территории равняется 0,01.

Для рек Севанского бассейна 0,011.

Определение нормы ежегодных максимумов по предлагаемому методу  
с учетом региональной поправки

| Бассейн                    | $Q_{\text{выч}}$ | $Q_{\text{набл}}$ | $Q_{\text{набл}}/Q_{\text{выч}}$ | $Q_{\text{выч}} \cdot K$ |
|----------------------------|------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Ахурян . . . . .           | 62,1             | 67,0              | 1,08                             | 67,7                     |
| Памбак . . . . .           | 69,5             | 73,9              | 1,07                             | 75,7                     |
| Дзорагет . . . . .         | 86,9             | 100,7             | 1,15                             | 94,7                     |
| Агстев . . . . .           | 65,7             | 69,4              | 1,06                             | 71,6                     |
| Средний $K = 1,09$         |                  |                   |                                  |                          |
| Гаварагет . . . . .        | 17,1             | 21,0              | 1,22                             | 20,5                     |
| Аргичи . . . . .           | 49,2             | 59,2              | 1,20                             | 59,0                     |
| Варденик . . . . .         | 13,5             | 15,8              | 1,17                             | 16,2                     |
| Дзыкнагет . . . . .        | 14,2             | 15,6              | 1,10                             | 17,1                     |
| Средний $K = 1,20$         |                  |                   |                                  |                          |
| Арагацкий массив . . . . . | 111,7            | 104,7             | 0,94                             | 102,7                    |
| Раздан . . . . .           | 90,0             | 79,8              | 0,89                             | 82,8                     |
| Азат . . . . .             | 37,9             | 31,3              | 0,83                             | 34,8                     |
| Арпа . . . . .             | 129,1            | 135,0             | 1,04                             | 118,8                    |
| Воротан . . . . .          | 118,8            | 116,7             | 0,98                             | 109,3                    |
| Вохчи . . . . .            | 45,4             | 36,7              | 0,81                             | 41,7                     |
| Средний $K = 0,92$         |                  |                   |                                  |                          |

Для центральной и южной частей территории 0,0083.

В формуле максимального расхода модуль  $q_{\text{вес}}$  выражен в л/сек км<sup>2</sup>.

Для подтверждения предлагаемого метода определения нормы ежегодных максимумов мы провели несколько примерных расчетов. Выполняя эти контрольные расчеты, мы условно допустили, что реки Армении не обладают гидрометрическими данными, и определили все элементы стока изложенными в настоящей работе косвенными методами. Расчеты показали удовлетворительное совпадение вычисленных величин с наблюдаемыми.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании наших исследований можно прийти к следующим основным выводам:

1. Главнейшие факторы стока — атмосферные осадки и температура — связаны в Армении в первую очередь с высотой местности. С увеличением высоты местности от 500 м над уровнем моря до 4100 м количество осадков увеличивается. Связь между температурой воздуха и высотой еще теснее, чем связь между количеством осадков и высотой; при увеличении высоты местности температура воздуха понижается. Некоторое изменение климата прослеживается также в широтном направлении. Количество осадков увеличивается с юга на север, а температура повышается к югу.

2. Особое значение в условиях горной страны имеет расчленение рельефа, которым определяется направление вторгающихся на территорию республики воздушных масс. Направление горных хребтов и долин, а также экспозиция склонов существенно отражаются на распределении климатических явлений по территории. Горные хребты, простирающиеся с запада на восток, препятствуют вторжению влагоносных воздушных потоков, вследствие чего в северной части территории выпадает значительно больше осадков, чем в южной. Горные хребты, расположенные меридионально, отклоняют воздушные течения с севера на юг. Долины, прорезанные в этом же направлении, являются наиболее удобными путями для транспортировки влагоносных воздушных масс. Экспозиция бассейна существенно влияет на величину стока. Южные склоны получают большее количество солнечного тепла, чем северные, и меньше, чем последние, подвергаются воздействию холодных воздушных течений. Направление горных хребтов и долин настолько изменяет распределение климатических факторов, что в некоторых бассейнах нарушается зависимость между высотой местности и количеством атмосферных осадков.

3. Разнообразие климатических условий соответствует в различных частях территории разнообразие почвенного и растительного покрова; однако вертикальная зональность в распределении почвенно-растительных формаций выражена четко.

Как растительный, так и почвенный покровы тесно связаны с температурой, количеством осадков и глубиной залегания грунтовых вод. Богатый растительный покров развивается в средних высотных зонах, где обеспечена оптимальная естественная влажность почвы. Здесь особую роль играет человеческая деятельность, которая сильно изменяет естественные условия произрастания растительности посредством агрикультурных и лесомелиоративных мероприятий.

Лесистость благотворно влияет на климатический и стоковый режимы, сглаживая их колебания и срезая острые пики.

4. В гидрогеологическом строении территории труднее обнаружить определенную закономерность. Расположение водоупорных коренных пород не находится в сколько-нибудь тесной связи с высотой местности, хотя и замечается некоторая система в размещении контактных слоев, выходящих на земную поверхность.

5. Благодаря связи между климатическими факторами и географической широтой, с одной стороны, и высотой местности — с другой, исследуемая территория поддается районированию в климатическом отношении.

6. Вследствие влияния геологического строения, человеческой деятельности и прочих условий территория поддается гидрологическому районированию значительно труднее, чем климатическому. В основном гидрологические районы совпадают с климатическими. Однако при исследовании различных количественных характеристик стока границы гидрологических районов несколько перемещаются.

7. Все факторы стока подвержены изменениям в пространстве и времени. В СССР изменения динамики речного стока особо сильно проявляются в связи с мощной, преобразующей природу производственно-экономической деятельностью общества. При водохозяйственном расчете следует учитывать гидрологическое значение человеческой деятельности.

8. Так как климатические факторы определенным образом связаны с высотой местности и с вертикальной расчлененностью рельефа, то размещать метеорологические станции необходимо в характерных точках рельефа. Сеть их должна быть доведена до такой густоты, чтобы между смежными станциями распределение метеорологических факторов могло ин-



терполироваться. Если это пожелание не может быть по практическим причинам немедленно проведено в жизнь, то желательно, чтобы оно было принято, как направляющий принцип в планировании развития метеосети.

9. При определении нормы осадков в целом для любого бассейна в горных условиях необходимо предварительно установить интенсивность их примерного выпадения в характерных пунктах рельефа. На основе этого следует провести сеть изогет и, с помощью планиметрирования, определить величину нормы осадков.

10. При определении нормы стока гидрометрически изученных бассейнов следует пользоваться данными тех створов, выше которых подземный и поверхностный бассейны практически совпадают. Если это условие не соблюдается, то после тщательного исследования гидрогеологии бассейна необходимо особо учитывать его подземный приток и водоотдачу и вводить соответствующие поправки. В таких случаях смежные бассейны, связанные подземными путями, объединяются в общую систему.

11. Существующая гидрометрическая сеть охватывает речную систему территории лишь частично. Почти по всем малым рекам не имеется достаточно продолжительных наблюдений. Поэтому при установлении характеристик стока неизученных бассейнов следует возможно полнее использовать метеорологические данные. Основываясь на гидрометрических данных по изучаемым водосборам, можно установить зависимость между высотой бассейна и средним многолетним коэффициентом стока. Учитывая эту зависимость и опираясь на метеорологические данные, возможно определить величину среднего многолетнего стока для ряда характерных пунктов территории. По полученной таким образом сети опорных точек легко составить картограмму нормы стока. Посредством планиметрирования можно определить норму стока любого неизученного бассейна.

12. В диапазон значений средней высоты бассейнов гидрометрически изученных рек, данные по которым используются при построении кривой связи между коэффициентом стока и высотой местности, не входят показатели для наиболее высоких и наиболее низких точек изучаемой территории. Поэтому значения коэффициентов стока для верхних и нижних характерных пунктов территории были определены нами с помощью уравнивания водного баланса.

При использовании уравнивания водного баланса для определения суммарного испарения с площадей речных бассейнов использовались графики испарения и формулы автора, учитывающие специфику климатических условий и растительного

покрова Армении. Вычисленные таким методом величины коэффициента стока хорошо согласовываются с построенной по наблюдениям центральной частью кривой зависимости между этим коэффициентом и высотой местности.

13. Существует определенная закономерность в распределении количества осадков по сезонам; почти по всей территории одна треть годовых осадков выпадает в холодном сезоне.

При исследовании распределения стока по временам года, его сезонные величины можно установить с помощью приведенных коэффициентов стока достаточно точно, как функцию от годового количества осадков.

Приведенные коэффициенты стока теплого и холодного полугодий и четырех времен года (каждому из которых соответствует определенный календарный квартал) очень близки друг к другу для смежных рек, и поэтому все водосборы можно разделить по значениям этих коэффициентов на четыре группы.

Распределение стока в течение сезонов также обнаруживает значительную устойчивость по группам рек, которые можно объединить по генетическому признаку.

Выявленные закономерности распределения стока по районам позволяют определить величину стока неизученной реки также по месяцам с учетом особенностей каждого бассейна и влияния производственно-экономической деятельности общества в пределах бассейнов.

14. При изучении колебаний стока в качестве технического приема анализа использовались приемы математической статистики. Особое внимание уделялось тому, чтобы не допускать механического применения теории вероятностей и рассматривать колебания стока в неразрывной связи с формирующими их факторами.

Коэффициенты изменчивости ежегодного количества осадков по различным бассейнам и по республике колеблются в пределах от 0,14 до 0,22.

Величины коэффициентов изменчивости годового и сезонного стока с достаточной точностью определяются через коэффициенты изменчивости осадков.

Совместная обработка гидрометрических материалов рек, сток которых колеблется асинхронно, позволяет приближенно оценить значения коэффициента асимметрии кривой обеспеченности.

15. Существует тесная связь между январскими среднемесячными расходами воды и нормой ежегодных минимумов стока.

Опираясь на эту связь, можно с достаточной точностью определять среднее значение минимального расхода воды для гидрометрически неизученных рек.



16. Существует тесная связь между величиной средне-весеннего стока и нормой ежегодного максимального расхода воды.

Средняя многолетняя величина ежегодного максимального расхода воды для неизученных бассейнов с достаточной точностью определяется с помощью метода, в основе которого лежит зависимость между максимальным расходом, средне-весенней величиной стока и площадью бассейна.

17. Характеристики колебаний по годам максимального стока можно свести в три региональные группы. Параметры кривой обеспеченности более точно определяются путем совместной обработки гидрометрических данных по этим группам рек.

18. Предлагаемые методы исследования и выражающие их картограммы, формулы и графики дают возможность установить с достаточной точностью ряд зависимостей между факторами и характеристиками стока; эти зависимости могут быть использованы при проектировании гидротехнических сооружений и при планировании водохозяйственного использования стока рек Армении. В результате дальнейшего углубления проведенных исследований станет возможным их применение к изучению речного стока в ряде других горных районов СССР.

---

## ЛИТЕРАТУРА

- А деркас О. Влияние установки дождемеров и силы ветра на количество измеряемых осадков. «Метеорологический вестник», 1926, № 9.
- А лексеев Г. А. О применении кривой распределения Гудрича к гидрологическим расчетам. Тр. НИУ ГУГМС, сер. IV, вып. 29. Л.—М., 1946.
- А птонов Н. Д. Приближенные методы подсчета коэффициента вариации при гидрологических расчетах. «Метеорология и гидрология», 1940, № 11.
- А нтонов Н. Д. Методика расчета объема весеннего половодья на реках европейской части СССР. Тр. НИУ ГУГМС, сер. IV, вып. 2. Л.—М., 1941.
- А поллов Б. А. Гидрологические информации и прогнозы. Гидрометеиздат, М.—Свердловск, 1945.
- А хутин А. Н. Будущая география рек и озер СССР. Изд. «Правда», 1948.
- Б асин Е. А. Сток степных рек Азово-Черноморского края. «Метеорология и гидрология», 1936, № 6.
- Б ерг Е. В. О прогнозах дождевого стока по принципу элементарного паводка. Тр. ГГИ, вып. 10, 1940.
- Б ерг Л. С. Физико-географические зоны СССР. 1936.
- Б ерг Л. С. Основы климатологии. Л., 1938.
- Б ерг Л. С. Климат и жизнь. Географиз, 1947.
- Б лизняк Е. В. Водные исследования. Речиздат, 1952.
- Б лизняк Е. В. и Поляков Б. В. Инженерная гидрология. Госстройиздат, 1939.
- Б оголюбов С. Н. Методика проектирования гидрографов снегового половодья. Тр. НИУ ГУГМС, сер. IV, вып. 39. Водный баланс и сток, 1946.
- Б огомазова З. П. и Петрова З. П. Ливни Европейской территории СССР и Кавказа. Тр. НИУ ГУГМС, сер. IV, вып. 1, 1941.
- Б ровкович Г. Н. О некоторых общих формах уравнения кривых распределения вероятностей. ГГИ, Вопросы стока и гидрологических расчетов, вып. 1, 1941.
- Б ровкович Г. Н. О кривых распределения вероятностей, применяемых в гидрологии. Тр. Первого совещания по регулированию стока. Изд. АН СССР, 1946.
- Б ровкович Г. Н. и Великанов Г. Н. Проверка уравнений кривых распределения вероятностей. ГГИ, Вопросы стока и гидрологических расчетов, вып. 1, 1941.
- Б удько М. И. Испарение в естественных условиях. Гидрометеиздат, 1948.
- Б ыков В. Д. Гидрометрия. Гидрометеиздат. 1949.



- Валесян В. П. Новый способ подсчета суммарного испарения с речных бассейнов (на примерах Армении). Ереванский политех. ин-т, 1944.
- Валесян В. П. Расчет испарения со снегового покрова. Тр. Ереванского политех. ин-та, 1948, № 3.
- Валесян В. П. О некоторых особенностях коэффициента вариации стока. Докл. XIV Науч. сессии Ереванского политех. ин-та, 1947.
- Валесян В. П. О некоторых недостатках современной гидрологии. «Изв. ОН АН СССР», 1952, № 1
- Великанов М. А. Гидрология суши. Гидрометеиздат, 1948.
- Великанов М. А. Водный баланс суши. Гидрометеиздат, 1940.
- Великанов М. А. Теоретические основы предвычисления гидрографа дождевого паводка. «Метеорология и гидрология», 1948, № 1.
- Великанов М. А. и Львович М. И. К вопросу применимости метода А. Мейера для подсчета среднего многолетнего стока на реках СССР. Тр. ГГИ, № 29, 1930.
- Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз, 1946.
- Высоцкий Г. Н. Материалы по изучению водоохранной и водорегулирующей роли лесов. 1937.
- Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. 1938.
- Герасимов И. П. и Марков К. К. Четвертичная геология. Учпедгиз, 1939.
- Гинсберг А. С. Петрография республики Армении. Изд. АН СССР, 1934.
- Гостев А. Д. Сток в водохозяйственных расчетах. Тр. Первого совещания по регулированию стока. Изд АН СССР, 1946.
- Государственный общесоюзный стандарт № 3999—48. Сооружения гидротехнические. Расчет максимальных расходов воды рек. 1948.
- Давыдов В. К. Испарение с водной поверхности в Европейской части СССР. Гидрометеиздат, 1944.
- Давыдов В. К. Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна. Гидрометеиздат, 1938.
- Давыдов В. К. и Владимиров Л. А. Основные контуры водного баланса Армении. Записки ГГИ, т. X, 1933.
- Давыдов Л. К. О коэффициенте вариации годового стока рек. «Метеорология и гидрология». Гидрометеиздат, 1946.
- Давыдов В. К. Опыт суммарного учета осадков в нагорной части Армении. Материалы по исслед. оз. Севан и его бассейна, ч. III, вып. 2. Издание Севанского бюро, 1934.
- Давыдов В. К. Термика озера Севан. Материалы по исслед. оз. Севан, ч. II, вып. 1. Издание Севанского бюро, 1934.
- Данович Д. А. Коэффициенты весеннего стока некоторых рек СССР. Тр. ГГИ, вып. VIII, 1936.
- Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. Сельхозгиз, 1949.
- Долгов Н. Е. О нормах Кестлина и несоответствии этих норм результатам наблюдений над ливнями на Екатерининской железной дороге. Екатеринослав, вып. I, 1908; ч. II, 1914; ч. III, 1915.
- Дмитриева Н. Г. О формировании максимального стока. Тр. ЦИП, вып. 4. Гидрометеиздат, 1947.
- Дубах А. Д. Влияние осушительных работ на режим рек. VI Балтийская конференция. 1933.
- Дубах А. Д. Гидрология болот. IV Балтийская конференция. 1933.
- Дубах А. Д. Влияние леса на речной сток. Лесное хозяйство и лесоэксплуатация. «Метеорология и гидрология», 1934, № 5.
- Дубах А. Д. Влияние размещения леса на водосборе рек на весенние паводки. «Метеорология и гидрология», 1936, № 9.

