

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

М. С. Торгомян

Характеристика водных ресурсов горных рек с точки зрения их энергетического использования

При перспективном проектировании гидроэнергостроительства (стадия схемы использования водотока), необходимо иметь объективные данные о ценности водных ресурсов района, подлежащего электрификации.

Интенсивное строительство ГЭС, работающих на бытовом (незарегулированном) стоке, вызывает необходимость в детальном анализе естественного режима горных водотоков, обобщения гидрологических показателей рек для перехода от них к водно-энергетическим показателям.

В данной статье ставится задача — установить, как естественный режим водотоков влияет на показатели использования стока. При этом одновременно рассматривается взаимосвязь между характеристиками естественного режима рек и водно-энергетическими характеристиками ГЭС с учетом пропускной способности деривации гидростанции.

Хотя при анализе использован фактический материал только по водотокам Армянской ССР, однако методика, применяемая при этом анализе, может быть использована для любых незарегулированных ГЭС, сооружаемых на горных реках.

Необходимо указать, что в технической литературе нет работ, в которых бы устанавливались гидрологические характеристики какого-либо района с отмеченной выше целью, т. е. где были бы даны толные оценки влияния различных параметров речного стока на показатели использования водной энергии. Если и имеются работы, в которых достаточно подробно изучаются закономерности речного стока различных видов как для разработки методики установления некоторых параметров речного стока для неизученных рек, так и в энергетических целях, то нет работы, где эти закономерности относились бы к целому району.

Реки, текущие на территории Армянской ССР, относятся к группе рек с весенним половодьем. Весеннее половодье характеризуется одной сильно растянутой волной, продолжительность которой достигает в среднем примерно 3 месяцев (с апреля по июнь). Летне-осенние паводки сравнительно не велики и носят случайный характер. Наименьшая водность обычно наблюдается зимой (в январе).

В работе автора [3] был изложен способ определения энергетической ценности той или иной реки, исходя из ее падения и средне-многолетней водности.

Предложенные автором критерии могут служить для суждения о потенциальных ресурсах водотока в целом.

При переходе к вопросу реального использования стока, несомненно, нельзя энергию, вырабатываемую гидростанциями, рассчитывать по средне-многолетним расходам. Такой расчет возможен только при полном многолетнем регулировании стока водохранилищами.

Для незарегулированных гидростанций, входящих в энергетическую систему, располагаемая мощность, в пределах пропускной способности деривации, зависит от водного режима рек в многолетнем, годовом, месячном и суточном разрезах; следовательно, необходимо определять все параметры речного стока, а также установить — какие из них являются главными и какие второстепенными.

Для вышеуказанных ГЭС большое значение имеет колебание в многолетнем разрезе годовых, месячных и суточных расходов, от чего зависят и колебания мощности, следовательно, и выработки энергии ГЭС.

С этой целью в статье дается некоторое обобщение характеристик стока рек Армянской ССР, по которым имеются многолетние данные наблюдения по расходам.

Величина годового стока этих рек в многолетнем разрезе колеблется в значительных пределах [4], в связи с чем коэффициент изменчивости годового стока ($C_{\text{г.г.}}$) колеблется в пределах от 0,08 до 0,4. Преобладающее число рек имеет коэффициент изменчивости в пределах от 0,15 до 0,25. В среднем по данным для всех рек $C_{\text{г.г.}} = 0,2$.

Отношение крайних значений модульных коэффициентов $K_{\text{г.г. макс}}$ и $K_{\text{г.г. мин}}$ колеблется в пределах от 1,5 до 3,2.