- Ефимович П. А. Вопросы водохозяйственных расчетов в гидрологии. ОНТ. М., 1936.
- Зайков Б. Д. Гидрологический очерк. Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна. 1933.
- Зайков Б. Д. Карта среднего годового стока Европы. Тр. ГИИ, вып. 2. Гипрометеиздат, 1938.
- Зайков Б. Д. Внутригодовое распределение речного стока на территории Европы. Гидрометеиздат, 1944.
- Зайков Б. Д. Средний сток и его распределение в году на территории Кавказа. 1944.
- Зайков Б. Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. Гидрометеиздат, 1946.
- Зайков Б. Д. и Белинков С. Ю. Норма годового стока, погрешность ее и приведение коротких рядов к длительному периоду. ГГИ, Исследование рек СССР, вып. VIII. Л., 1936.
- Зайков Б. Д. и Белинков С. Ю. Гидрометрические работы в бассейне оз. Севан. Материалы по исслед. оз. Севан, ч. I, вып. 2. Издание Севанского бюро, 1932.
- Иванов Б. И. Испарение в естественных условиях. Гидрометеиздат, 1930.
- Исследование стока (по материалам Валдайской стоковой станции). Гидрометеиздат, 1945.
- Казанцев Г. В. Сезонные колебания стока в году на юге Европейской части СССР. Исследование рек СССР, т. VIII, 1936.
- Калинин Г. П. и Лихолетов Д. Д. Применение уравнения водного баланса для определения годового стока в зоне избыточного увлажнения, Сб. ГГИ, вып. 1, 1938.
- Каменский А. А. Климат Союза Советских Социалистических Республик. Учпедгиз, 1932.
- Карапетян О. Т. Геологический очерк Армянской ССР. Армгиз, 1930.
- Киреев И. А. Гидрографические работы на озере Севан. Материалы по исслед. оз. Севан, ч. V. Издание Севанского бюро, 1933.
- Кондратьева Е. Г. Прямолинейная корреляция. Гидрометеиздат, 1935.
- Коплан С. И. Краткий гидрометеорологический очерк Алагеза. Сб. «Алагез», т. II, ч. 1. Изд. АН СССР, 1932.
- Костяков А. Н. К вопросу о факторах модуля стока и их изучение. Труды ВНИИ ГИМ, т. V, 1931.
- Костяков А. Н. Основы мелиорации. Сельхозгиз, 1938.
- Кочерин Д. И. Вопросы инженерной гидрологии. Энергоиздат, 1932.
- Кочукова Т. Н. и Слободзинская А. С. К вопросу о географическом размещении коэффициента вариации. Записки ГГИ, т. XIV, 1935.
- Краткий справочник для гидрологических расчетов. Госэнергоиздат, 1948.
- Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. Расчеты речного стока. ОНТИ, Энергоиздат, 1934.
- Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. О приемах исследования случайных колебаний речного стока. ГГИ, Сток и гидрологические расчеты, 1946.
- Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. Выбор кривых распределения вероятностей для речного стока. «Изв. ОН АН СССР», 1948, № 6.
- Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. О соответствии теоретических кривых распределения вероятностей по данным наблюдений по речному стоку. Проблемы регулирования речного стока. Вып. 3, Изд. АН СССР, 1948.



- Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. О принципах нормирования максимальных расходов воды при расчете отверстий гидротехнических сооружений. «Изв. ОН АН СССР», 1946, № 12.
- Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. Гидрологические основы речной гидротехники. Изд. АН СССР, 1950.
- Кузин П. С. График испарения с поверхности речного бассейна и его применение к расчету среднего многолетнего стока. Записки ГГИ, т. XII. Л., 1934.
- Кузин П. С. О влиянии леса на водный режим и грунтовые воды. «Природа», 1949, № 7.
- Кузнецов С. С. О некоторых геоморфологических чертах бассейна оз. Севан. Изд. АН СССР, 1930.
- Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Сельхозгиз, 1930.
- Лебедев П. И. Вулкан Алагез и его лавы. Сб. «Алагез», т. I. Изд. АН СССР, 1931.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Бассейн оз. Севан (Гокча), т. II, вып. 4, Гидрометеиздат, 1939.
- Личков Б. Л. К характеристике геоморфологии и стратиграфии Алагеза. Сб. «Алагез», т. I. Изд. АН СССР, 1931.
- Львович М. И. Опыт классификации рек СССР. Тр. ГГИ, вып. 6, Гидрометеиздат, 1938.
- Львович М. И. Процессы формирования паводков. Тр. ГГИ, вып. 10, Гидрометеиздат, 1940.
- Львович М. И. Исследования стока. Гидрометеиздат, 1945.
- Лятти С. Я. Грунты оз. Севан. Материалы по исслед. оз. Севан, ч. IV, вып. 4. Издание Севанского бюро, 1932.
- Материалы наблюдений над испарением с водной поверхности и с почвы. Водный кадастр СССР. Гидрометеиздат, 1939.
- Машкевич О. Т. и Аполлов Б. А. Гидрология рек. Гидрометеиздат, 1940.
- Мокляк В. И. Расчеты весенних максимальных расходов воды. Тр. Киевской научно-исследовательской гидрологической обсерватории. УГМС УССР, Киев, 1949.
- Молоснов И. П. Опыт прогнозов водоносности рек по материалам снегомерных съемок в горах. «Метеорология и гидрология», 1938, № 2.
- Назаров В. А. Взаимоотношения между стоком р. Днестр и климатическими факторами его бассейна. «Метеорология и гидрология», 1940, № 4.
- Наставление гидрометрическим станциям и постам, вып. 6, ч. II. Наблюдения на малых реках. Гидрометеиздат, 1945.
- Наставление по гидрологическому рекогносцированию рек, озер и болот. Под ред. Я. Е. Джогана. Гидрометеиздат, 1942.
- Небольсин С. И. и Надеев П. И. Элементарный поверхностный сток. Гидрометеиздат, 1937.
- Николаев Н. Г. Облачность и грозы в бассейне Севана. Материалы по исслед. оз. Севан, ч. III, вып. 5. Издание Севанского бюро, 1933.
- Николаев Н. Г. Ветры в бассейне оз. Севан. Материалы по исслед. оз. Севан, ч. III, вып. 6. Издание Севанского бюро, 1934.
- Оболенский В. Н. Метеорология, ч. I. Гидрометеиздат, 1938.
- Оганезов Г. Г. Осушение болот насосными колодцами. Рукопись, 1940.
- Огиевский А. В. Гидрология суши. Энергоиздат, 1941.
- Ольдекоп Э. М. Соответствуют ли показания плавучего испарителя истинной величине испарения с окружающей водной поверхности? Бюлл. Гидромет., № 6—7, 1917.

- Ольдекоп Э. М. О роли регулирующей емкости русловой системы при формировании паводочного стока. Тр. ГГИ, вып. 1, 1947.
- Очерк работ экспедиции по орошению на юге России и Кавказе, 1892.
- Пафенгольц К. Н. Бассейн оз. Гокча (Севан). Тр. Всес. геол. развед. объединения, вып. 219, 1936.
- Познышев О. С. Зависимость испарения с поверхности почв от степени ее увлажнения. «Метеорология и гидрология», 1940, № 11.
- Поляков Б. В. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на реках малых бассейнов. Энергоиздат, 1937.
- Поляков Б. В. Гидрологический анализ и расчеты. Гидрометеиздат, 1946.
- Попов В. П. Определение максимальных секундных расходов по методу Фостера и анализ его метода. Одесса, 1939.
- Попов В. П. Почвенная влага и методы ее изучения. Тр. Садовогородн. стр., вып. 16, 1928.
- Потапов М. В. Регулирование стока. Сельхозгиз, 1940.
- Протодьяконов М. И. Основные положения современной теории стока поверхностных вод. Трансжелдориздат, 1940.
- Романовский В. Математическая статистика. ОНТИ, 1938.
- Рыбкин С. И. Таблицы Фостера. «Метеорология и гидрология», 1938, № 1.
- Рыбкин С. И. К вопросу о расчете максимальных расходов воды на основе математической статистики. «Гидротехническое строительство», 1947, № 4.
- Саваренский А. Д. Методы расчета многолетнего регулирования стока. Тр. Первого совещания по регулированию стока. Изд. АН СССР, 1946.
- Семихатов А. Н. Подземные воды СССР. Горно-геолого-нефтяное издательство, 1934.
- Соколов А. П. Подземный сток воды из оз. Севан. Материалы по исслед. оз. Севан и его бассейна, ч. I, вып. 4. Ереван, 1934.
- Соколовский Д. Л. Речной сток. Л., Гимиз., 1952.
- Срибный М. Ф. Расчет максимального ливневого стока. Сб. «Максимальный сток с малых бассейнов». Трансжелдориздат, 1940.
- Федоров Л. Т. Метод расчета максимальных расходов снегового половодья. Е. ч. СССР. «Гидротехническое строительство», 1949, № 8.
- Фигуровский И. В. Краткий климатический очерк Кура-Араксинского бассейна. Материалы по общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна, Тифлис, 1930.
- Фидман А. И. и др. Малые реки в народном хозяйстве СССР. Изд. АН СССР, 1949.
- Хромов С. П. Основы синоптической метеорологии. Л., Гидрометеиздат, 1948.
- Чеботарев Н. П. Гидрология суши и расчеты речного стока. Гидрометеиздат, 1953.
- Шевелев М. Э. Коэффициент вариации годового стока как функция некоторых климатических и гидрометрических параметров. «Гидротехническое строительство», 1934, № 6.
- Шинко Д. И. Расход воды на транспирацию различных сельскохозяйственных культур. «Метеорология и гидрология», 1940, № 8.





Гипсометрическая карта Армянской ССР



# ВЕДОМОСТИ СРЕДНИХ ГОДОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ПО ОСНОВНЫМ ОПОРНЫМ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИМ ПОСТАМ

(расходы в м³/сек)

## Река Ахуриан

| № п/п                              | Год наблюдений | Шурабад | Гунасян | Капе | Ахурик | Баяндур | Айгадзер | Карибканын (приток Карангу) |
|------------------------------------|----------------|---------|---------|------|--------|---------|----------|-----------------------------|
| 1                                  | 1930           | 1,42    | (4,40)  | 5,18 | (3,70) | (4,20)  | (15,8)   |                             |
| 2                                  | 1931           | 1,86    | (7,90)  | 8,52 | (7,10) | (7,00)  | (24,8)   |                             |
| 3                                  | 1932           | 1,79    | (6,80)  | 7,46 | (6,10) | (6,20)  | (22,0)   |                             |
| 4                                  | 1933           | 1,79    | 6,25    | 7,08 | (5,80) | (5,90)  | (21,2)   |                             |
| 5                                  | 1934           | 1,91    | (5,60)  | 6,39 | (4,90) | (5,30)  | (18,2)   |                             |
| 6                                  | 1935           | 2,33    | (7,39)  | 8,29 | (6,80) | (6,80)  | (24,3)   |                             |
| 7                                  | 1940           | 3,56    | (10,9)  | 11,4 | (10,1) | (9,50)  | (34,7)   |                             |
| 8                                  | 1941           | 2,32    | (9,10)  | 9,73 | (8,30) | (8,00)  | (27,5)   |                             |
| 9                                  | 1942           | 2,61    | (10,1)  | 10,6 | (9,29) | (8,30)  | (30,5)   | 0,55                        |
| 10                                 | 1943           | 2,95    | (8,70)  | 9,80 | (7,90) | (7,70)  | (27,2)   | 1,03                        |
| 11                                 | 1944           | 2,55    | (8,00)  | 8,63 | (7,10) | (7,10)  | (25,2)   | 0,58                        |
| 12                                 | 1945           | 3,05    | (8,10)  | 8,74 | 8,17   | (7,20)  | (25,5)   | 1,01                        |
| 13                                 | 1946           | 3,59    | (10,0)  | 10,5 | 8,43   | 7,86    | (33,4)   | 1,55                        |
| 14                                 | 1947           | 3,11    | (6,40)  | 7,08 | 5,81   | 4,43    | (21,2)   | 0,67                        |
| 15                                 | 1948           | —       | —       | 7,67 | —      | —       | 26,0     | —                           |
| Средний расход за указанный период |                | 2,49    | 6,25    | 8,47 | 7,45   | 6,14    | 26,0     | 0,90                        |
| То же с восстановленными расходами |                | —       | 7,83    | —    | 7,10   | 7,0     | 25,2     | —                           |

Примечание. Цифры в скобках означают восстановленные расходы.



Река Памбак

| № п/п                              | Год наблюдений | Налбанд | Кировакан | Мегрут  | Разность расходов Мегрут—Налбанд | Туманян | Разность расходов Кала—Туманян—Мегрут |
|------------------------------------|----------------|---------|-----------|---------|----------------------------------|---------|---------------------------------------|
| 1                                  | 1927           | —       | 4,59      | (6,71)  | —                                | 7,83    | —                                     |
| 2                                  | 1928           | (2,85)  | 4,86      | 8,28    | —                                | 10,50   | 2,22                                  |
| 3                                  | 1929           | —       | 6,55      | —       | —                                | —       | —                                     |
| 4                                  | 1930           | —       | —         | —       | —                                | —       | —                                     |
| 5                                  | 1931           | —       | (7,00)    | (11,4)  | —                                | —       | —                                     |
| 6                                  | 1932           | (3,40)  | 4,63      | 7,57    | —                                | 8,78    | 1,21                                  |
| 7                                  | 1933           | (2,30)  | 4,12      | 5,87    | —                                | 8,24    | 2,37                                  |
| 8                                  | 1934           | (1,89)  | (4,50)    | 7,40    | —                                | 9,66    | 2,26                                  |
| 9                                  | 1935           | (2,00)  | —         | —       | —                                | —       | —                                     |
| 10                                 | 1936           | (2,50)  | —         | (6,82)  | —                                | 12,2    | —                                     |
| 11                                 | 1937           | 2,65    | (5,00)    | (8,20)  | —                                | 12,1    | —                                     |
| 12                                 | 1938           | 1,91    | (3,80)    | 6,39    | 4,48                             | 8,82    | 2,43                                  |
| 13                                 | 1939           | (2,15)  | (4,50)    | 7,36    | —                                | 11,10   | 3,74                                  |
| 14                                 | 1940           | 3,70    | (6,80)    | 11,2    | 7,50                             | 13,88   | 2,68                                  |
| 15                                 | 1941           | 3,64    | (6,50)    | (10,60) | —                                | 9,59    | —                                     |
| 16                                 | 1942           | 3,40    | (5,05)    | 8,38    | 4,28                             | 12,70   | 4,32                                  |
| 17                                 | 1943           | 2,40    | (4,50)    | 7,15    | 4,75                             | 11,2    | 4,05                                  |
| 18                                 | 1944           | (2,40)  | (4,60)    | 7,43    | —                                | 10,70   | 3,27                                  |
| 19                                 | 1945           | 2,63    | (5,00)    | 7,93    | 5,33                             | 10,2    | 2,27                                  |
| 20                                 | 1946           | 3,18    | (6,70)    | 10,8    | 7,62                             | 13,3    | 2,50                                  |
| 21                                 | 1947           | 1,96    | (4,20)    | 6,95    | 4,99                             | 9,85    | 2,90                                  |
| 22                                 | 1948           | 2,44    | —         | 9,55    | 5,11                             | 11,1    | 1,55                                  |
| Средний расход за указанный период |                | 2,77    | 4,95      | 8,02    | 5,60                             | 10,66   | 2,70                                  |
| То же с восстановленными расходами |                | 2,63    | 5,20      | 8,21    | —                                | —       | —                                     |

Примечание. Расходы воды по всем постам примерно на 10% меньше естественных за счет отбора воды на орошение.