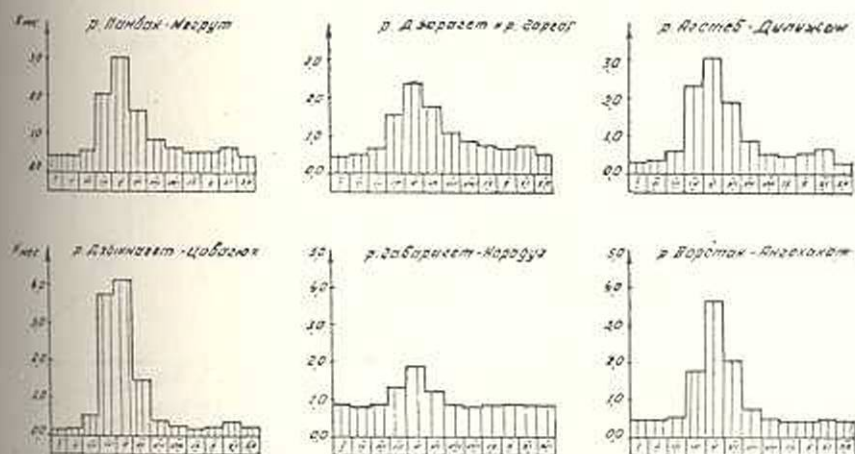
Довольно чувствительное колебание дают средние величины месячных расходов для различных рек за многолетие: от 0,18 до 4,2 (фиг. 1).

Характер внутригодового распределения стока для рассматриваемых рек представлен на фиг. 1 в виде, выраженном через модульные коэффициенты.

Для характеристики размера обеспеченности располагаемой мощности по водотоку гидроустановки и определения возможной выработки энергии может служить кривая обеспеченности среднесуточных расходов.

Для суждения о возможных колебаниях как продолжительностей, так и расходов за многолетие, особенно для ГЭС, можно построить для каждого расхода кривую обеспеченности его продолжительности и для каждой характерной продолжительности кривую обеспеченности расходов по годам).

*Среднее внутригодовое распределение месячных
модульных коэффициентов стока*



Фиг. 1.

На фиг. 2 приводятся вышеуказанные характеристики для р. Азат.

На основании этой совокупности кривых можно судить, для водотока в целом, об обеспеченности определенного расхода, об изменчивости продолжительности этого расхода, о величине расхода искомой обеспеченности и об изменчивости величины расхода фиксированной продолжительности.

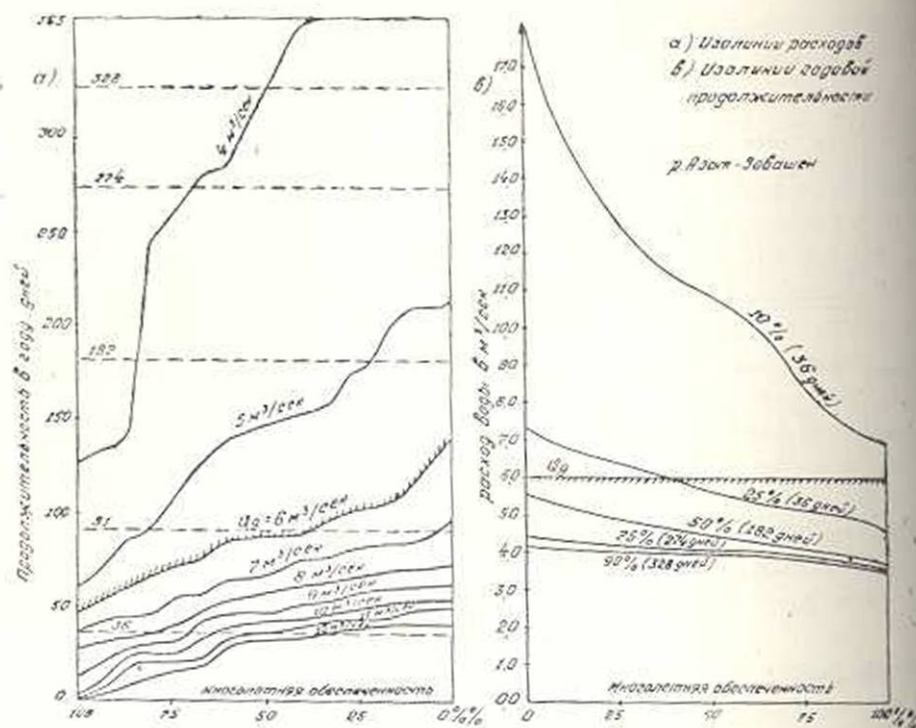
При определенном расчетном расходе деривации (Q_d) представляет интерес та часть графиков (фиг. 2), которая соответствует расходам, меньшим Q_d . Например, при расчетном расходе деривации $6 \text{ м}^3/\text{сек}$ зона графика выше изолинии, соответствующей этому расходу, охватывает диапазон изменений в многолетнем разрезе продолжительности расходов, пропускаемых данной деривацией.

Так как получение таких характеристик связано с большими вычислительными работами, то при технико-экономическом проектировании ГЭС ограничиваются получением кривых обеспеченности среднесуточных расходов.

Кривые обеспеченности среднесуточных расходов за отдельные годы отличаются друг от друга и имеют разнообразные очертания (фиг. 3). Поэтому в практике проектирования применяются результирующие кривые обеспеченности среднесуточных расходов, полученные на основании кривых продолжительности для конкретных лет.

Учитывая, что кривые обеспеченности среднесуточных расходов, являются одной из основных характеристик, используемых при водохозяйственных расчетах, особенно при проектировании незарегулированных ГЭС, ниже дается анализ этих кривых для 24 основных рек Армянской ССР (по данным 35 постов с многолетним рядом).

На фиг. 4 приводятся результирующие кривые обеспеченности



Фиг. 2.

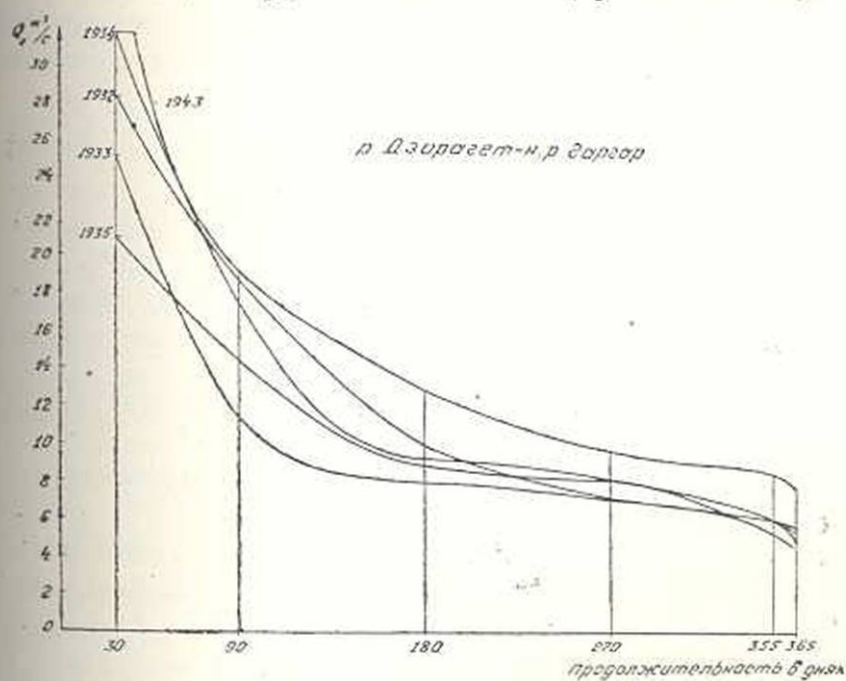
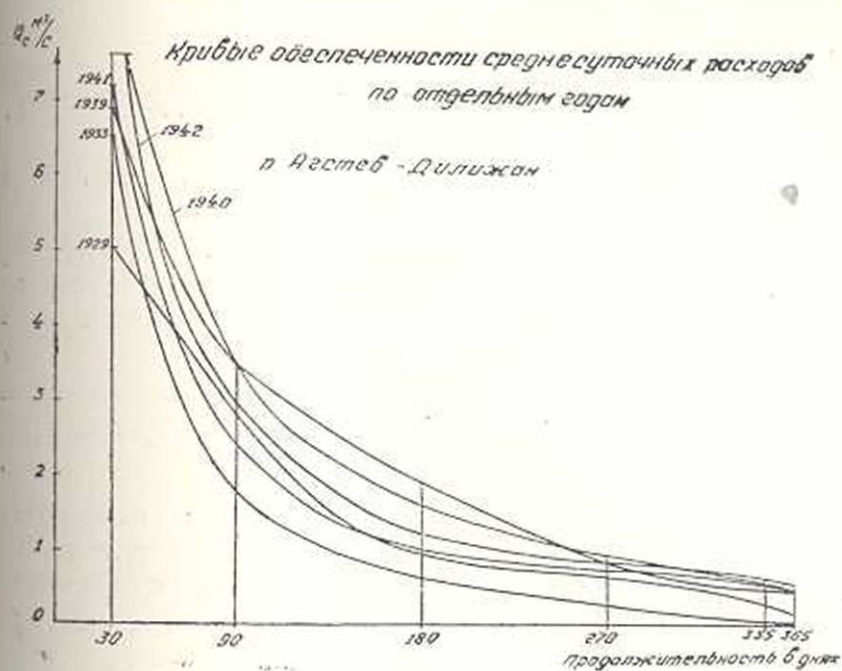
среднесуточных расходов для некоторых рек Армянской ССР, построенные на основе данных по модульным коэффициентам по расходам характерных обеспеченностей $K_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_0}$, где $Q_{об}$ — среднегодичные значения среднесуточных расходов различной продолжительности (30, 90, 180, 270, 355 дней), выраженные в $\text{м}^3/\text{сек}$.