# Реки Дзорагет и Дебед

| №<br>п/п                                     | Год на-<br>блюдений | Степа-<br>наван | Гергер | Разность<br>расходов<br>Степана-<br>ван—Гер-<br>гер | Ахтала | Разность<br>расходов<br>Ахтала—<br>(Гергер +<br>Туманян) |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------------|--------|-----------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------|
| 1                                            | 1932                | 10,9            | 13,8   | 2,90                                                | (26,3) | 3,72                                                     |
| 2                                            | 1933                | 9,4             | 11,3   | 1,90                                                | (23,2) | 3,66                                                     |
| 3                                            | 1934                | 11,4            | 14,1   | 2,70                                                | (27,5) | 3,94                                                     |
| 4                                            | 1935                | 10,0            | 11,8   | 1,80                                                | (22,6) | —                                                        |
| 5                                            | 1936                | 14,7            | 18,2   | 3,50                                                | —      | —                                                        |
| 6                                            | 1937                | 13,0            | 15,9   | 2,90                                                | (32,3) | 4,30                                                     |
| 7                                            | 1938                | 11,2            | 13,3   | 2,10                                                | (28,6) | 6,48                                                     |
| 8                                            | 1939                | 13,9            | 18,0   | 4,10                                                | (34,7) | 6,60                                                     |
| 9                                            | 1940                | 15,0            | 18,8   | 3,80                                                | (37,8) | 5,12                                                     |
| 10                                           | 1941                | 10,8            | 12,2   | 1,40                                                | (25,7) | 3,91                                                     |
| 11                                           | 1942                | 12,9            | 18,5   | 5,60                                                | (35,6) | 4,40                                                     |
| 12                                           | 1943                | 14,0            | 16,8   | 2,80                                                | (32,6) | 4,60                                                     |
| 13                                           | 1944                | 13,6            | 16,9   | 3,30                                                | (32,6) | 5,00                                                     |
| 14                                           | 1945                | 11,2            | 15,0   | 3,80                                                | 29,3   | 4,10                                                     |
| 15                                           | 1946                | 16,0            | 16,9   | 0,90                                                | 37,2   | 7,00                                                     |
| 16                                           | 1947                | 9,73            | 13,6   | 3,87                                                | 27,6   | 4,20                                                     |
| 17                                           | 1948                | 13,7            | 18,2   | 4,50                                                | 33,6   | 4,30                                                     |
| Средний расход<br>за указанный<br>период     |                     | 12,4            | 15,5   | 3,10                                                | 31,9   | 4,76                                                     |
| То же с восста-<br>новленными рас-<br>ходами |                     | —               | —      | —                                                   | 30,45  | —                                                        |

## Река Агстев

| №<br>п/п | Год на-<br>блюдений | Дилиджан | Иждеван | №<br>п/п                                 | Год на-<br>блюдений | Дилиджан | Иждеван |
|----------|---------------------|----------|---------|------------------------------------------|---------------------|----------|---------|
| 1        | 1928                | 2,33     | 7,96    | 12                                       | 1940                | 2,75     | 9,46    |
| 2        | 1929                | 1,92     | 7,34    | 13                                       | 1941                | 2,35     | 7,20    |
| 3        | 1930                | 1,67     | 5,74    | 14                                       | 1942                | 2,99     | 10,30   |
| 4        | 1931                | 2,70     | 11,8    | 15                                       | 1943                | 2,33     | 8,75    |
| 5        | 1933                | 1,67     | 7,83    | 16                                       | 1944                | 2,82     | 9,40    |
| 6        | 1934                | 2,31     | 8,22    | 17                                       | 1945                | 3,03     | 9,90    |
| 7        | 1935                | 1,73     | 6,32    | 18                                       | 1946                | 2,43     | 12,1    |
| 8        | 1936                | 2,73     | 10,2    | 19                                       | 1947                | 2,29     | 10,6    |
| 9        | 1937                | 2,02     | 8,90    | 20                                       | 1948                | 3,14     | 10,80   |
| 10       | 1938                | 2,10     | 7,53    | Средний расход<br>за указанный<br>период |                     | 2,40     | 8,94    |
| 11       | 1939                | 2,80     | 8,44    |                                          |                     |          |         |



Реки Арагацского массива (Касах—Севджур—Карангу)

| №<br>п/п                                 | Год на-<br>блюдений | Апаран | Аштарак | Эчмиадзин | Карангу |
|------------------------------------------|---------------------|--------|---------|-----------|---------|
| 1                                        | 1927                | 0,45   | 3,93    | 21,2      |         |
| 2                                        | 1928                | 1,56   | 5,96    | 22,5      |         |
| 3                                        | 1929                | 1,09   | 5,82    | 23,2      |         |
| 4                                        | 1930                | 0,27   | 2,54    | 17,0      |         |
| 5                                        | 1931                | 1,54   | 5,05    | 19,8      |         |
| 6                                        | 1932                | 0,44   | 6,28    | 25,7      |         |
| 7                                        | 1933                | 0,46   | 4,36    | 22,2      |         |
| 8                                        | 1934                | 0,36   | 3,80    | —         |         |
| 9                                        | 1935                | 0,83   | 5,14    | —         |         |
| 10                                       | 1936                | 0,67   | 5,10    | —         |         |
| 11                                       | 1937                | 0,62   | 4,70    | —         |         |
| 12                                       | 1938                | 0,68   | 5,40    | —         |         |
| 13                                       | 1939                | 0,89   | 5,35    | —         |         |
| 14                                       | 1940                | 1,14   | 9,44    | 30,4      |         |
| 15                                       | 1941                | 0,73   | 6,85    | 27,5      |         |
| 16                                       | 1942                | 1,35   | 7,30    | 27,5      | 0,55    |
| 17                                       | 1943                | 0,41   | 4,60    | 24,3      | 1,03    |
| 18                                       | 1944                | 0,63   | 6,94    | —         | 0,58    |
| 19                                       | 1945                | 0,98   | 4,90    | 25,7      | 1,01    |
| 20                                       | 1946                | 0,93   | 6,86    | 30,6      | 1,55    |
| 21                                       | 1947                | 0,65   | 5,49    | 25,5      | 0,67    |
| Средний расход<br>за указанный<br>период |                     | 0,80   | 5,52    | 24,52     | 0,90    |

Примечание. По всему Арагацскому массиву средний много-  
летний расход за указанный период составляет 25,42 м³/сек.

# Река Раздан

| №<br>п/п                                   | Год на-<br>блюдений | Севан | Цахнад-<br>зор | Разность<br>расходов<br>Цахнадзор—<br>Севан | Арзни | Разность<br>расходов<br>Арзни—<br>Севан |
|--------------------------------------------|---------------------|-------|----------------|---------------------------------------------|-------|-----------------------------------------|
| 1                                          | 1927                | 0,95  | —              | —                                           | —     | —                                       |
| 2                                          | 1928                | 1,16  | —              | —                                           | —     | —                                       |
| 3                                          | 1929                | 1,90  | —              | —                                           | 17,4  | 15,5                                    |
| 4                                          | 1930                | 1,64  | —              | —                                           | 13,6  | 11,96                                   |
| 5                                          | 1931                | 1,06  | —              | —                                           | 18,1  | 17,04                                   |
| 6                                          | 1932                | 1,33  | —              | —                                           | 20,1  | 18,77                                   |
| 7                                          | 1933                | 5,24  | —              | —                                           | 21,0  | 15,76                                   |
| 8                                          | 1934                | 4,96  | —              | —                                           | 18,5  | 13,54                                   |
| 9                                          | 1935                | —     | —              | —                                           | 18,2  | —                                       |
| 10                                         | 1936                | 4,87  | —              | —                                           | 21,4  | 16,53                                   |
| 11                                         | 1937                | 10,4  | 15,6           | 5,2                                         | 26,1  | 15,7                                    |
| 12                                         | 1938                | 9,59  | —              | —                                           | 22,6  | 13,01                                   |
| 13                                         | 1939                | 7,58  | 13,2           | 5,62                                        | 19,9  | 12,32                                   |
| 14                                         | 1940                | 12,0  | —              | —                                           | 28,2  | 16,2                                    |
| 15                                         | 1941                | 20,30 | —              | —                                           | 39,3  | 19,0                                    |
| 16                                         | 1942                | 15,8  | —              | —                                           | 31,3  | 15,5                                    |
| 17                                         | 1943                | 16,0  | 21,6           | 5,60                                        | 31,1  | 15,1                                    |
| 18                                         | 1944                | 15,5  | 20,4           | 4,90                                        | —     | —                                       |
| 19                                         | 1945                | 17,4  | 22,1           | 4,70                                        | 32,8  | 15,4                                    |
| 20                                         | 1946                | 19,0  | 25,5           | 6,60                                        | 38,3  | 19,3                                    |
| 21                                         | 1947                | 20,9  | 29,9           | 9,00                                        | 38,5  | 18,6                                    |
| 22                                         | 1948                | 18,1  | 26,4           | 8,30                                        | —     | —                                       |
| Средний расход<br>за указанный пе-<br>риод |                     | 9,78  | 21,8           | 6,24                                        | 23,4  | 15,83                                   |

Примечание. Данные по посту Севан являются преувеличенными в связи с пропуском воды из оз. Севан в р. Раздан.



Реки Веди и Азат

| №<br>п/п                                     | Год наблю-<br>дений | Гарни  | Зовашен | Разность<br>расходов<br>Гарни—<br>Зовашен | Карабаглар |
|----------------------------------------------|---------------------|--------|---------|-------------------------------------------|------------|
| 1                                            | 1927                | 4,94   | (5,54)  | —                                         | (1,40)     |
| 2                                            | 1928                | 4,64   | 5,30    | —                                         | (1,10)     |
| 3                                            | 1929                | 5,17   | 5,72    | —                                         | (1,90)     |
| 4                                            | 1930                | 3,94   | 4,97    | 1,03                                      | (0,50)     |
| 5                                            | 1931                | 4,38   | 6,46    | 2,08                                      | (0,90)     |
| 6                                            | 1932                | 4,58   | —       | —                                         | (1,10)     |
| 7                                            | 1933                | 4,45   | 7,0     | 2,55                                      | (1,40)     |
| 8                                            | 1934                | 5,06   | —       | —                                         | (2,10)     |
| 9                                            | 1935                | 5,21   | (5,85)  | —                                         | (1,70)     |
| 10                                           | 1936                | —      | —       | —                                         | —          |
| 11                                           | 1937                | (6,22) | (6,93)  | —                                         | 2,78       |
| 12                                           | 1938                | —      | 6,47    | —                                         | 2,33       |
| 13                                           | 1939                | (6,21) | (6,51)  | —                                         | (2,60)     |
| 14                                           | 1940                | 5,69   | 6,00    | 0,31                                      | 1,87       |
| 15                                           | 1941                | 5,85   | 6,46    | 0,61                                      | 1,94       |
| 16                                           | 1942                | 16,4   | 7,05    | 0,91                                      | 2,76       |
| 17                                           | 1943                | (6,06) | 6,84    | 0,78                                      | 2,50       |
| 18                                           | 1944                | (5,40) | 5,85    | 0,45                                      | 2,40       |
| 19                                           | 1945                | 4,89   | 5,47    | 0,58                                      | 1,13       |
| 20                                           | 1946                | 6,69   | 7,41    | 0,72                                      | 3,30       |
| 21                                           | 1947                | 5,92   | 6,68    | 0,76                                      | 2,04       |
| 22                                           | 1948                | 6,81   | —       | —                                         | 1,99       |
| Средний расход<br>за указанный<br>период     |                     | 5,27   | 6,27    | 0,98                                      | 2,23       |
| То же с восстано-<br>вленными расхо-<br>дами |                     | 5,91   | 6,24    | —                                         | 1,84       |

Примечание. Расходы воды по постам Зовашен и Карабаглар нужно увеличить на 10%, которые население использует для водоснабжения и орошения.

# Река Арпа

| № п/п                              | Год наблюдений | Микоян | Арпа  | Разность расходов Микоян—Арпа |
|------------------------------------|----------------|--------|-------|-------------------------------|
| 1                                  | 1931           | 13,7   | 25,5  | 11,8                          |
| 2                                  | 1932           | (16,3) | —     | —                             |
| 3                                  | 1933           | 11,1   | 20,8  | 9,70                          |
| 4                                  | 1934           | 8,87   | 15,2  | 6,33                          |
| 5                                  | 1935           | 8,57   | 20,6  | 12,03                         |
| 6                                  | 1936           | 12,2   | —     | —                             |
| 7                                  | 1937           | (13,5) | —     | —                             |
| 8                                  | 1938           | (8,47) | 11,4  | —                             |
| 9                                  | 1939           | 7,32   | 13,6  | 6,28                          |
| 10                                 | 1940           | (13,0) | 23,9  | —                             |
| 11                                 | 1941           | (12,4) | 21,7  | —                             |
| 12                                 | 1942           | (15,7) | —     | —                             |
| 13                                 | 1943           | (15,5) | 27,4  | —                             |
| 14                                 | 1944           | (12,2) | —     | —                             |
| 15                                 | 1945           | (9,12) | 14,7  | —                             |
| 16                                 | 1946           | 9,64   | 17,1  | 7,46                          |
| 17                                 | 1947           | 9,41   | 20,2  | 10,79                         |
| 18                                 | 1948           | 11,5   | 22,09 | 10,59                         |
| Средний расход за указанный период |                | 10,25  | 19,56 | 9,37                          |
| То же с восстановленными расходами |                | 11,52  | —     | —                             |



# Река Воротан

| №<br>п/п                              | Год<br>наблюдений | Ангехакот | Лпен   | Разность<br>расходов<br>Ангехакот—Лпен | Эйвазлар | Разность<br>расходов<br>Эйвазлар—Лпен |
|---------------------------------------|-------------------|-----------|--------|----------------------------------------|----------|---------------------------------------|
| 1                                     | 1927              | 8,16      | 14,2   | 6,04                                   | 17,4     | 3,20                                  |
| 2                                     | 1928              | 9,99      | 16,6   | 6,61                                   | 20,4     | 3,80                                  |
| 3                                     | 1929              | 13,5      | 21,5   | 8,00                                   | —        | —                                     |
| 4                                     | 1930              | 5,83      | 12,2   | 6,37                                   | 15,6     | 3,40                                  |
| 5                                     | 1931              | (13,5)    | 16,2   | (2,3)                                  | 22,1     | 5,90                                  |
| 6                                     | 1932              | (18,8)    | 26,3   | 7,50                                   | 33,2     | 6,90                                  |
| 7                                     | 1933              | 7,89      | 13,5   | 5,61                                   | 18,2     | 4,70                                  |
| 8                                     | 1934              | 8,54      | 15,7   | 7,16                                   | 20,4     | 4,70                                  |
| 9                                     | 1935              | (8,56)    | 15,2   | (6,64)                                 | 17,5     | 2,30                                  |
| 10                                    | 1936              | (10,5)    | (17,5) | (7,00)                                 | (22,2)   | (4,70)                                |
| 11                                    | 1937              | (13,5)    | (17,2) | (3,70)                                 | (21,9)   | (4,70)                                |
| 12                                    | 1938              | (8,50)    | (14,8) | (6,30)                                 | 17,8     | (3,00)                                |
| 13                                    | 1939              | (8,40)    | (14,0) | (5,60)                                 | 18,1     | (4,10)                                |
| 14                                    | 1940              | 10,2      | 18,4   | 8,20                                   | 20,4     | (2,00)                                |
| 15                                    | 1941              | 12,9      | (18,0) | (5,10)                                 | 21,0     | (3,00)                                |
| 16                                    | 1942              | 18,6      | (25,0) | (6,40)                                 | 30,3     | (5,30)                                |
| 17                                    | 1943              | 10,1      | (16,0) | (5,90)                                 | 20,1     | (4,10)                                |
| 18                                    | 1944              | 10,7      | (17,0) | (6,30)                                 | 21,40    | (4,40)                                |
| 19                                    | 1945              | 9,78      | (16,0) | (6,22)                                 | 19,1     | (3,10)                                |
| 20                                    | 1946              | 10,80     | (17,0) | (6,20)                                 | 21,1     | (4,10)                                |
| 21                                    | 1947              | 9,96      | 16,9   | 6,94                                   | 20,6     | 3,70                                  |
| 22                                    | 1948              | 11,3      | 19,0   | 7,70                                   | 20,7     | 1,70                                  |
| Средний расход за<br>указанный период |                   | 10,50     | 17,14  | 7,13                                   | 20,8     | 4,03                                  |
| То же с восстановленными<br>расходами |                   | 10,91     | 17,20  | 6,29                                   | 20,9     | 3,94                                  |

Река Вохчи

| №<br>п/п                           | Год<br>наблюдения | Кафан,<br>р. Вохчи | Мегри,<br>р. Мегри |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1                                  | 1927              | (6,50)             | —                  |
| 2                                  | 1928              | (8,20)             | —                  |
| 3                                  | 1929              | (11,50)            | —                  |
| 4                                  | 1930              | (4,0)              | —                  |
| 5                                  | 1931              | (11,0)             | —                  |
| 6                                  | 1932              | (12,0)             | —                  |
| 7                                  | 1933              | (6,50)             | —                  |
| 8                                  | 1934              | 3,01               | —                  |
| 9                                  | 1935              | 6,62               | —                  |
| 10                                 | 1936              | 9,70               | —                  |
| 11                                 | 1937              | (8,80)             | —                  |
| 12                                 | 1938              | (6,60)             | 1,54               |
| 13                                 | 1939              | (6,00)             | —                  |
| 14                                 | 1940              | (9,50)             | —                  |
| 15                                 | 1941              | (11,0)             | —                  |
| 16                                 | 1942              | (10,2)             | —                  |
| 17                                 | 1943              | (7,30)             | —                  |
| 18                                 | 1944              | (9,20)             | —                  |
| 19                                 | 1945              | (8,50)             | 2,32               |
| 20                                 | 1946              | 11,20              | 2,88               |
| 21                                 | 1947              | 10,30              | —                  |
| 22                                 | 1948              | 9,42               | —                  |
| Средний расход за указанный период |                   | 8,37               | 2,24               |
| То же с восстановленными расходами |                   | 8,50               | —                  |



# Реги бассейна озера Севан

| №<br>п/п                                | Год<br>наблюдений | Цовагюх,<br>р. Дзыкнагет | Тохлуджа,<br>р. Тохлуджа | Джил,<br>р. Джил | Памбак,<br>р. Памбак |
|-----------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|
| 1                                       | 1927              | 0,63                     | 0,12                     | —                | (0,18)               |
| 2                                       | 1928              | 1,04                     | 0,20                     | 0,077            | (0,28)               |
| 3                                       | 1929              | 1,12                     | 0,18                     | 0,068            | (0,29)               |
| 4                                       | 1930              | 0,79                     | 0,12                     | 0,061            | (0,18)               |
| 5                                       | 1931              | 1,18                     | (0,19)                   | —                | (0,30)               |
| 6                                       | 1932              | 1,60                     | (0,26)                   | —                | (0,41)               |
| 7                                       | 1933              | 1,02                     | (0,17)                   | —                | (0,27)               |
| 8                                       | 1934              | 0,92                     | 0,16                     | —                | (0,25)               |
| 9                                       | 1935              | 0,83                     | 0,15                     | —                | (0,23)               |
| 10                                      | 1936              | 1,61                     | 0,25                     | —                | (0,41)               |
| 11                                      | 1937              | 1,20                     | 0,20                     | —                | (0,31)               |
| 12                                      | 1938              | 0,95                     | 0,16                     | 0,076            | (0,26)               |
| 13                                      | 1939              | 0,94                     | 0,16                     | 0,039            | (0,25)               |
| 14                                      | 1940              | 1,39                     | 0,23                     | —                | (0,35)               |
| 15                                      | 1941              | 1,24                     | 0,20                     | 0,087            | (0,32)               |
| 16                                      | 1942              | 1,18                     | 0,19                     | 0,11             | (0,30)               |
| 17                                      | 1943              | 0,99                     | 0,17                     | 0,13             | (0,26)               |
| 18                                      | 1944              | 0,84                     | 0,15                     | 0,074            | (0,23)               |
| 19                                      | 1945              | 1,06                     | 0,17                     | 0,11             | (0,28)               |
| 20                                      | 1946              | 1,07                     | 0,17                     | —                | 0,24                 |
| 21                                      | 1947              | 1,06                     | 0,17                     | 0,10             | 0,37                 |
| 22                                      | 1948              | (1,89)                   | —                        | 0,14             | 0,29                 |
| Средний расход за<br>указанный период   |                   | 1,08                     | 0,16                     | 0,876            | 0,30                 |
| То же с восстанов-<br>ленными расходами |                   | 1,12                     | 0,18                     | —                | 0,28                 |