На этой же фигуре виден характер колебаний для тех же рек отношений наибольших и наименьших величин модульных коэффициентов.

Из фиг. 4 видно, что значение $\frac{K_{наиб.}}{K_{наим.}}$ для рек Армянской ССР колеблется от 1,9 до 9,1. Для средних значений обеспеченностей это отношение близко к наименьшему значению и увеличивается в обе стороны от среднего.

Такая характеристика суточных расходов различной продолжительности еще не дает возможности сравнивать отдельные водотоки с точки зрения их естественной зарегулированности. Критерием для такого сравнения может служить коэффициент естественной зарегулированности $\bar{\varphi}_0$ (по Д. Л. Соколовскому [2]).

Анализ коэффициентов естественной зарегулированности показал, что реки Армянской ССР в основном можно разбить, по признаку зарегулированности, на три категории:



Фиг. 3.

I. Слабо зарегулированные: $\bar{\varphi}_0 < 0,6$ (к этой категории относятся реки Агстев, Веди, Мармарик и др.).

II. Средне зарегулированные: $\bar{\varphi}_0 = 0,6-0,75$ (рр. Памбак, Воротан, Дзорагет и др.).

III. Сильно зарегулированные: $\bar{\varphi}_0 > 0,75$ (рр. Азат, Гаварагет и др.).

Необходимо отметить, что преобладающее число рек первой категории имеет $\bar{\varphi}_0 = 0,5-0,6$. Более низкие значения встречаются очень редко (например, для р. Дзыкнагет $-0,477$). Среднее же значение $\bar{\varphi}_0$ для этой категории равно 0,55.

Для второй категории рек среднее значение выражается величиной 0,68, соответственно для третьей категории $\bar{\varphi}_0 = 0,8$ (максимальное же значение $\bar{\varphi}_0 = 0,872$ — р. Гаварагет).

Ясно, что показатель $\bar{\varphi}_0$ одновременно является и коэффициентом использования стока реки незарегулированными гидростанциями при пропускной способности деривации, равной среднегодовому расходу, т. е. при $\bar{K}_0 = 1$. Отсюда следует, что чем больше $\bar{\varphi}_0$, тем полнее можно использовать водные ресурсы данной реки.

На фиг. 4 видно, что при ограничении кривой обеспеченности максимальным расходом (т. е. при $\bar{K}_{\text{макс}}$) коэффициент использования стока будет равен единице. А при ограничениях $\bar{K}_{\text{сзс}}$ и $\bar{K}_{\text{смин}}$ для всех рек коэффициент использования стока меняется в следующих пределах:

$\bar{\varphi}_{\text{зс}} = 0,657-0,1$; среднее взвешенное значение 0,283.