# Реки бассейна озера Севан

| № п/п                              | Год наблюдений | Сатанахач, р. Сатанахач | Исток оз. Гилли, оз. Гилли | Карцахбюр | Нижне шоссеиного моста Алу-Чалу |
|------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|-----------|---------------------------------|
| 1                                  | 1927           | 0,045                   | —                          | 0,80      | —                               |
| 2                                  | 1928           | 0,072                   | 4,17                       | 0,72      | —                               |
| 3                                  | 1929           | 0,061                   | 4,75                       | 1,12      | 0,47                            |
| 4                                  | 1930           | 0,079                   | 4,10                       | 0,76      | 0,26                            |
| 5                                  | 1931           | (0,075)                 | —                          | —         | —                               |
| 6                                  | 1932           | (0,095)                 | 5,84                       | —         | —                               |
| 7                                  | 1933           | (0,065)                 | —                          | —         | —                               |
| 8                                  | 1934           | (0,058)                 | 3,46                       | —         | —                               |
| 9                                  | 1935           | (0,055)                 | —                          | —         | —                               |
| 10                                 | 1936           | (0,095)                 | 3,50                       | —         | —                               |
| 11                                 | 1937           | (0,075)                 | 4,17                       | —         | —                               |
| 12                                 | 1938           | (0,060)                 | 3,68                       | —         | —                               |
| 13                                 | 1939           | (0,060)                 | 3,21                       | —         | —                               |
| 14                                 | 1940           | (0,085)                 | —                          | —         | —                               |
| 15                                 | 1941           | (0,078)                 | —                          | —         | —                               |
| 16                                 | 1942           | (0,075)                 | 3,04                       | —         | —                               |
| 17                                 | 1943           | (0,064)                 | 3,31                       | —         | —                               |
| 18                                 | 1944           | (0,056)                 | —                          | —         | —                               |
| 19                                 | 1945           | (0,068)                 | —                          | —         | —                               |
| 20                                 | 1946           | (0,070)                 | —                          | —         | —                               |
| 21                                 | 1947           | (0,068)                 | 4,07                       | —         | —                               |
| Средний расход за указанный период |                | 0,064                   | 3,94                       | 0,85      | 0,36                            |
| То же с восстановленными расходами |                | 0,07                    | —                          | —         | —                               |



# Реки бассейна озера Севан

| №<br>п/п                                | Год<br>наблюдений | Варденик,<br>р. Варденик | Караглух,<br>р. Куру-чай | Геташен,<br>р. Аргичи | Атдаш,<br>р. Атдашнух |
|-----------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                                       | 1927              | 1,45                     | (1,05)                   | 3,29                  | (1,65)                |
| 2                                       | 1928              | 1,36                     | (0,95)                   | 4,75                  | (1,55)                |
| 3                                       | 1929              | 1,74                     | (1,21)                   | 5,10                  | (1,84)                |
| 4                                       | 1930              | 0,92                     | 0,97                     | 2,81                  | (1,30)                |
| 5                                       | 1931              | 1,92                     | (1,35)                   | 5,11                  | (1,90)                |
| 6                                       | 1932              | 2,05                     | (1,45)                   | (6,54)                | (1,95)                |
| 7                                       | 1933              | 1,44                     | (1,00)                   | (4,21)                | (1,62)                |
| 8                                       | 1934              | 0,96                     | (0,65)                   | 4,20                  | (1,30)                |
| 9                                       | 1935              | 1,35                     | (0,90)                   | 3,22                  | (1,55)                |
| 10                                      | 1936              | 1,50                     | (1,08)                   | (4,60)                | (1,65)                |
| 11                                      | 1937              | 2,13                     | (1,50)                   | (6,14)                | (2,00)                |
| 12                                      | 1938              | 1,73                     | (1,22)                   | 5,43                  | (1,80)                |
| 13                                      | 1939              | 1,39                     | (0,95)                   | 4,59                  | (1,60)                |
| 14                                      | 1940              | 2,04                     | (1,45)                   | 5,57                  | (1,95)                |
| 15                                      | 1941              | 1,79                     | (1,25)                   | 5,62                  | (1,85)                |
| 16                                      | 1942              | 2,85                     | (2,05)                   | 7,09                  | (2,40)                |
| 17                                      | 1943              | 1,50                     | (1,05)                   | 4,98                  | (1,68)                |
| 18                                      | 1944              | 2,04                     | (1,45)                   | 4,64                  | (1,95)                |
| 19                                      | 1945              | 1,79                     | (1,25)                   | 3,15                  | (1,80)                |
| 20                                      | 1946              | 1,68                     | (1,15)                   | 6,23                  | 1,85                  |
| 21                                      | 1947              | 2,02                     | (1,40)                   | 4,37                  | 1,95                  |
| Средний расход за<br>указанный период   |                   | 1,70                     | 0,97                     | 4,72                  | 1,90                  |
| То же с восстанов-<br>ленными расходами |                   | —                        | 1,19                     | 4,83                  | 1,76                  |

# Реки бассейна озера Севан

| №<br>п/п                                | Год<br>наблюдений | Яных,<br>р. Чингил | Нижне<br>шоссейного<br>моста,<br>р. Бахтак | Нижне шос-<br>сейного<br>моста,<br>р. Цаккар | Норадус,<br>р. Кявар |
|-----------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|
| 1                                       | 1927              | (0,20)             | 0,45                                       | 0,78                                         | 2,95                 |
| 2                                       | 1928              | (0,18)             | 0,54                                       | 0,77                                         | 3,20                 |
| 3                                       | 1929              | (0,23)             | 0,87                                       | 1,09                                         | 3,99                 |
| 4                                       | 1930              | (0,13)             | 0,41                                       | 0,85                                         | 3,20                 |
| 5                                       | 1931              | (0,27)             | (0,80)                                     | (0,95)                                       | 3,32                 |
| 6                                       | 1932              | (0,28)             | (1,05)                                     | 1,10                                         | 3,88                 |
| 7                                       | 1933              | (0,19)             | (0,60)                                     | 0,86                                         | 3,53                 |
| 8                                       | 1934              | (0,12)             | (0,60)                                     | 0,85                                         | 3,72                 |
| 9                                       | 1935              | (0,17)             | (0,50)                                     | 0,75                                         | 3,29                 |
| 10                                      | 1936              | (0,20)             | (0,70)                                     | 0,90                                         | 3,62                 |
| 11                                      | 1937              | (0,29)             | (0,95)                                     | 1,05                                         | 3,99                 |
| 12                                      | 1938              | (0,24)             | (0,80)                                     | 0,98                                         | 3,29                 |
| 13                                      | 1939              | (0,19)             | (0,70)                                     | 0,90                                         | 3,44                 |
| 14                                      | 1940              | (0,28)             | (0,85)                                     | 1,00                                         | 3,49                 |
| 15                                      | 1941              | (0,25)             | (0,88)                                     | 1,00                                         | 3,43                 |
| 16                                      | 1942              | (0,39)             | (1,10)                                     | 1,14                                         | 3,48                 |
| 17                                      | 1943.             | (0,20)             | (0,78)                                     | 0,95                                         | 3,49                 |
| 18                                      | 1944              | (0,29)             | (0,70)                                     | 0,90                                         | 3,50                 |
| 19                                      | 1945              | (0,25)             | (0,45)                                     | 0,75                                         | 4,00                 |
| 20                                      | 1946              | 0,22               | (0,95)                                     | 1,05                                         | 3,58                 |
| 21                                      | 1947              | 0,28               | (0,65)                                     | 0,78                                         | 3,48                 |
| Средний расход за<br>указанный период   |                   | 0,25               | 0,57                                       | 0,87                                         | 3,51                 |
| То же с восстано-<br>вленными расходами |                   | 0,23               | 0,73                                       | 0,88                                         | —                    |



ТАБЛИЦЫ МАКСИМАЛЬНЫХ И МИНИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ  
ВОДЫ ПО ОСНОВНЫМ РЕКАМ АРМЯНСКОЙ ССР  
(расходы в м³/сек)

(расходы в м/сек)

| № п/п            | Год  | Максимальный |                    | Минимальный |                    |
|------------------|------|--------------|--------------------|-------------|--------------------|
|                  |      | Расход       | Дата               | Расход      | Дата               |
| Ахурян — Шурабад |      |              |                    |             |                    |
| 1                | 1931 | 7,60         | 28/V . . . . .     | 0,50        | 25,28/XI           |
| 2                | 1932 | 8,32         | 15/V . . . . .     | 0,44        | 25/XII             |
| 3                | 1933 | 9,72         | 27/IV, 14/X . . .  | 0,40        | 17,27/I            |
| 4                | 1934 | 8,13         | 12, 13/V . . . . . | 0,55        | 2/II, 27,28/XI     |
| 5                | 1935 | 10,2         | 6/V . . . . .      | 0,59        | 1/IV               |
| 6                | 1940 | 43,9         | 16/IV . . . . .    | 0,92        | 25, 16/VIII        |
| 7                | 1941 | 14,0         | 11/IV, 1/V . . . . | —           | —                  |
| 8                | 1942 | 26,3         | 8/V . . . . .      | 0,55        | 8/I                |
| 9                | 1943 | 14,2         | 29/IV . . . . .    | 1,86        | 16, 17, 23,25/IX   |
| 10               | 1945 | 13,8         | 28, 29/V . . . . . | 1,79        | 29,30/XI, 31/XII   |
| 11               | 1946 | 19,8         | 8, 9/V . . . . .   | 1,05        | 22, 24/IX          |
| Сумма            |      | 176          | —                  | 8,65        | —                  |
| Среднее          |      | 16,0         | —                  | 0,86        | —                  |
| Ахурян — Капе    |      |              |                    |             |                    |
| 1                | 1929 | —            | —                  | 4,12        | 15, 31/XII         |
| 2                | 1930 | 11,4         | 23/VII . . . . .   | 3,37        | 21, 22/XI          |
| 3                | 1931 | 76,6         | 12/IV . . . . .    | 4,02        | 4/XI               |
| 4                | 1932 | 34,9         | 22/IV . . . . .    | 3,33        | 5/XII              |
| 5                | 1933 | 57,0         | 27/IV . . . . .    | 2,50        | 30/XI              |
| 6                | 1934 | 18,2         | 11, 12/IV . . . .  | 3,10        | 29/XII             |
| 7                | 1935 | 69,4         | 22/IV . . . . .    | 2,81        | 11/III             |
| 8                | 1940 | 143          | 16/IV . . . . .    | 1,90        | 4/I                |
| 9                | 1941 | 83,2         | 10/IV . . . . .    | 3,52        | 28/I, 13/II, 30/XI |
| 10               | 1942 | 100          | 7/V . . . . .      | 3,90        | 9/III              |
| 11               | 1943 | 77,8         | 19/IV . . . . .    | 3,23        | 5/III              |
| 12               | 1944 | 37,3         | 3/V . . . . .      | 2,20        | 24/II              |
| 13               | 1945 | 72,0         | 26/IV . . . . .    | 2,49        | 13/III             |
| 14               | 1946 | 60,0         | 11/V . . . . .     | 3,50        | 15/III             |
| 15               | 1947 | 69,2         | 30/III . . . . .   | 1,10        | 25/XII             |
| 16               | 1948 | 94,7         | 14/IV . . . . .    | 0,53        | 22/II              |
| Сумма            |      | 1005         | —                  | 45,6        | —                  |
| Среднее          |      | 67,0         | —                  | 2,85        | —                  |

| № п/п            | Год  | Максимальный |                      | Минимальный |                   |
|------------------|------|--------------|----------------------|-------------|-------------------|
|                  |      | Расход       | Дата                 | Расход      | Дата              |
| Памбак — Налбанд |      |              |                      |             |                   |
| 1                | 1935 | 45,9         | 12/IV . . . . .      | 0,74        | 3/VII             |
| 2                | 1936 | 19,9         | 13/IV . . . . .      | 0,55        | 14/II             |
| 3                | 1937 | 17,8         | 19/V . . . . .       | 0,77        | 29,31/XII; 9,10/I |
| 4                | 1938 | 14,1         | 25/IV . . . . .      | 0,50        | 11/VII            |
| 5                | 1941 | 33,7         | 11/IV . . . . .      | 0,74        | 2/VIII, 29/I      |
| 6                | 1942 | 43,2         | 7/V . . . . .        | 0,78        | 26/I              |
| 7                | 1943 | 14,3         | 15/VIII . . . . .    | 1,15        | 13/I, 16,18, VII  |
| 8                | 1944 | 17,5         | 24/V . . . . .       | —           | —                 |
| 9                | 1945 | 16,2         | 11/V . . . . .       | 0,70        | 3,13/I; 28/VII    |
| 10               | 1946 | 23,9         | 27/IV, 5/V . . . . . | 0,85        | 25/VII            |
| 11               | 1947 | 23,5         | 13/VII . . . . .     | 0,60        | 29/VII,           |
| 12               | 1948 | 19,1         | 17/V . . . . .       | 0,44        | 23/II, 18/I       |
| Сумма            |      | 289          | —                    | 7,82        | —                 |
| Среднее          |      | 24,1         | —                    | 0,71        | —                 |

#### Г/II Памбак — Мегрут

|         |      |       |                   |      |                 |
|---------|------|-------|-------------------|------|-----------------|
| 1       | 1931 | 87,6  | 12/IV . . . . .   | 1,47 | 25/I            |
| 2       | 1932 | 35,0  | 15/V . . . . .    | 1,56 | 7/I             |
| 3       | 1933 | 40,6  | 26/V . . . . .    | 1,64 | 1/I             |
| 4       | 1934 | 33,2  | 4/V . . . . .     | —    | —               |
| 5       | 1935 | 54,9  | 5/V . . . . .     | 2,05 | 6/II            |
| 6       | 1937 | 52,6  | 20/VIII . . . . . | —    | —               |
| 7       | 1938 | 32,0  | 31/V . . . . .    | 1,90 | 12/II           |
| 8       | 1939 | 54,0  | 22/VII . . . . .  | 1,10 | 5/III           |
| 9       | 1940 | 56,2  | 16/IV . . . . .   | 2,00 | 12/I            |
| 10      | 1942 | 61,0  | 8/V . . . . .     | 1,60 | 15/III          |
| 11      | 1943 | 31,5  | 25/V . . . . .    | 2,40 | 25/XII          |
| 12      | 1944 | 42,2  | 24/V . . . . .    | 2,56 | 25,26/II; 1/III |
| 13      | 1945 | 49,5  | 10/V . . . . .    | 2,30 | 26,27/II, 1/III |
| 14      | 1946 | 65,0  | 3/V . . . . .     | 3,00 | 16/II           |
| 15      | 1947 | 36,2  | 29/V . . . . .    | 2,30 | 30/VII          |
| 16      | 1948 | 61,4  | 19/V . . . . .    | 1,94 | 20/III, 22/XII  |
| Сумма   |      | 793   | —                 | 27,8 | —               |
| Среднее |      | 49,56 | —                 | 1,74 | —               |