$\bar{\varphi}_{\text{мин}} = 0,63-0,07$; среднее взвешенное значение 0,248.

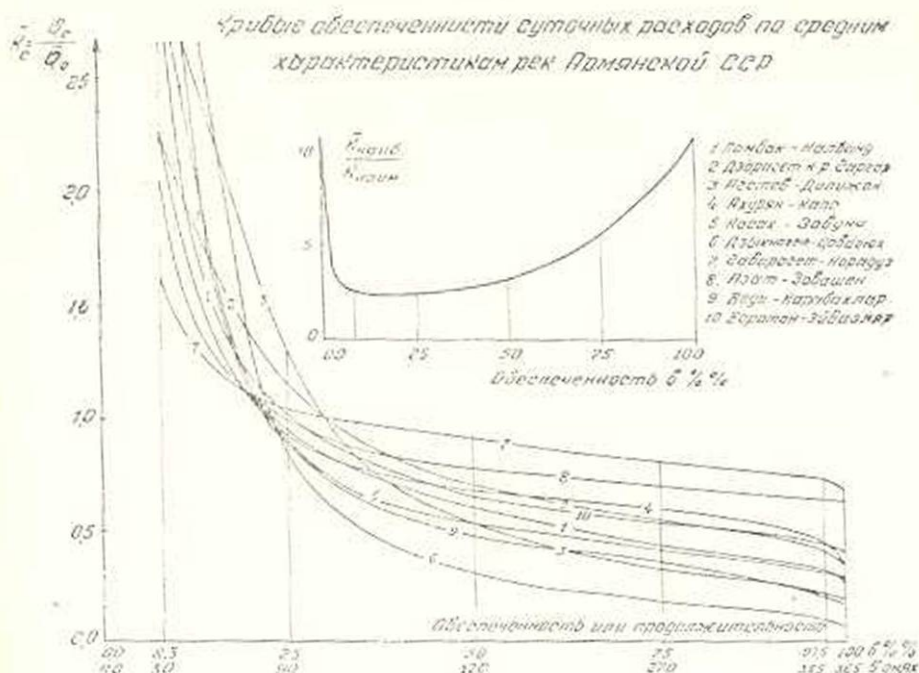
Важным показателем также является обеспеченность средне-годовом расходе ($\bar{p}_0$), получаемая из кривой обеспеченности суточных расходов (т. е. при $\bar{K}_0 = 1$) и имеющая для рек Армянской ССР значения, меняющиеся примерно в пределах 22—30%. Ее среднее взвешенное значение равно 25% (фиг. 4).

Этот показатель хорошо характеризует несимметричность кривых обеспеченности суточных расходов.

Исследования показали, что продолжительность среднегодового расхода $\bar{p}_0$ не связана с $\bar{\varphi}_0$ (фиг. 4), т. е. если река зарегулирована хорошо, это еще не значит, что при $\bar{K}_0 = 1$ $\bar{p}_0$ велико.

Для выявления многолетних характеристик и параметров кривых обеспеченности изучены ежегодные кривые обеспеченности расходов для рек с числом лет наблюдений от 7 до 20. Общее же число лет составляет около 450.

Для выявления изменчивости параметров, характеризующих эти кривые в многолетнем разрезе в данной работе вводится понятие годового коэффициента естественной зарегулированности φ_g , который



характеризуется площадью, ограниченной кривой обеспеченности для каждого года и срезкой на уровне $K_0=1$.

Исследования показали [4], что имеются различия в амплитудах колебаний $a_2 = \varphi_2 / \bar{q}_0$ для разных рек. Коэффициент изменчивости этой части стока (C_{v_2}) колеблется в пределах от 0,06 до 0,22. В среднем, по данным для всех рек, $C_{v_2} = 0,12$.

Для большей части рек Армянской ССР C_{v_2} может колебаться в пределах от 0,08 до 0,16.

С целью перехода от показателей соответствующих полному стоку к показателям стока, вызванным ограниченностью пропускной способности деривации ГЭС (при $K_0=1$), необходимо установить связь между $C_{v_{\text{пол}}}$ и C_{v_2} .

На фиг. 5 дан график зависимости между $C_{v_{\text{пол}}}$ и C_{v_2} . Из графика видно, что C_{v_2} всегда меньше, чем коэффициент изменчивости годового стока. На основании этого графика связь ориентировочно можно выразить уравнением прямой вида: $C_{v_2} = 0,6 C_{v_{\text{пол}}}$.

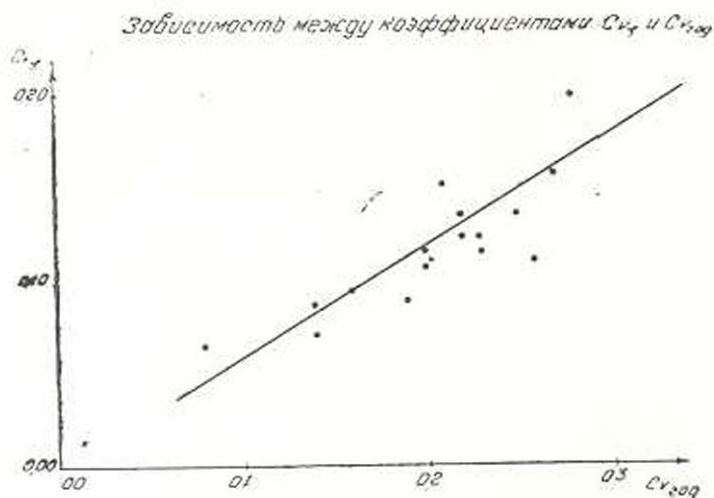
Проведенный с той же целью анализ модульных коэффициентов полного годового стока и части стока показал, что для одной и той же реки нет связи между этими показателями, т. е. используемые

части стока (a_0) не зависят от полного годового стока того же года ($K_{\text{год}}$).

Таким образом, видно, что нет какой-либо связи между меженными стоками и стоками половодья для одной и той же реки, так как они зависят от многих физико-географических факторов.

Для незарегулированных ГЭС большое значение имеет величина минимальной мощности, при определении которой недостаточно наличие кривой обеспеченности, потому что при переходе от одной ГЭС к группе их необходимо учитывать совпадение по времени минимальных расходов как в годовом, так и в многолетнем разрезе.

Учитывая то обстоятельство, что минимальный среднемесячный сток наблюдается в январе и что этот месяц для энергетики является критическим (так как потребность в электроэнергии зимой, как правило, наибольшая), ниже приводится анализ показателей естественного стока для этого месяца.



Фиг. 5.

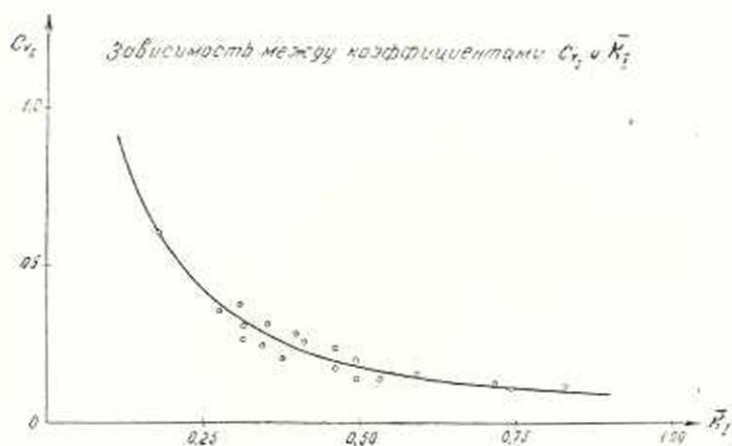
Январский сток чувствительно колеблется за многолетие, так что коэффициент изменчивости этого стока по данным всех рек составляет 0.25. Колебания же среднесуточных расходов в течение этого месяца малы. Это дает возможность пользоваться только среднемесячными значениями расходов.