| № п/п               | Год  | Максимальный |          | Минимальный |                           |
|---------------------|------|--------------|----------|-------------|---------------------------|
|                     |      | Расход       | Дата     | Расход      | Дата                      |
| Памбак—Тумаян       |      |              |          |             |                           |
| 1                   | 1927 | 104          | 20/VI    | 1,24        | 31/VIII                   |
| 2                   | 1928 | 69,5         | 7/IV     | 1,96        | 7/I                       |
| 3                   | 1929 | —            | —        | 1,22        | 30/XII                    |
| 4                   | 1932 | 37,4         | 26/V     | 1,86        | 8/I                       |
| 5                   | 1933 | 51,9         | 7/V      | 1,86        | 7/XII                     |
| 6                   | 1934 | 48,4         | 8/V      | 2,60        | 19,21/XII                 |
| 7                   | 1935 | 34,5         | 13,16/II | —           | —                         |
| 8                   | 1937 | 100          | 29/VI    | 1,90        | 29/XII                    |
| 9                   | 1938 | 62,2         | 30/IV    | 1,81        | 28/II                     |
| 10                  | 1939 | 88,8         | 24/VIII  | 1,80        | 28/II                     |
| 11                  | 1940 | 102          | 16/IV    | 3,48        | 24/XII                    |
| 12                  | 1941 | 68,5         | 26/IV    | 2,96        | 9/XII                     |
| 13                  | 1942 | 122          | 8/V      | 2,78        | 26/I                      |
| 14                  | 1943 | 65,0         | 6/IV     | 3,50        | 12/II                     |
| 15                  | 1944 | 48,6         | 24/V     | 3,00        | 31/XII                    |
| 16                  | 1945 | 67,6         | 10/V     | 2,60        | 26/I, 23/II               |
| 17                  | 1946 | 140          | 20/VI    | 2,68        | 24, 25/XII                |
| 18                  | 1947 | 37,3         | 29/V     | 2,50        | 3/II                      |
| 19                  | 1948 | 83,4         | 8/V      | 1,95        | 21/XII                    |
| Сумма               |      | 1331         |          | 41,7        |                           |
| Среднее             |      | 73,9         |          | 2,32        |                           |
| Дзорагет—Степанаван |      |              |          |             |                           |
| 1                   | 1933 | 59,3         | 21/VI    | 3,25        | 5/III                     |
| 2                   | 1934 | 90,5         | 16/VII   | 2,80        | 11, 17/I                  |
| 3                   | 1935 | 62,6         | 14/II    | 4,75        | 22/III                    |
| 4                   | 1936 | 136          | 20/V     | 3,65        | 15, 17, 19/II             |
| 5                   | 1937 | 86,8         | 13/V     | 4,50        | 29/XII                    |
| 6                   | 1938 | 55,5         | 30/V     | 4,30        | 3, 4/III                  |
| 7                   | 1939 | 97,6         | 27/VI    | 4,30        | 28/II; 1/III              |
| 8                   | 1940 | 95,2         | 16/IV    | 4,80        | 24/XII                    |
| 9                   | 1941 | 61,7         | 26/IV    | 4,20        | 1, 3, 5, 7, 12, 13, 15/II |
| 10                  | 1942 | 110          | 8/V      | 3,01        | 26/I                      |
| 11                  | 1943 | 89,0         | 11/V     | 4,25        | 13/III                    |
| 12                  | 1944 | 11,0         | 14/V     | 4,80        | 17, 19/I, 4/II            |
| 13                  | 1945 | 66,2         | 2/V      | 2,60        | 26/II                     |
| 14                  | 1946 | 110          | 25/V     | 3,78        | 24, 25/X                  |
| 15                  | 1947 | 39,0         | 19/V     | 5,00        | 15, 26/XI                 |
| 16                  | 1948 | 124          | 5/VI     | 4,00        | 18/III                    |
| Сумма               |      | 1393         |          | 64,0        |                           |
| Среднее             |      | 87,0         |          | 3,99        |                           |

| № п/п             | Год  | Максимальный |                  | Минимальный |                    |
|-------------------|------|--------------|------------------|-------------|--------------------|
|                   |      | Расход       | Дата             | Расход      | Дата               |
| Дзорагет—Гергерки |      |              |                  |             |                    |
| 1.                | 1932 | 67,4         | 17/IX            | 5,34        | 6/I                |
| 2                 | 1933 | 43,4         | 27/IV            | 4,70        | 11/II              |
| 3                 | 1934 | 84,0         | 28/V             | 4,93        | 18, 19, 22, 25/XII |
| 4                 | 1935 | 45,0         | 21/V             | 5,60        | 7, 8/I             |
| 5                 | 1937 | 135          | 3/V              | 5,00        | 2/XII              |
| 6                 | 1938 | 68,1         | 30/V             | 4,90        | 3, 4/I             |
| 7                 | 1939 | 135          | 27/VI, 26,29/VII | 5,16        | 19/I               |
| 8                 | 1941 | 75,0         | 26/IV            | 4,00        | 26, 27/XII         |
| 9                 | 1942 | 199          | 8/V              | 3,90        | 6/I                |
| 10                | 1943 | 97,0         | 11/V             | 7,60        | 29/XII             |
| 11                | 1944 | 133          | 14/V             | 6,55        | 26/II              |
| 12                | 1945 | 83,6         | 10/V             | 5,18        | 6/XII              |
| 13                | 1946 | 161          | 25/V             | 4,06        | 21, 22/II          |
| 14                | 1947 | 61,7         | 16/V             | 5,80        | 30/XII             |
| 15                | 1948 | 122          | 5/VI             | 6,20        | 21/XII             |
| Сумма             |      | 1511         |                  | 78,9        |                    |
| Среднее           |      | 100,7        |                  | 5,26        |                    |
| Агстев—Дилижан    |      |              |                  |             |                    |
| 1                 | 1929 | 19,8         | 7/IV             | 0,09        | 16/III             |
| 2                 | 1933 | 12,5         | 23/IV            | 0,04        | 29,31/VIII         |
| 3                 | 1935 | 22,7         | —                | —           | —                  |
| 4                 | 1939 | 29,0         | 25/VIII          | 0,27        | 18/I               |
| 5                 | 1940 | 24,3         | 1/IV             | 0,33        | 1/XI, 24/XII       |
| 6                 | 1941 | 19,3         | 24/IV            | 0,35        | 13/XI              |
| 7                 | 1942 | 37,2         | 5/VI             | 0,46        | 2/I                |
| 8                 | 1943 | 35,2         | 6/IV             | 0,76        | 13/I               |
| 9                 | 1944 | 11,2         | 22/VI            | 0,69        | 20/XII             |
| 10                | 1945 | 22,5         | 19/VI            | 0,71        | 5/I                |
| 11                | 1946 | 19,0         | 20/VI            | 0,77        | 18/I               |
| 12                | 1947 | 19,1         | 3/VI             | 0,54        | 13/XII             |
| 13                | 1948 | 15,9         | 9/V              | 0,86        | 14/I               |
| Сумма             |      | 188          |                  | 5,87        |                    |
| Среднее           |      | 14,4         |                  | 0,49        |                    |



| № п/п          | Год  | Максимальный |             | Минимальный |            |
|----------------|------|--------------|-------------|-------------|------------|
|                |      | Расход       | Дата        | Расход      | Дата       |
| Агстев—Иджеван |      |              |             |             |            |
| 1              | 1930 | 30,2         | 11/IV       | 0,40        | 2/III      |
| 2              | 1931 | 70,0         | 5/V         | —           | —          |
| 3              | 1933 | 58,2         | 17/VI       | 1,90        | 6/XII      |
| 4              | 1934 | 112          | 8/V         | 1,15        | 11, 13/XII |
| 5              | 1935 | 32,6         | 18/VI       | 1,39        | 29, 30/X   |
| 6              | 1936 | —            | —           | 1,00        | 4/II       |
| 7              | 1937 | —            | —           | 1,11        | 4/II       |
| 8              | 1938 | 75,4         | 30/IV       | 1,45        | 28/II      |
| 9              | 1939 | 44,3         | 28/VIII     | 1,67        | 6/I        |
| 10             | 1940 | 77,2         | 1/IV        | 1,00        | 12/I       |
| 11             | 1941 | 71,6         | 24/IV       | 1,44        | 15/I       |
| 12             | 1942 | 87,1         | 30/V        | 1,72        | 6/I        |
| 13             | 1943 | 51,4         | 6/IV        | 0,91        | 27, 28/XII |
| 14             | 1944 | 59,0         | 15/II       | 0,94        | 26/II      |
| 15             | 1945 | 77,2         | 11/V        | 0,92        | 21/XII     |
| 16             | 1946 | 85,9         | 20/VI       | 1,24        | 8/I        |
| 17             | 1947 | 60,0         | 2/V         | 1,82        | 27/XII     |
| 18             | 1948 | 68,0         | 28/IV, 12/V | 1,50        | 21/XII     |
| Сумма          |      | 1059         |             | 21,6        |            |
| Среднее        |      | 66,2         |             | 1,27        |            |

| № п/п          | Год  | Максимальный |                | Минимальный |                                                     |
|----------------|------|--------------|----------------|-------------|-----------------------------------------------------|
|                |      | Расход       | Дата           | Расход      | Дата                                                |
| Касах — Апаран |      |              |                |             |                                                     |
| 1.             | 1927 | —            | —              | 0,0         | 27/VII, 11/VIII,<br>5/IX                            |
| 2              | 1928 | 25,2         | 18/IV          | 0,11        | 2/VIII, 2/IX, 4/X,<br>19/X, 31/XII                  |
| 3              | 1929 | 12,5         | 31/V           | 0,10        | 8, 31/XII                                           |
| 4              | 1930 | 13,0         | 17/VII         | 0,06        | 11/II                                               |
| 5              | 1931 | —            | —              | 0,10        | 1/I, 17/II                                          |
| 6              | 1932 | 13,4         | 9/IV           | 0,08        | 22/VII                                              |
| 7              | 1933 | 12,1         | 22/VI          | 0,07        | 25, 26/X                                            |
| 8              | 1934 | 5,41         | 7/V            | 0,05        | 20/VI                                               |
| 9              | 1935 | 12,4         | 12/IV          | 0,10        | 28/X, 2/XI                                          |
| 10             | 1937 | —            | —              | 0,17        | VIII, IX, X, XI                                     |
| 11             | 1938 | 21,2         | 13/IV          | 0,03        | XII                                                 |
| 12             | 1939 | 21,0         | 21/IV, 23/VII  | 0,06        | IX (12)                                             |
| 13             | 1941 | 9,27         | 16/IV          | 0,10        | 11, 15/XII                                          |
| 14             | 1942 | 25,7         | 7/V            | 0,12        | 8, 11/IV                                            |
| 15             | 1943 | 10,6         | 11/IV          | 0,12        | 1, 10/I                                             |
| 16             | 1945 | 20,5         | 7, 20/IV       | 0,25        | 1/I, 31/III, 29/VII,<br>13, 23/X, 2/IV,<br>1, 3/XII |
| 17             | 1946 | 6,80         | 12,26/IV, 28/V | 0,24        | 1,31/I, II, III,<br>IV, 4, 26/XI                    |
| 18             | 1947 | 5,60         | 28/III         | 0,24        | 8/II, 1/III, 2/VI                                   |
| 19             | 1948 | 20,0         | 10/V           | 0,14        | 25, 26/II                                           |
| Сумма          |      | 234,7        |                | 2,34        |                                                     |
| Среднее        |      | 14,7         |                | 0,12        |                                                     |



| № п/п         | Год  | Максимальный |              | Минимальный |                          |
|---------------|------|--------------|--------------|-------------|--------------------------|
|               |      | Расход       | Дата         | Расход      | Дата                     |
| Касах—Аштарак |      |              |              |             |                          |
| 1             | 1925 | 16,1         | 20/III       | 0,83        | 17/VI                    |
| 2             | 1926 | 28,9         | 25/V         | 0,83        | 8/VIII                   |
| 3             | 1927 | 58,7         | 16/IV        | 0,73        | 22/VII                   |
| 4             | 1928 | —            | —            | 1,57        | 28/VIII, 7/XII           |
| 5             | 1929 | —            | —            | 1,19        | 28, 29/VII,<br>1, 2/VIII |
| 6             | 1930 | 58,1         | 23/VII       | 1,19        | 10/VII, 12/VIII          |
| 7             | 1931 | —            | —            | 1,57        | 13/I                     |
| 8             | 1933 | 174          | 27/IV        | 1,41        | 4/III                    |
| 9             | 1934 | 39,6         | 12/IV        | 1,72        | 11/IX                    |
| 10            | 1935 | 108          | 13/IV        | 1,25        | 16, 18/VII               |
| 11            | 1937 | —            | —            | 1,50        | 10/I, 8/II               |
| 12            | 1938 | 35,4         | 18/IV        | 1,26        | 2/VII                    |
| 13            | 1939 | 62,0         | 10/II, 15/IV | 1,29        | 3/VI                     |
| 14            | 1940 | 145          | 15/IV        | 2,45        | 11, 12/I                 |
| 15            | 1941 | 115          | 14/IV        | 1,90        | 16/VIII, 5/XII           |
| 16            | 1942 | 106          | 26/V         | 2,10        | 3/VIII                   |
| 17            | 1944 | 138          | 28/III       | 2,40        | 19/XII                   |
| 18            | 1945 | 94,3         | 17/IV        | 1,70        | 17/VII                   |
| 19            | 1946 | 169          | 21/IV        | 2,75        | 19, 29/I, 10/II          |
| 20            | 1947 | 63,0         | 25/III       | 2,55        | 1/I                      |
| 21            | 1948 | 88,2         | 14/IV        | 2,15        | 29/XII                   |
| Сумма         |      | 1500         |              | 35,2        |                          |
| Среднее       |      | 88,3         |              | 1,68        |                          |

| № п/п              | Год  | Максимальный |                 | Минимальный |                               |
|--------------------|------|--------------|-----------------|-------------|-------------------------------|
|                    |      | Расход       | Дата            | Расход      | Дата                          |
| Севджур — Эчмадзин |      |              |                 |             |                               |
| 1                  | 1926 | 77,0         | 25/IV           | 14,6        | 3, 13, 25/VII, 3/VIII         |
| 2                  | 1927 | 50,0         | 19/V            | 14,6        | 1, 20, 28, 29/VIII            |
| 3                  | 1928 | 119          | 19, 20/IV       | 13,8        | 28, 29/VI                     |
| 4                  | 1929 | 126          | 23/IV           | 13,1        | 1/XI                          |
| 5                  | 1930 | 23,5         | 30/III, 4, 6/IV | 11,9        | 24, 26/VII                    |
| 6                  | 1931 | 107          | 13/IV           | 10,0        | 1, 6/IX                       |
| 7                  | 1932 | 100          | 12/IV, 12, 17/V | 11,5        | 3/VII, 4/VIII,<br>16, 20/VIII |
| 8                  | 1933 | 228          | 28/IV           | 10,7        | 13, 14/VIII                   |
| 9                  | 1934 | 74,3         | 11/IV           | —           | —                             |
| 10                 | 1935 | 107          | 13/IV           | —           | —                             |
| 11                 | 1939 | —            | —               | —           | 15, 16/I                      |
| 12                 | 1940 | 160          | 13/IV           | 19,5        | 14, 25/VIII                   |
| 13                 | 1941 | 93,2         | 14/IV           | 18,3        | 3/III                         |
| 14                 | 1945 | 89,3         | 18/IV           | 18,3        | 29/VI, 2/VII                  |
| 15                 | 1946 | 127          | 22/IV           | 19,8        | 16, 17/VII,<br>14, 31/VIII    |
| 16                 | 1947 | 81,1         | 26/III          | 18,9        | 7/V                           |
| 17                 | 1948 | 111          | 14/IV           | 15,0        | 13/VIII                       |
| Сумма              |      | 1673         |                 | 229         |                               |
| Среднее            |      | 104,7        |                 | 15,3        |                               |



| № п/п              | Год  | Максимальный |              | Минимальный |                |
|--------------------|------|--------------|--------------|-------------|----------------|
|                    |      | Расход       | Дата         | Расход      | Дата           |
| Раздан — Севан     |      |              |              |             |                |
| 1                  | 1927 | 1,71         | 20/V         | 0,33        | 23/XII         |
| 2                  | 1928 | 2,50         | 15/VI        | 0,05        | 27, 29/VII     |
| 3                  | 1929 | 4,13         | 6, 8, 10/VII | 0,039       | 1/VIII         |
| 4                  | 1930 | 2,85         | 10, 12/VI    | 0,074       | 28/VII         |
| 5                  | 1931 | 3,43         | 25, 29/V     | 0,44        | 29/X, 1, 4/XI  |
| 6                  | 1932 | 5,70         | 5/XII        | 0,32        | 25/III, 2,6/VI |
| 7                  | 1933 | 12,3         | 24, 25/VII   | 1,50        | 12/II          |
| 8                  | 1934 | 12,4         | 27/VII       | 0,02        | 11/IV, 16/VI   |
| 9                  | 1935 | 15,4         | 24/VII       | 0,02        | 15/IV, 6/V     |
| 10                 | 1936 | 22,0         | 8/VIII       | 1,10        | 4, 5/IV        |
| 11                 | 1937 | 15,7         | 15, 21/XI    | 3,62        | 27, 31/III     |
| 12                 | 1938 | 14,5         | 22/VII       | 2,60        | 30/XII         |
| 13                 | 1939 | 18,2         | 23, 24/XII   | 3,46        | 6, 8/V         |
| 14                 | 1940 | 29,0         | 24/XII       | 3,04        | 12/IV          |
| 15                 | 1941 | 43,9         | 7, 8, 9/IX   | 4,90        | 31/V           |
| 16                 | 1942 | 35,9         | 3/II         | 4,95        | 1/VI           |
| 17                 | 1943 | 28,2         | 25, 27/XII   | 4,15        | 5/V            |
| 18                 | 1944 | 34,5         | 18, 19/XII   | 5,20        | 19/IX          |
| 19                 | 1945 | 37,6         | 24, 25/V     | 5,80        | 20/V           |
| 20                 | 1946 | 32,5         | 10/IX        | 2,79        | 21/IV          |
| 21                 | 1947 | 35,7         | 5/VIII       | 6,25        | 1/VI           |
| 22                 | 1948 | 28,0         | 23/VI        | 9,24        | 4—6/X          |
| Сумма              |      | 4,6          |              | 59,9        |                |
| Среднее            |      | 19,8         |              | 2,72        |                |
| Раздан — Цахкадзор |      |              |              |             |                |
| 1                  | 1937 | —            | —            | 2,82        | 9/III          |
| 2                  | 1938 | —            | —            | 5,26        | 29, 31/XII     |
| 3                  | 1939 | 44,6         | 28, 29/IV    | 5,25        | 1/I            |
| 4                  | 1943 | 55,5         | 6, 10/V      | 13,0        | 30/X           |
| 5                  | 1944 | 39,6         | 2/V          | 11,3        | 6/II, 28/VII   |
| 6                  | 1945 | 63,9         | 10/V         | 10,6        | 11/VIII        |
| 7                  | 1946 | 48,8         | 28/V         | 9,00        | 8/III          |
| 8                  | 1947 | 48,4         | 2/VI         | 14,3        | 6/VII          |
| 9                  | 1948 | 61,0         | 8/V          | 15,5        | 23/XI          |
| Сумма              |      | 362          |              | 87,0        |                |
| Среднее            |      | 51,7         |              | 9,67        |                |

| № п/п          | Год  | Максимальный |        | Минимальный |              |
|----------------|------|--------------|--------|-------------|--------------|
|                |      | Расход       | Дата   | Расход      | Дата         |
| Раздан — Арзни |      |              |        |             |              |
| 1              | 1928 | 110          | 24/IV  | —           | —            |
| 2              | 1929 | 51,4         | 7/V    | 8,70        | 25/II        |
| 3              | 1930 | 28,2         | 2/V    | 11,1        | 12/II, 27/XI |
| 4              | 1931 | 70,2         | 26/V   | 10,9        | 22/XII       |
| 5              | 1932 | 78,2         | 15/V   | 10,9        | 30, 31/I     |
| 6              | 1933 | 63,3         | 6, 7/V | 12,2        | 30, 31/I     |
| 7              | 1934 | 45,3         | 8/V    | 10,4        | 3/XII        |
| 8              | 1935 | 61,5         | 6/V    | 9,01        | 17/III       |
| 9              | 1936 | 81,0         | 19/V   | 9,56        | 28/I, 2/II   |
| 10             | 1937 | 93,6         | 11/IV  | 13,2        | 2/II         |
| 11             | 1938 | 80,0         | 30/IV  | 15,1        | 31/XII       |
| 12             | 1939 | 78,0         | 28/IV  | 11,2        | 7/X          |
| 13             | 1940 | 102          | 17/IV  | 19,3        | 21/III       |
| 14             | 1941 | 108          | 14/IV  | 24,9        | 27/XI        |
| 15             | 1942 | 120          | 7/V    | 20,4        | 20, 21/XII   |
| 16             | 1943 | 67,9         | 6, 7/V | 22,9        | 8/XI         |
| 17             | 1945 | 72,2         | 10/V   | 22,1        | 8/VII        |
| 18             | 1946 | 103          | 7/V    | 21,3        | 8/VIII       |
| 19             | 1948 | 103          | 10/IV  | 23,8        | 20/XI        |
| Сумма          |      | 1517         |        | 277         |              |
| Среднее        |      | 79,8         |        | 15,4        |              |



| № п/п               | Год  | Максимальный |               | Минимальный |                           |
|---------------------|------|--------------|---------------|-------------|---------------------------|
|                     |      | Расход       | Дата          | Расход      | Дата                      |
| Гаварагет — Норадуз |      |              |               |             |                           |
| 1                   | 1927 | 18,4         | 18, 19/V      | 2,09        | 27/VII                    |
| 2                   | 1928 | 72,5         | 7/IV          | 1,73        | 3/VI, 5/VII, 4/VIII       |
| 3                   | 1929 | 23,8         | 28/V          | 1,91        | 6/III                     |
| 4                   | 1930 | 8,72         | 14/V          | 2,19        | 20, 24, 28/VIII           |
| 5                   | 1931 | 11,0         | 28/V          | 2,29        | 10/I                      |
| 6                   | 1932 | 15,6         | 17/V, 1, 4/VI | 2,41        | 1, 3/X                    |
| 7                   | 1933 | 14,2         | 8/V           | 2,00        | 21/VII                    |
| 8                   | 1934 | 10,5         | 29/V          | 2,01        | 7/II, 4/XII               |
| 9                   | 1935 | 12,6         | 7/V           | 2,30        | 19/VII                    |
| 10                  | 1936 | 9,42         | 28/VII        | 2,56        | 20/III, 22/VII            |
| 11                  | 1937 | 9,42         | 11/IV, 19/V   | 2,50        | 30/I                      |
| 12                  | 1938 | 9,34         | 1/V           | 2,32        | 10/VII                    |
| 13                  | 1939 | 11,8         | 29/IV         | 2,66        | 17, 18/VIII               |
| 14                  | 1940 | 10,1         | 2/IV          | 2,49        | 22, 31/VIII, 4/IX         |
| 15                  | 1941 | 11,3         | 12/V          | 2,45        | 1, 17, 18, 23, 29, 31/VII |
| 16                  | 1942 | 30,6         | 10/V          | 1,37        | 31/XII                    |
| 17                  | 1943 | 11,8         | 6/V           | 2,51        | 20/VII, 13/VIII           |
| 18                  | 1944 | 24,9         | 6/V           | 2,10        | 8/IX                      |
| 19                  | 1945 | 17,6         | 1, 2/VI       | 2,43        | 20, 22/II                 |
| 20                  | 1947 | 8,80         | 30/V          | 1,70        | 2/X                       |
| 21                  | 1948 | 14,8         | 28/V          | 2,40        | 22/I                      |
| Сумма               |      | 357          |               | 46,4        |                           |
| Среднее             |      | 17,0         |               | 2,21        |                           |

| № п/п               | Год  | Максимальный |                 | Минимальный |                         |
|---------------------|------|--------------|-----------------|-------------|-------------------------|
|                     |      | Расход       | Дата            | Расход      | Дата                    |
| Варденик — Варденик |      |              |                 |             |                         |
| 1                   | 1927 | 16,6         | 28/V            | 0,24        | 3/I, 20, 21/XI          |
| 2                   | 1928 | 10,6         | 22/V            | 0,15        | 31/X, 1, 16, 17/XI      |
| 3                   | 1929 | 12,3         | 17/V            | 0,23        | 11/XI                   |
| 4                   | 1930 | 10,0         | 8/VI            | —           | —                       |
| 5                   | 1931 | 10,2         | 14/VI           | —           | —                       |
| 6                   | 1932 | 13,0         | 13/VI           | 0,32        | 20/VI                   |
| 7                   | 1933 | 19,1         | 12, 24/V, 13/VI | 0,23        | 10, 14/XII              |
| 8                   | 1934 | 5,18         | 13/V            | 0,45        | 4, 5/XII                |
| 9                   | 1935 | 13,7         | 13/VI           | 0,44        | 18, 20/IX               |
| 10                  | 1936 | 5,46         | 26/V, 27, 30/VI | 0,39        | 11/II, 3, 5, 11, 20/III |
| 11                  | 1937 | 6,87         | 23,28/V         | —           | —                       |
| 12                  | 1938 | 28,0         | 20/IV           | 0,19        | 1/I, 30/III             |
| 13                  | 1939 | 12,1         | 28/IV           | 0,36        | 1/I, 13/III             |
| 14                  | 1940 | 10,8         | 21/V            | 0,39        | 7/XII, 1/II             |
| 15                  | 1942 | 17,3         | 8/V             | 0,60        | 5, 6/I                  |
| 16                  | 1943 | 7,45         | 22/V            | 0,37        | 3/XI                    |
| 17                  | 1944 | 30,6         | 5/V             | 0,53        | 3/XII                   |
| 18                  | 1945 | 24,8         | 31/V            | 0,33        | 23, 28/VIII             |
| 19                  | 1946 | 18,8         | 1/VI            | 0,49        | 1/I, 19/II              |
| 20                  | 1947 | 9,04         | 29, 30/V        | 0,27        | 13/XI, 23/XII           |
| 21                  | 1948 | 9,42         | 17/VI           | —           | —                       |
| Сумма               |      | 291          | —               | 6,38        | —                       |
| Среднее             |      | 13,8         | —               | 0,37        | —                       |



| № п/п               | Год  | Максимальный |            | Минимальный |                                      |
|---------------------|------|--------------|------------|-------------|--------------------------------------|
|                     |      | Расход       | Дата       | Расход      | Дата                                 |
| Приток оз. Гилли    |      |              |            |             |                                      |
| 1                   | 1928 | 14,4         | 11/IV      | 1,55        | 4/VII, 1, 2/VIII                     |
| 2                   | 1929 | 27,7         | 11, 13/IV  | 1,94        | 11, 14/VII                           |
| 3                   | 1930 | 13,4         | 30/III     | 1,28        | 1, 2/III                             |
| 4                   | 1931 | 19,7         | 29/III     | —           | —                                    |
| 5                   | 1932 | 17,2         | 21, 22/V   | 2,64        | 27/XII                               |
| 6                   | 1934 | 7,82         | 18/V       | 1,51        | 31/VII                               |
| 7                   | 1937 | 11,0         | 21/V       | —           | —                                    |
| 8                   | 1938 | 9,48         | 2, 3/V     | 1,95        | 16/VII                               |
| 9                   | 1939 | 5,40         | 14, 19/XI  | 1,41        | 10, 12, 17, 30/VI<br>1, 2, 7, 9/VIII |
| 10                  | 1940 | 11,5         | 22/V       | —           | —                                    |
| 11                  | 1942 | 9,40         | 26/V       | 0,41        | 23, 24/II                            |
| 12                  | 1943 | 8,01         | 24, 27/V   | 2,20        | 22, 24/VI                            |
| 13                  | 1946 | 6,30         | 27/V       | —           | —                                    |
| 14                  | 1947 | 15,5         | 17, 18/III | 1,66        | 24, 31/XII                           |
| 15                  | 1948 | 9,00         | 9/V        | —           | —                                    |
| Сумма               |      | 186          | —          | 16,6        | —                                    |
| Среднее             |      | 12,4         | —          | 1,66        | —                                    |
| Дзыкнагет — Цовагюх |      |              |            |             |                                      |
| 1                   | 1927 | 13,1         | 20/IV      | 0,02        | 17, 31/I, 9/II,<br>19/III            |
| 2                   | 1928 | 36,9         | 23/IV      | 0,05        | 1/I, 31/III                          |
| 3                   | 1929 | 14,1         | 22/IV      | 0,05        | 19/VIII                              |
| 4                   | 1930 | 9,56         | 21/IV      | 0,10        | 1/IX                                 |
| 5                   | 1931 | 16,9         | 12/IV      | 0,08        | 3, 4/XI                              |
| 6                   | 1934 | 18,3         | 7/V        | 0,08        | 18, 20/VIII,<br>5, 20/X, 31/XI       |
| 7                   | 1936 | 13,4         | 13/IV      | 0,15        | 13/III                               |
| 8                   | 1937 | 15,4         | 11/IV      | 0,13        | 2/X                                  |
| 9                   | 1938 | 15,1         | 30/IV      | 0,09        | 2, 28/II                             |
| 10                  | 1939 | 8,75         | 20/V       | 0,05        | 3, 27/II                             |
| 11                  | 1941 | 14,0         | 14/IV      | 0,01        | 2/VIII, 6/IX                         |
| 12                  | 1943 | 8,37         | 30/IV      | 0,02        | 10/IX, 4/X                           |
| 13                  | 1944 | 12,2         | 23/IV      | 0,10        | 15/IX                                |
| 14                  | 1945 | 9,80         | 10/V       | 0,06        | 2/IX                                 |
| 15                  | 1946 | 6,76         | 24/IV      | 0,14        | 9/IX, 1/X                            |
| 16                  | 1947 | 6,92         | 3/V        | 0,08        | 20, 22/IV                            |
| 17                  | 1948 | 46,4         | 14/V       | 0,08        | 19/VIII                              |
| Сумма               |      | 267          | —          | 1,24        | —                                    |
| Среднее             |      | 15,6         | —          | 0,07        | —                                    |

| № п/п        | Год  | Максимальный |          | Минимальный |                                                                          |
|--------------|------|--------------|----------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|
|              |      | Расход       | Дата     | Расход      | Дата                                                                     |
| Азат — Гарни |      |              |          |             |                                                                          |
| 1            | 1925 | 10,1         | 2, 4/VI  | 3,00        | 26/VIII, 30/IX                                                           |
| 2            | 1926 | 26,6         | 24/V     | 3,94        | 1/I—7/II                                                                 |
| 3            | 1927 | 12,3         | 1/I      | 3,45        | 17/XI, 31/XII                                                            |
| 4            | 1928 | 13,0         | 23/IV    | 3,77        | I(31), II(26)<br>III(18), VII(1),<br>VIII(18), IX(20)<br>XI(27), XII(31) |
| 5            | 1929 | 17,5         | 17/V     | 3,59        | 15/I (16)                                                                |
| 6            | 1930 | 12,0         | 15/V     | 3,07        | I(31), 28/II,<br>13/III                                                  |
| 7            | 1931 | 10,0         | 26/V     | 3,24        | 10/III(5)                                                                |
| 8            | 1932 | 11,8         | 17, 18/V | 3,32        | 23/XII(8)                                                                |
| 9            | 1933 | 11,1         | 20/V     | 3,24        | 9/II(20), 31/III,<br>5/IV                                                |
| 10           | 1934 | 17,1         | 6/V      | 3,32        | 15/VII(17), VIII<br>(31)IX(30)X(11),<br>XI(30)24/XII                     |
| 11           | 1935 | 24,2         | 6/V      | 2,21        | 1/XII(31)                                                                |
| 12           | 1936 | —            | —        | 3,65        | 1/I, 7/IV, 1/VII,<br>4/VIII                                              |
| 13           | 1937 | —            | —        | 3,65        | 10, 12/II                                                                |
| 14           | 1938 | —            | —        | 4,00        | 19/XII                                                                   |
| 15           | 1940 | 29,5         | 18/IV    | 3,40        | 31/VIII                                                                  |
| 16           | 1941 | 22,1         | 14/V     | 3,03        | 1/I, 3/III                                                               |
| 17           | 1942 | 29,2         | 29/V     | 3,74        | 9/III                                                                    |
| 18           | 1945 | 14,1         | 19/VI    | 2,92        | 21, 22, 25, 26/VII                                                       |
| 19           | 1946 | 67,0         | 1/VI     | 3,30        | 24, 25, 27/I, 24/II                                                      |
| 20           | 1947 | 34,9         | 31/V     | 3,52        | 31/VII                                                                   |
| 21           | 1948 | 42,0         | 8/V      | 2,92        | 16/VIII                                                                  |
| Сумма        |      | 404          | —        | 70,3        | —                                                                        |
| Среднее      |      | 22,5         | —        | 3,34        | —                                                                        |

Примечание. В скобках показано число дней в данном месяце, в течение которых наблюдался расход, близкий к минимальному.



| № п/п           | Год  | Максимальный |              | Минимальный |                       |
|-----------------|------|--------------|--------------|-------------|-----------------------|
|                 |      | Расход       | Дата         | Расход      | Дата                  |
| Азат—Зовашен    |      |              |              |             |                       |
| 1               | 1928 | 16,3         | 23/IV        | 3,11        | 1, 7, 31/I, 18, 12/II |
| 2               | 1929 | 26,2         | 16/V         | 3,48        | 22, 23/X              |
| 3               | 1930 | 35,7         | 7/VI         | 3,65        | II, III, VII, XI, XII |
| 4               | 1931 | 57,6         | 18/VII       | 3,65        | 1, 28/II              |
| 5               | 1933 | 32,5         | 18/V         | 3,94        | 17, 19/II             |
| 6               | 1934 | 14,4         | 7, 8/V       | 3,58        | 4/VII, 14/X           |
| 7               | 1937 | —            | —            | 3,78        | 19, 21, 23, 24/I      |
| 8               | 1938 | 36,8         | 28/IV        | 4,00        | 21, 26, 28, 30/IV     |
| 9               | 1939 | 35,0         | 10/V         | —           | —                     |
| 10              | 1940 | 20,6         | 25/V, 9/VI   | 3,50        | 9, 15/X               |
| 11              | 1941 | 27,7         | 13/V         | 4,06        | 18/XI, 10, 17/XII     |
| 12              | 1942 | 52,9         | 7/V          | —           | —                     |
| 13              | 1943 | 20,7         | 8, 11, 13/V  | 5,00        | 18, 29/VIII           |
| 14              | 1944 | 20,4         | 7/V          | 4,40        | 23/III                |
| 15              | 1945 | 27,2         | 29/V         | 3,78        | 23/VII                |
| 16              | 1946 | 37,8         | 29/V         | 3,80        | 25/I, 7/II, 12/III    |
| 17              | 1947 | 38,7         | 1/VI         | 4,17        | 1/I, 16/II            |
| Сумма           |      | 500          | —            | 57,9        | —                     |
| Среднее         |      | 31,3         | —            | 3,86        | —                     |
| Веди—Карабахлар |      |              |              |             |                       |
| 1               | 1937 | 15,4         | 20/V         | 0,58        | 31/XII                |
| 2               | 1938 | 52,0         | 30/IV        | 0,42        | 10, 11/VIII           |
| 3               | 1940 | 12,2         | 15/V         | 0,47        | 14/I                  |
| 4               | 1941 | 15,0         | 12/V         | 0,41        | 13, 15/X              |
| 5               | 1945 | 9,16         | 11/V         | —           | —                     |
| 6               | 1946 | 19,4         | 28, 29, 31/V | 0,35        | 27/I                  |
| 7               | 1947 | 8,60         | 11/V         | 0,22        | 9, 11/VII             |
| 8               | 1948 | 9,50         | 5/V          | 0,13        | 23, 29/VII            |
| Сумма           |      | 141          | —            | 2,58        | —                     |
| Среднее         |      | 17,7         | —            | 0,37        | —                     |

| № п/п       | Год  | Максимальный |           | Минимальный |                                 |
|-------------|------|--------------|-----------|-------------|---------------------------------|
|             |      | Расход       | Дата      | Расход      | Дата                            |
| Арпа—Микоян |      |              |           |             |                                 |
| 1           | 1933 | 64,2         | 17/V      | 3,80        | 27, 31/VIII                     |
| 2           | 1934 | 45,4         | 8, 29/V   | 3,20        | 5, 12, 13/XII                   |
| 3           | 1935 | 102          | 6/V       | 2,50        | 16/I                            |
| 4           | 1936 | 61,1         | 14, 15/V  | 2,62        | 1, 3/I                          |
| 5           | 1938 | 116          | 30/IV     | 3,45        | 13/IX                           |
| 6           | 1939 | 70,0         | 10/V      | 3,00        | 13, 15/I                        |
| 7           | 1945 | 49,0         | 31/V      | 2,62        | 26/XII                          |
| 8           | 1946 | 54,5         | 28/V      | 3,32        | 1(7), 6, 7/II                   |
| 9           | 1947 | 42,9         | 30/V      | 3,71        | 19, 25/IX                       |
| 10          | 1948 | 53,2         | 6/VI      | 5,05        | 20/III                          |
| Сумма       |      | 659          | —         | 33,3        | —                               |
| Среднее     |      | 65,9         | —         | 3,33        | —                               |
| Арпа—Арпа   |      |              |           |             |                                 |
| 1           | 1931 | 142          | 29/V      | 5,25        | 7/III                           |
| 2           | 1933 | 148          | 19/V      | 5,80        | 10/IX                           |
| 3           | 1934 | 79,4         | 29/V      | 5,60        | 22/VIII                         |
| 4           | 1935 | 142          | 7/V       | 5,35        | 13/X                            |
| 5           | 1936 | —            | —         | 6,90        | 21/XII                          |
| 6           | 1938 | 153          | 1/V       | 4,50        | 11, 12, 21, 25,<br>31/III—IX(3) |
| 7           | 1939 | 126          | 10/V      | 4,35        | 8/II                            |
| 8           | 1940 | 149          | 23/IV     | 6,50        | 14/VIII                         |
| 9           | 1941 | 142          | 1/V       | 7,70        | 14, 17, 25/VIII                 |
| 10          | 1943 | 135          | 17/V      | 8,80        | 3/II                            |
| 11          | 1944 | 149          | 6/V       | —           | —                               |
| 12          | 1945 | 76,0         | 11/V      | 5,70        | 7/II, 30/X, 3/X                 |
| 13          | 1946 | 90,8         | 29/V      | 4,00        | 4, 5/VIII                       |
| 14          | 1947 | 114          | 9/V       | 6,25        | 2/I                             |
| 15          | 1948 | 129          | 30, 31/VI | 4,10        | 19/VII                          |
| Сумма       |      | 1175         | —         | 8,08        | —                               |
| Среднее     |      | 126,8        | —         | 5,77        | —                               |

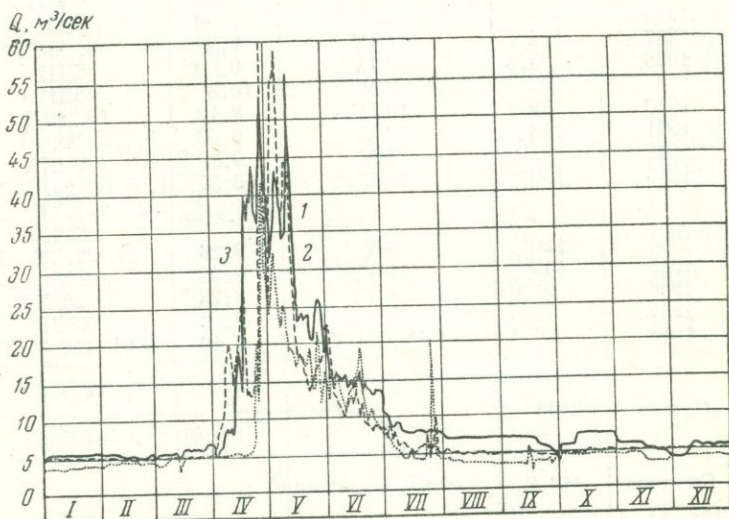


| № п/п               | Год  | Максимальный |         | Минимальный |                        |
|---------------------|------|--------------|---------|-------------|------------------------|
|                     |      | Расход       | Дата    | Расход      | Дата                   |
| Воротан — Ангехакот |      |              |         |             |                        |
| 1                   | 1927 | 67,6         | 31/V    | 2,61        | 6/VIII, IX(4)          |
| 2                   | 1928 | 86,9         | 7/IV    | 2,71        | 27/XII                 |
| 3                   | 1929 | 85,7         | 17/V    | 2,99        | 4/XII                  |
| 4                   | 1930 | 33,0         | 14/V    | 2,30        | 1, 21/XII              |
| 5                   | 1931 | 77,3         | 29/V    | 2,99        | 22/I                   |
| 6                   | 1932 | 80,8         | 22/IV   | 4,20        | 10, 26, 31/I           |
| 7                   | 1933 | 44,4         | 9/V     | 3,52        | 28/II, 2/XI, 24, 22/XI |
| 8                   | 1934 | 45,4         | 29/V    | 3,06        | 20, 21/VI, 27/VII      |
| 9                   | 1935 | 91,7         | 6/V     | 2,66        | 22, 26, 27/XII         |
| 10                  | 1936 | —            | —       | 3,25        | 13/XII                 |
| 11                  | 1937 | —            | —       | 2,70        | 9/III                  |
| 12                  | 1940 | 55,2         | 19/IV   | 2,90        | 12, 14/III             |
| 13                  | 1941 | 160          | 12/V    | 4,25        | 12/VIII                |
| 14                  | 1942 | 239          | 7/V     | 4,16        | 16/III                 |
| 15                  | 1943 | 60,8         | 17/V    | 3,52        | 8/XII                  |
| 16                  | 1944 | 90,2         | 6, 7/V  | 3,70        | 15/II, 21, 30/XI       |
| 17                  | 1945 | 65,7         | 11/V    | 4,04        | 17, 18, 23/III         |
| 18                  | 1946 | 45,9         | 27/V    | 3,80        | 8, 9/XII               |
| 19                  | 1947 | 43,6         | 29/V    | 3,20        | 2, 3/I                 |
| 20                  | 1948 | 63,3         | 30/V    | 3,90        | 22/II                  |
| Сумма               |      | 1436         | —       | 66,5        | —                      |
| Среднее             |      | 79,8         | —       | 3,32        | —                      |
| Воротан — Лцен      |      |              |         |             |                        |
| 1                   | 1927 | 86,0         | 19/V    | 5,10        | 8/I, 17, 20/II, 5, 6/X |
| 2                   | 1928 | 177          | 7/IV    | 5,80        | 24, 25/III             |
| 3                   | 1929 | 126          | 17/V    | 7,70        | 5, 6/X, 5, 7, 8/XI     |
| 4                   | 1930 | 88,8         | 5/V     | 6,40        | 15, 16/VII             |
| 5                   | 1931 | 89,6         | 2/VI    | 6,62        | 25/IX, 5/X             |
| 6                   | 1933 | 77,6         | 8/V     | 7,10        | 9/IX                   |
| 7                   | 1934 | 65,0         | 28/V    | 7,40        | 19, 20/II              |
| 8                   | 1935 | 85,6         | 5/V     | 6,78        | 23, 25/I               |
| 9                   | 1936 | —            | —       | 6,07        | 14/X                   |
| 10                  | 1937 | —            | —       | 4,80        | 31/XII                 |
| 11                  | 1938 | —            | —       | 7,40        | I(5)                   |
| 12                  | 1939 | 82,2         | 29/IV   | 5,67        | 18, 20/I               |
| 13                  | 1940 | —            | —       | 6,90        | 16, 17/I               |
| 14                  | 1947 | 86,0         | 6/IV    | 8,52        | 20, 24, 25/XII         |
| 15                  | 1948 | 90,3         | 8, 29/V | 7,69        | 26, 27/VIII            |
| Сумма               |      | 1054         | —       | 99,9        | —                      |
| Среднее             |      | 95,8         | —       | 6,66        | —                      |

| № п/п              | Год  | Максимальный |             | Минимальный |                       |
|--------------------|------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|
|                    |      | Расход       | Дата        | Расход      | Дата                  |
| Воротан — Эйвизляр |      |              |             |             |                       |
| 1                  | 1927 | 94,4         | 10/V        | 5,20        | 20/XI                 |
| 2                  | 1930 | 85,7         | 16/V        | 7,53        | 12/I                  |
| 3                  | 1931 | 114          | 27/V        | 6,80        | 25, 26/I              |
| 4                  | 1933 | 100          | 7, 15, 19/V | 7,10        | 13/VIII               |
| 5                  | 1934 | 98,5         | 8/V         | 6,85        | 11/VII                |
| 6                  | 1935 | 112          | 7/V         | 7,07        | 8/VIII                |
| 7                  | 1936 | —            | —           | 7,56        | 11/XII                |
| 8                  | 1937 | 114          | 11/IV       | 7,92        | 3, 6/I                |
| 9                  | 1938 | 85,4         | 30/IV       | 9,00        | 6/III                 |
| 10                 | 1939 | 102          | 9/V         | 10,8        | 28/II                 |
| 11                 | 1940 | 129          | 19/IV       | 8,12        | 12, 13/I              |
| 12                 | 1941 | 138          | 13/V        | 6,00        | 9, 12, 30, 31/XII     |
| 13                 | 1942 | 252          | 7/V         | 9,29        | 26, 27/I              |
| 14                 | 1943 | 150          | 17/V        | 9,57        | 1, 6, 10, 18, 19/VIII |
|                    |      |              |             |             | 1, 2, 5, 6, 11, 12/IX |
| 15                 | 1944 | 120          | 6/V         | 9,26        | 18, 22, 23/XII        |
| 16                 | 1945 | 145          | 11/V        | 8,44        | 27/I                  |
| 17                 | 1946 | 91,0         | 4/V         | 8,78        | 1, 25/XII             |
| 18                 | 1947 | 72,4         | 11/V        | 9,12        | 13/II                 |
| 19                 | 1948 | 96,4         | 1/IV—31/V   | 9,10        | 23/I, 29, 31/XII      |
| Сумма              |      | 2103         | —           | 153         | —                     |
| Среднее            |      | 116,8        | —           | 8,04        | —                     |
| Вохчи — Кафан      |      |              |             |             |                       |
| 1                  | 1934 | 11,3         | 8/V         | 0,94        | 20, 25/XI             |
| 2                  | 1935 | 27,3         | 20/V        | 0,70        | 25, 31/I, 7, 11/II    |
| 3                  | 1936 | 34,3         | 26, 27/VI   | 1,11        | 6, 10/III             |
| 4                  | 1937 | —            | —           | 1,18        | 27, 31/XII            |
| 5                  | 1946 | 51,7         | 18/V        | 1,50        | 23, 29/I              |
| 6                  | 1947 | 37,4         | 13/VI       | 2,38        | 27/I                  |
| 7                  | 1948 | 58,7         | 20/VI       | 2,30        | XII(3)                |
| Сумма              |      | 221          | —           | 10,1        | —                     |
| Среднее            |      | 36,7         | —           | 1,44        | —                     |



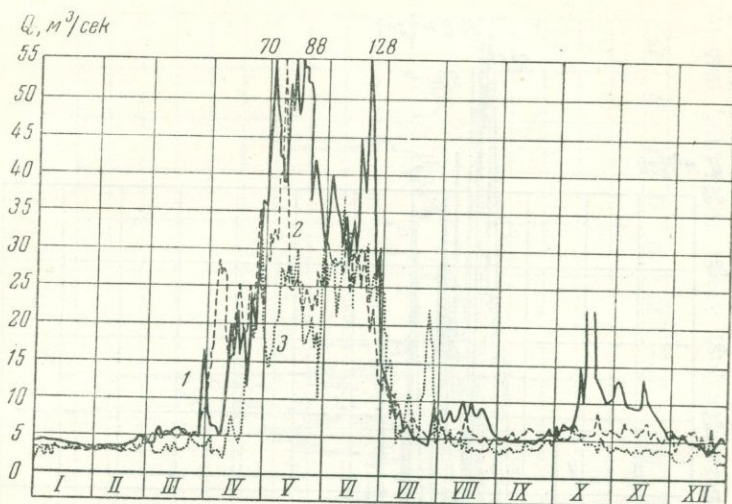
**ГИДРОГРАФЫ РЕК АРМЯНСКОЙ ССР**  
(по трем характерным годам — многоводному, маловодному, средневодному)



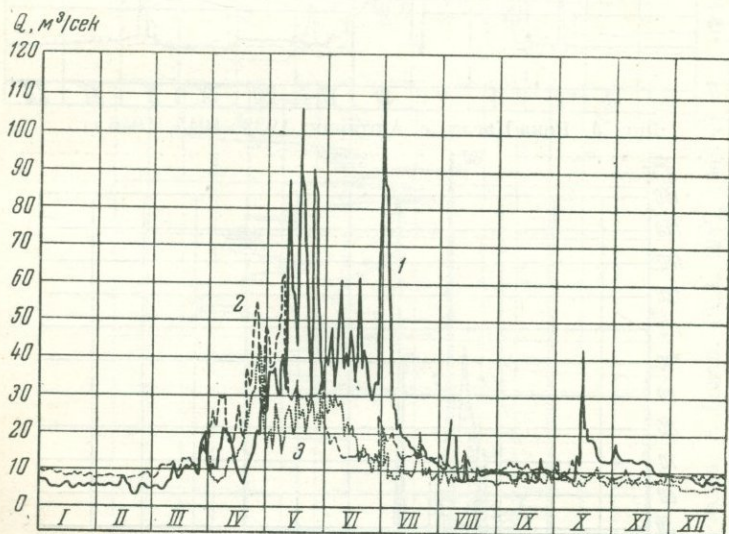
Фиг. 1. Река Ахурия, с. Капс. 1933, 1945, 1946 гг.

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:**

- Фиг. 1. 1—маловодный 1953 г.; 2—средневодный 1945 г.;  
3—многоводный 1946 г.  
Фиг. 2—11. 1—многоводный 1946 г.; 2—средневодный 1945 г.;  
3—маловодный 1933 г.  
Фиг. 12. 1—средневодный 1946 г.; 2—маловодный 1945 г.;  
3—многоводный 1933 г.  
Фиг. 13. 1—средневодный 1945 г.; 2—многоводный 1946 г.;  
3—маловодный 1933 г.

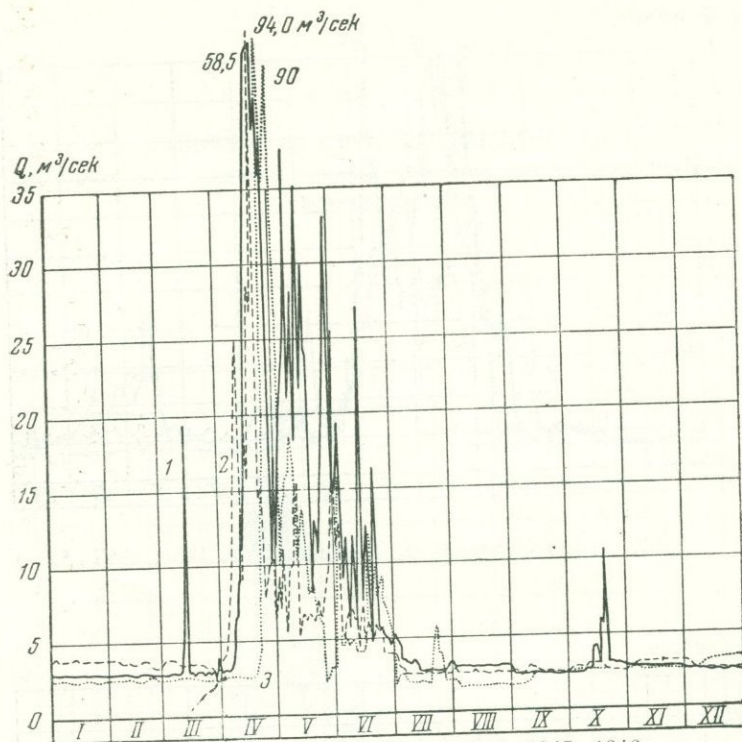


Фиг. 2. Река Памбак, п. Туманян. 1946, 1933, 1945 гг.

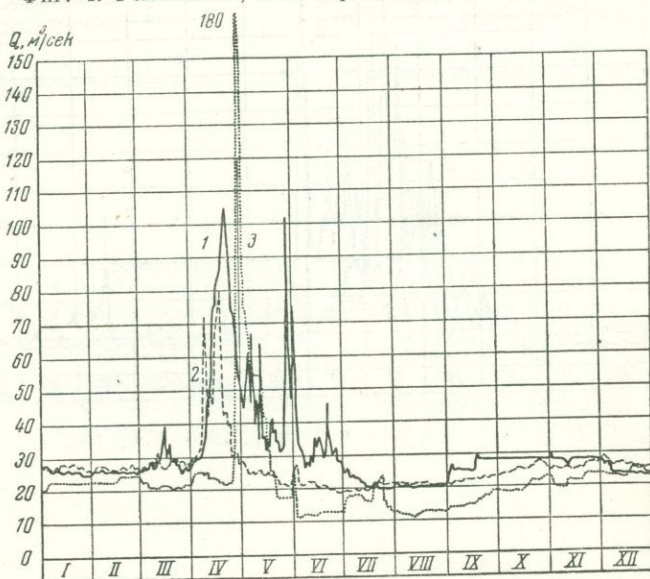


Фиг. 3. Река Дзорaget, п. Гергер. 1946, 1933, 1945 гг.

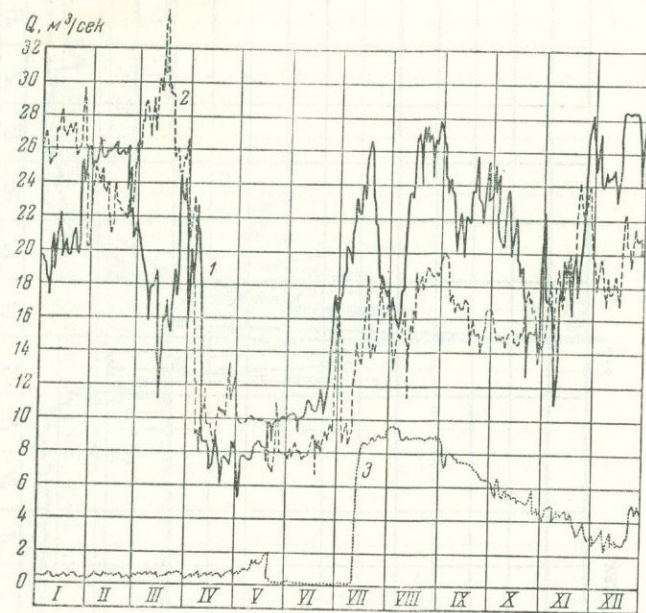




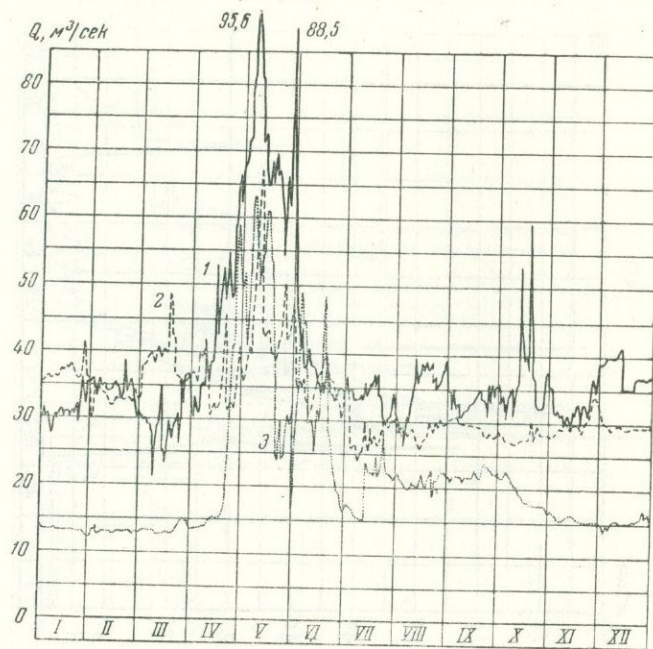
Фиг. 4. Река Касах, с. Аштарак. 1933, 1945, 1946 гг.



Фиг. 5. Река Севджур, ж.-д. ст. Эчмиадзин. 1946, 1945, 1933 гг.

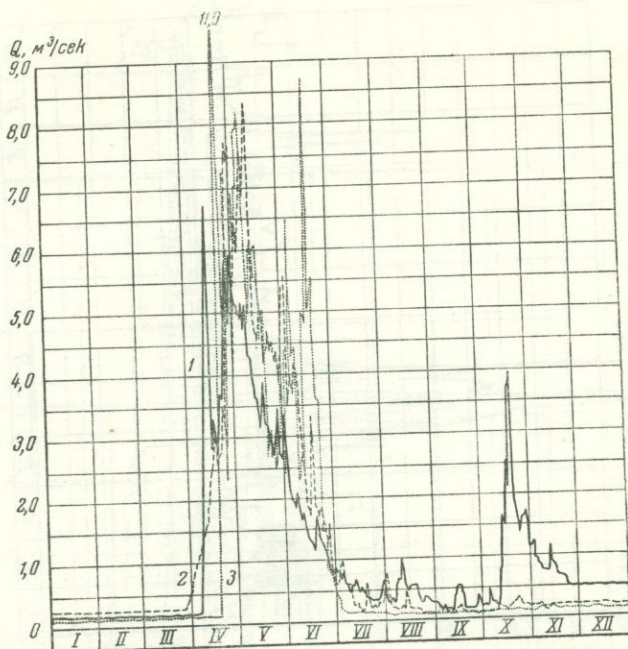


Фиг. 6. Река Раздан, г. Севан. 1933, 1945, 1946 гг.

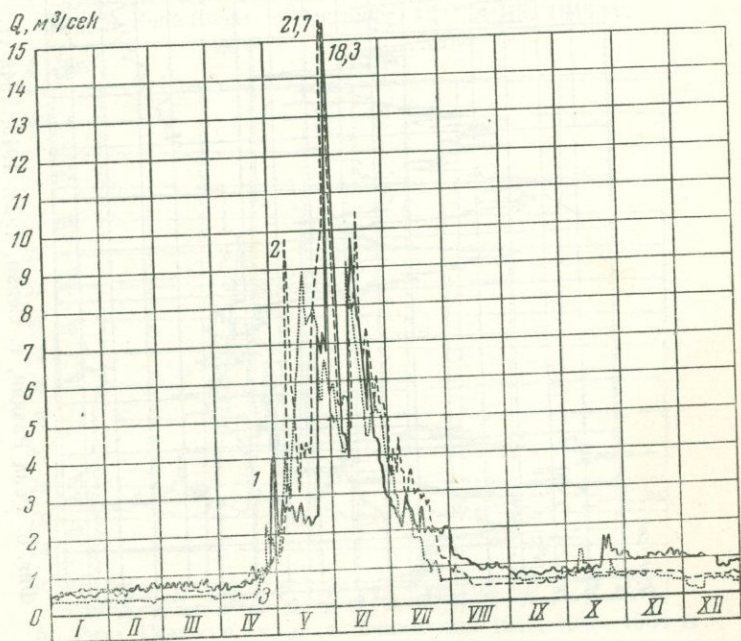


Фиг. 7. Река Раздан, курорт Арзни. 1933, 1946, 1945 гг.

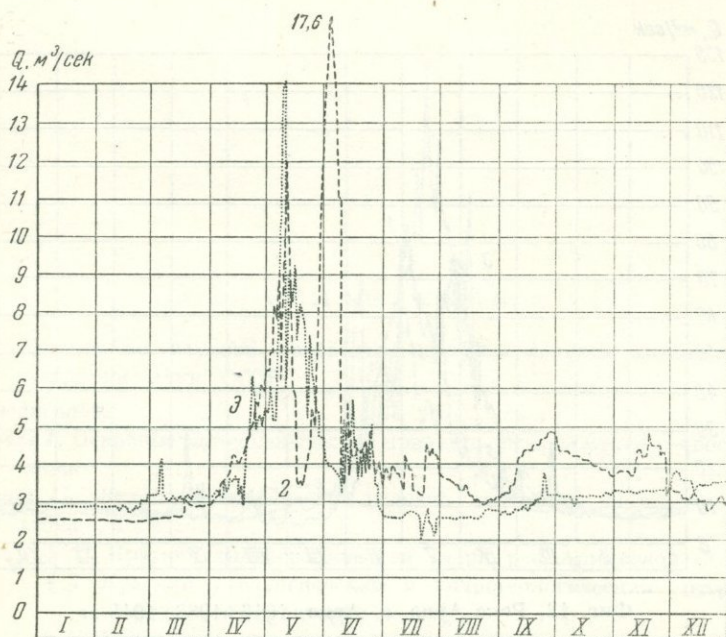




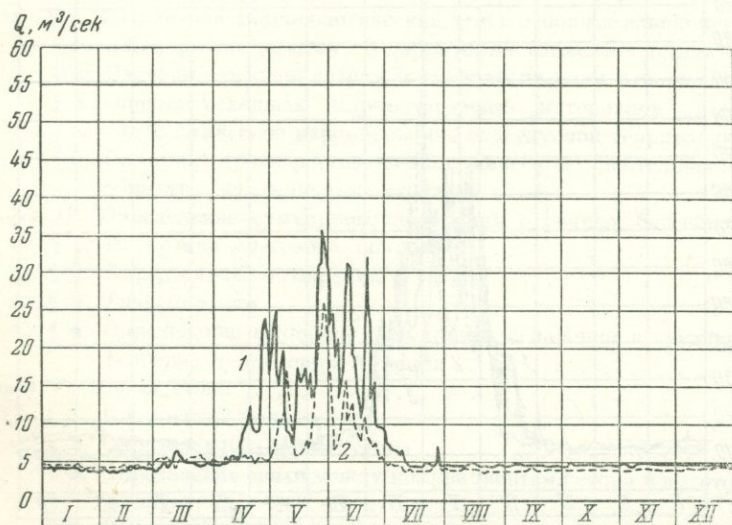
Фиг. 8. Река Дзыкнагет, с. Цовагюх. 1946, 1945, 1933 гг.



Фиг. 9. Река Варденик, с. Варденик. 1933, 1945, 1946 гг.

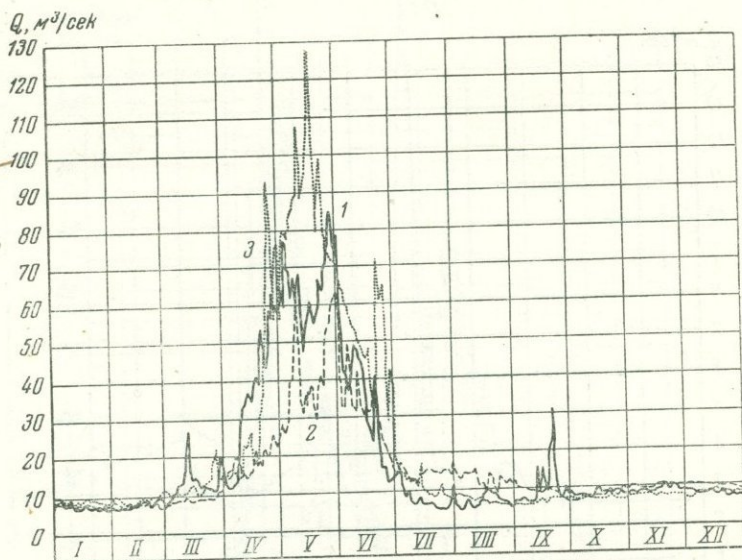


Фиг. 10. Река Гаварагет, с. Норадуз. 1945, 1933 гг.

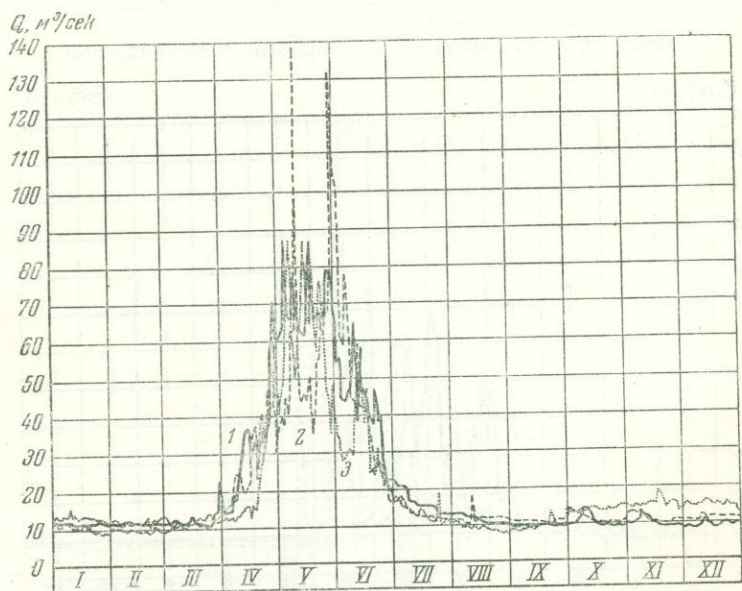


Фиг. 11. Река Азат, с. Зовашен. 1945, 1946 гг.





Фиг. 12. Река Арпа, с. Арпа. 1946, 1933, 1945 гг.



Фиг. 13. Река Вортан, с. Эйвазлар. 1946, 1933, 1945 гг.

19649

## О Г Л А В Л Е Н И Е

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| От Секции по научной разработке проблем водного хозяйства<br>Академии Наук СССР . . . . .                             | 3  |
| Предисловие . . . . .                                                                                                 | 5  |
| Глава I. Основные методологические принципы исследования речного<br>стока . . . . .                                   | 7  |
| Глава II. Физико-географические условия, влияющие на величину<br>стока . . . . .                                      | 12 |
| ✓ § 1. Краткий гидрографический очерк рек Армянской ССР                                                               | 12 |
| § 2. Краткий геологический и гидрогеологический очерк<br>исследуемой территории . . . . .                             | 27 |
| § 3. Почвенный покров и растительность исследуемой территории                                                         | 30 |
| Глава III. Климатический и гидрологический очерк территории<br>Армянской ССР . . . . .                                | 34 |
| ✓ § 1. Размещение метеорологической сети и основные закономер-<br>ности распределения по территории элементов климата | 34 |
| § 2. Изученность территории в гидрологическом отношении                                                               | 38 |
| § 3. Оценка исходных гидрометрических материалов . . . .                                                              | 39 |
| § 4. Гидрологическое районирование исследуемой территории                                                             | 42 |
| § 5. Влияние производственно-экономической деятельности<br>общества на величину стока . . . . .                       | 44 |
| Глава IV. Определение суммарного испарения с речных бассейнов                                                         | 48 |
| § 1. Испарение снегового покрова . . . . .                                                                            | 49 |
| § 2. Определение испарения с почвы . . . . .                                                                          | 53 |
| § 3. Транспирация . . . . .                                                                                           | 56 |
| § 4. Определение величины суммарного испарения в средних<br>условиях территории Армении . . . . .                     | 62 |
| Глава V. Норма стока . . . . .                                                                                        | 65 |
| § 1. Постановка задачи . . . . .                                                                                      | 65 |
| § 2. Определение нормы стока . . . . .                                                                                | 67 |
| § 3. Определение связи между коэффициентами стока и высотой<br>бассейна . . . . .                                     | 67 |
| § 4. Построение и анализ графика среднего многолетнего<br>коэффициента стока . . . . .                                | 70 |
| § 5. Картограмма нормы стока территории Армении . . . .                                                               | 71 |



|                      |                                                                                                                       |     |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глава VI.            | Колебания годового стока . . . . .                                                                                    | 74  |
| § 1.                 | Приемы исследования . . . . .                                                                                         | 74  |
| § 2.                 | Выборочная оценка параметров кривых обеспеченности годового стока рек на основе гидрометрических материалов . . . . . | 74  |
| § 3.                 | Кривые обеспеченности стока рек Армянской ССР и их анализ . . . . .                                                   | 76  |
| § 4.                 | Определение параметров кривых обеспеченности при отсутствии гидрометрических измерений . . . . .                      | 83  |
| Глава VII.           | Сезонное распределение стока . . . . .                                                                                | 90  |
| § 1.                 | Сезонное распределение стока на основе гидрометрических материалов . . . . .                                          | 90  |
| § 2.                 | Сезонное распределение стока неизученных бассейнов . . . . .                                                          | 95  |
| § 3.                 | Колебания сезонного стока по годам . . . . .                                                                          | 95  |
| § 4.                 | Колебания сезонного стока неизученных бассейнов . . . . .                                                             | 97  |
| § 5.                 | Внутрисезонное распределение стока рек Армении . . . . .                                                              | 104 |
| § 6.                 | Определение среднемесячных расходов воды для неизученных бассейнов . . . . .                                          | 108 |
| Глава VIII.          | Минимальные расходы воды . . . . .                                                                                    | 111 |
| § 1.                 | Исходные материалы . . . . .                                                                                          | 111 |
| § 2.                 | Распределение минимального стока по территории Армении . . . . .                                                      | 113 |
| § 3.                 | Определение минимальных расходов воды неизученных бассейнов . . . . .                                                 | 114 |
| § 4.                 | Проверка предлагаемого метода . . . . .                                                                               | 116 |
| Глава IX.            | Максимальные расходы воды . . . . .                                                                                   | 118 |
| § 1.                 | Основные положения . . . . .                                                                                          | 118 |
| § 2.                 | Расчет максимальных расходов при наличии ряда ежегодных максимумов . . . . .                                          | 120 |
| § 3.                 | Определение средних величин максимального стока . . . . .                                                             | 122 |
| Заключение . . . . . |                                                                                                                       | 131 |
| Литература . . . . . |                                                                                                                       | 136 |
| Приложения:          |                                                                                                                       |     |
| 1.                   | Карта территории Армянской ССР (вклейка) . . . . .                                                                    |     |
| 2.                   | Ведомости средних годовых расходов воды по основным опорным гидрометрическим постам . . . . .                         | 141 |
| 3.                   | Таблицы максимальных и минимальных расходов воды по основным рекам Армянской ССР . . . . .                            | 154 |
| 4.                   | Гидрографы рек Армянской ССР . . . . .                                                                                | 172 |

Утверждено к печати секцией по научной разработке проблем водного хозяйства Академии Наук СССР

Редактор издательства Н. М. Тихомиров. Технический редактор Т. Ф. Соколова. Корректор В. Б. Несвицкий.

РИСО АН СССР № 53-41Р Сдано в набор 22/XI 1954 г. Подп. к печ. 21/III 1955 г. Т-02422. Формат бум. 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печатн. лист. 11<sup>1</sup>/<sub>4</sub>+2 вклейки. Уч.-издат. 10,7+2 вкл. (1,0 уч.-издат. л.). Тираж 1700. Издат. № 3708. Тип. зак. № 848. Цена 9 р. 40 к.

Издательство АН СССР. Москва, Подсосенский пер., д. 21  
2-я типография Издательства Академии Наук СССР. Москва, Шубинский пер., д. 10

9 руб. 40 коп.

17045