На фиг. 6 приведена зависимость между среднеевропейским январским расходом, характеризующимся модульным коэффициентом $\bar{K}_1$ и коэффициентом изменчивости этих расходов за многолетие (C_{V_1}). Для практического применения этой зависимости найдено ее аналитическое выражение (с использованием способа наименьших квадратов) в виде:

$$C_{V_1} = 0.08 \cdot \bar{K}_1^{-1.2}$$

Также были получены графики связи между основными параметрами речного стока ($C_{v_{год}}$, $\bar{K}_{мес}$, $\bar{K}_{355}$), и коэффициентом $\bar{\varphi}_0$. Эти графики здесь не приводятся. На основании этих графиков сделан вывод, что в качестве основного показателя естественной зарегулированности реки вообще можно принять коэффициент $\bar{\varphi}_0$, учитывая еще то обстоятельство, что этот параметр отражает также степень использования ресурсов реки.

Горные реки с весенним половодьем по классификации Б. Д. Зайкова отнесены к 10 типам (от № 6 до № 15) [1].



Фиг. 6.

Качественный анализ режима наших рек, с точки зрения характера внутригодового распределения стока и степени естественной зарегулированности, показал, что эти реки относятся к 6, 7, 11, 12, 13, 14 и 15-му типам и отличаются друг от друга, в основном, только степенью зарегулированности.

Отсюда ясно, что полученные выше зависимости применимы только для рек указанных типов, но метод подхода к вопросу оценки влияния различных параметров на показатели использования стока является общим при переходе от гидрологических характеристик водотока к водно-энергетическим характеристикам незарегулированных ГЭС.

В ы в о д ы

1. В результате анализа выяснено, что ввиду разнообразия генетических условий, определяющих режим рек Армянской ССР, эти режимы столь разнообразны и внутригодовое распределение стока по годам меняется в таких широких пределах, что не удается для одной и той же реки иметь какую-либо связь между ее параметрами.

Искомые связи получаются только для среднееголетних значений этих параметров в результате сопоставления данных по всем рекам Армянской ССР.

2. В качестве универсальной гидрологической характеристики водотока может быть применен коэффициент его естественной зарегулированности ($\bar{\Psi}_0$)

3. Результаты анализа речного стока по всем основным его показателям дают возможность оценить влияние последних на показатели использования стока и перейти от гидрологических характеристик реки к водно-энергетическим характеристикам незарегулированных ГЭС.

Водно-энергетический институт
АН Армянской ССР

Поступило 14 X 1954

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Зайков Б. Д. Средний сток и его распределение в году на территории Кавказа. Гидрометеоназат, Л., 1946.
2. Соколовский Д. Л. Речной сток (методы исследования и расчеты). Гидрометеоназат, Л., 1952.
3. Торгомян М. С. К классификации рек Армянской ССР. Известия АН Армянской ССР, т. II, № 4, 1949.
4. Торгомян М. С. Цикличность в ходе водности рек и ее влияние на колебания выработки электроэнергии. Известия АН Армянской ССР (физ.-мат., естеств. и техн. науки), т. IV, № 4, 1951.

Մ. Ս. Թորգոմյան

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԳԵՏԵՐԻ ԶՐԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐՈՒՄԸ ՆՐԱՆՑ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՏԵՍԱՆԿՑՈՒՆՈՎ

Ա. Մ. Փ. Ո. Փ. Ո. Մ.

Հոդվածում արվում է լեռնային գետերի բնական սեփմի մանրամասն վերլուծումը բազմազարյա հիդրոէկոլոգիական գիտա մեկրի ավարների հիման վրա:

Վերլուծման արդյունքները հնարավորություն են տալիս գնահատելու այդ գետերի ջրային սեռաբանները և բաց աշխմ բնաբելու հիմնախնդրի աշխիվերապ ցուցանիչը: Ստացվում են մի շարք բնաթագրեր, որանք թույլ են տալիս գետերի հիդրոէկոլոգիական ցուցանիչների հիման վրա որոշելու հանանախարված հիդրոէկոլոգիաների ջրա-էներգետիկ բնաթագրերը, երևելով գետերի բնական կանանախարվածությունը առախանից: