

С. В. КЛОПОВ

**ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕСУРСОВ ЭНЕРГИИ ГОРНЫХ РЕК
И ИХ УЧЕТА ***

(Представлено академиком А. В. Винтером 14 VII 1949)

Горные реки могут быть разделены на ряд типичных групп по характеру питания и водосборных площадей, по условиям рельефа и другим особенностям бассейнов, влияющим на сток и на продольный профиль рек, а следовательно, и на их потенциальную мощность (рис. 1) ⁽¹⁾.

Высокогорные реки имеют преобладающее ледниковое питание, протекают на всем протяжении на больших абсолютных отметках (более 1000—1500 м) и впадают в главную реку в пределах горной части ее долины.

Предгорные (среднегорные) реки имеют питающий водосборный веер на склонах гор, но протекают, в основном, в предгорных возвышенностях.

Основные горные реки принимают в свое русло воды всех рек и ручьев бассейна.

Выявление мощности горных рек может облегчить разбивка их бассейнов на ряд характерных составных частей (зон), особенности и состояние изученности которых требуют при подсчете гидроэнергетических ресурсов применения различной методики с разной точностью расчетов (табл. 1).

I — зона высокогорного стока (высокогорные реки и площади склонов); II — зона второстепенных рек без ледникового питания (предгорные или среднегорные реки и площади склонов); III — зона основных долин горных рек (основные горные реки), пересекающая узкими полосами зоны I и II; IV — зона устьевого распределительного веера.

По состоянию изученности гидроэнергетических ресурсов горные реки можно разделить на следующие категории: I категория — реки, изученные в отношении стока и продольного профиля; II категория — реки, изученные только по стоку или только по продольному профилю; III категория — реки неизученные.

Подсчет потенциальных ресурсов энергии площадей склонов можно провести по методу Н. А. Григоровича ⁽²⁾, по формуле

$$N = 0,00981 \int_F Hm dF \text{ (квт)}, \quad (1)$$

или путем построения эпюр дифференциальных мощностей, если имеется подробная карта изолиний модуля стока и гипсографическая кривая. Упрощения расчетов, связанные с отсутствием гипсометрических карт и данных об изменении модулей стока по высоте, резко снижают точность подсчетов в горных условиях и ведут к весьма большим ошибкам, выражающимся сотнями процентов, и поэтому не могут быть рекомен-

* По материалам исследований Кавказской комплексной экспедиции Совета по изучению производительных сил АН СССР и Энергетического института АН СССР.

дованы для горных бассейнов, равно как и подсчет ресурсов энергии по расходу воды в замыкающем створе (рис. 2). Фактор высоты должен считаться основным фактором при подсчете ресурсов энергии площадей склонов

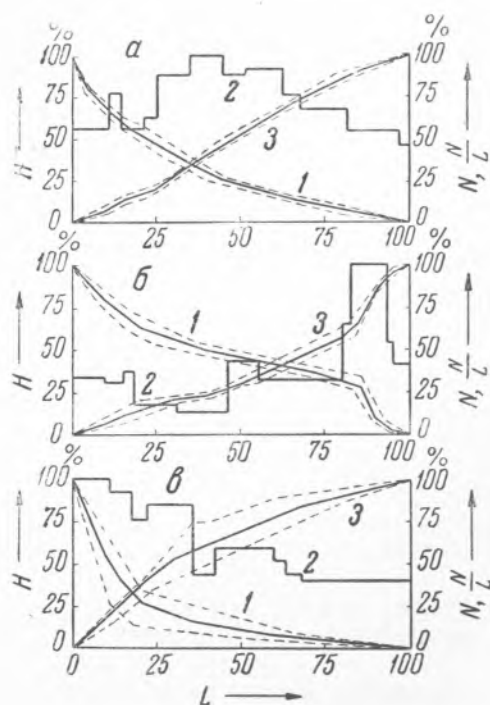


Рис. 1. Типы горных рек. *а* — основные горные реки, *б* — высокогорные реки, *в* — предгорные реки, *H* — падение, *L* — длина. 1 — продольный профиль, 2 — удельная мощность N/L , 3 — нарастание потенциальной мощности N

В высокогорной зоне может иметь место схема использования стока с помощью сбора его дренажными каналами. Потенциальная мощность высокогорного стока, собранного таким образом, очевидно, равна:

$$N = 9,81 F_h m_h H, \quad (2)$$

где F_h — площадь склона (км^2) выше отметок h , на которых проложен дренаж; m — средний модуль стока (л/сек.) с этой площади; H — напор (м), используемый собранным стоком.

Для приближенной оценки мощности неизученных малых горных рек может быть использован метод базисных бассейнов, основанный на физико-географических аналогиях с бассейнами энергетически изученными и использующий площадную энергетическую характеристику (гидроэнергетический модуль) ⁽³⁾. Метод дает возможность подробной графической характеристики энергетических ресурсов как бассейна малой реки в целом, так и основного русла и каждого ее притока в отдельности (рис. 3).

Для определения промышленных ресурсов реки желательна разработка схемы использования. Предварительная характеристика условий промышленного использования энергии рек может быть сделана с помощью системы показателей, учитывающих физико-географические особенности бассейна.

Первая поправка (гидрологическая) при переходе от потенциальной мощности к промышленной должна быть введена за счет неполноты использования речного стока при отсутствии годового регулирования. Вторая поправка (топографическая) должна быть введена за счет неполноты использования падения реки. Третья поправка (техническая) должна учитывать полный КПД установок. Наконец, для малых рек может быть внесена поправка (энергетическая) за счет неполноты использования потребителями энергии, вырабатываемой установками.

Таким образом, при отсутствии регулирования стока, которое может быть осуществлено далеко не всегда, потенциальные гидроэнергетические ресурсы горных рек используются крайне слабо. Коэффициент каскадного использования энергии потока при этих условиях для реки с ледниковым питанием составляет лишь 0,1—0,2, а для реки с атмосферным питанием 0,2—0,4, при условии потребления всей вырабатываемой энергии. Эти цифры наглядно показывают значение регулирования стока горной реки.

Показателем промышленной энергетической полноценности незарегулированного стока реки может служить

$$K_{\Sigma} = \mathcal{E}_{\eta} / \mathcal{E}_{200}, \quad (3)$$

где \mathcal{E}_{η} — энергия стока при расходах воды ниже заданной обеспеченности (%), \mathcal{E}_{200} — потенциальная энергия всего стока реки за год.

Показателем зарегулированности энергии речного стока может служить ($K_{\text{з.р.}}$) $\mathcal{E} = (V_{\mathcal{E}})_{200} / \mathcal{E}_{200}$, (4) выражающее полезный объем водохранилища полного годового регулирования энергии речного стока ($V_{\mathcal{E}})_{200}$ в долях от энергии годового стока (\mathcal{E}_{200}).

Представляют также интерес показатели, характеризующие распределение стока реки в году, типа:

$$K_{\text{сез}} = aZ + bB + cЛ + dО,$$

где a, b, c, d — отклонения модульных коэффициентов от единицы для

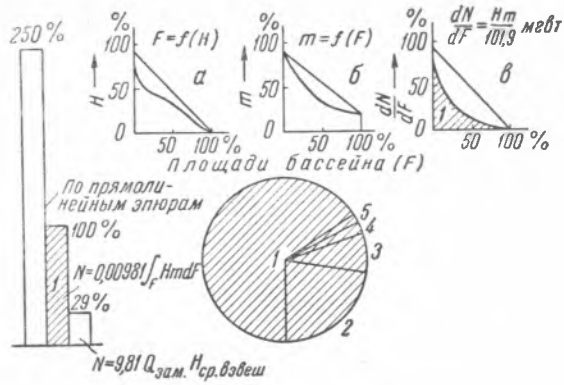


Рис. 2. Потенциальные ресурсы водной энергии бассейна горной реки. a — гипсометрическая кривая, b — эюра дифференциальных модулей стока, v — эюра дифференциальных мощностей. 1 — полная мощность бассейна (площадь круга) 100%; русловая мощность рек бассейна 35,8%, из них: 2 — основная река (24,5%), 3 — высокогорные реки (8,0%), 4 — предгорные реки (2,3%), 5 — перепады каналов (0,8%)

Таблица 1

Зональные характеристики гидроэнергетических ресурсов горных рек

Гидроэнергетические зоны	Типы источников	Преимущества, категория изученности	Основной фактор питания	Тип продольного профиля	Тип гидрографа стока	Энергетич. характеристика (удельная мощность на 1 п.км течения)
Зона основных горных речных долин	Основные горные реки	I, II	Ледники, снежники	Пологий параболический с отдельными ступенями	Высокий пик в летние месяцы	Максимум в среднем течении реки
Зона высокогорного стока	Высокогорные реки	II, III	То же	Сложный параболический с макс. уклоном в истоках и на устьевом участке	То же	Максимум на устьевом участке
Зона второстепенных рек без ледникового питания	Предгорные реки	II, III	Осадки, грунтовые воды	Крутой параболический	Небольшие пики в разное время года	Максимум в верхнем или в среднем течении реки
Зона устьевого распределителя стока	а) Протоки основных горных рек	I, II	Ледники, снежники, осадки, грунтовые воды	Пологий параболический	Пик в летние месяцы	Небольшие, мало изменяющиеся мощности
	б) Ирригационные каналы	I		Ступенчатый	То же	Максимум на перепадах

сезонов года (зима, весна, лето, осень). Показатели сезонности дают возможность выбора наивыгоднейших сочетаний рек для совместного использования.

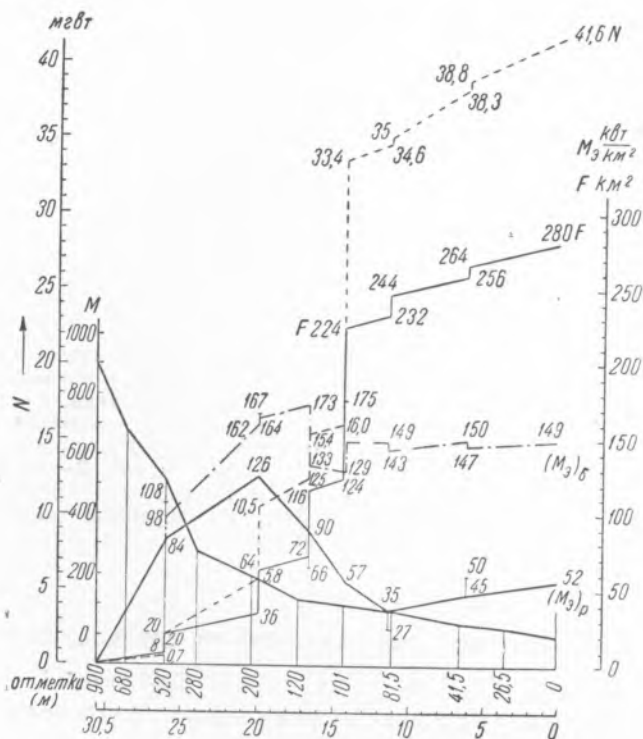


Рис. 3. Энергетическая характеристика горной реки (по методу базисных бассейнов). F — площадь бассейна (км^2), N — потенциальная мощность (мгвт), $(M_3)_\sigma$, $(M_3)_p$ — гидроэнергетические модули бассейна, основной реки и притоков ($\text{квт}/\text{км}^2$)

Характеристика потенциальных возможностей расширения долин, пригодных для устройства регулирующих водохранилищ, может быть проведена с помощью показателей энергетической эффективности их объемов. Например, энергетическая эффективность водохранилища годичного регулирования:

$$(V_{\text{э}})_{\text{год}} = \alpha T Q_{\text{ср. год}} \times H_{\text{каск}} (K_{\text{г. р}})_{\text{э}}$$

где α — КПД, T — число часов в году, $Q_{\text{ср. год}}$ — средний годовой расход воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) в створе водохранилищной плотины, $H_{\text{каск}}$ — напор (м) каскада регулируемых ГЭС.

Если водохранилище допускает перерегулирование стока и сооружение гидроэлектрического районного регулятора (ГЭРР)⁽⁴⁾, его энергетическая эффективность:

$$\text{Э}_{\text{ГЭРР}} = (V_{\text{э}})_{\text{год}} (1 + K_{V_{\text{изб}}} K_{\text{э}_{\text{изб}}}), \quad \text{где } K_{V_{\text{изб}}} = V_{\text{изб}} / V_{\text{год}}; K_{\text{э}_{\text{изб}}} = f(K_{V_{\text{изб}}}); V_{\text{изб}} = V_{\text{полезн}} - V_{\text{год}}; V_{\text{полезн}} — полезный объем водохранилища (\text{м}^3), V_{\text{год}} — объем (\text{м}^3) годичного регулирования.$$

Приведенные показатели дают возможность полной ориентировочной характеристики условий промышленного использования энергии горных (а также и равнинных) рек, в зависимости от комплекса районных физико-географических факторов. Эти показатели могут служить для характеристики промышленной ценности ресурсов энергии рек в гидроэнергетическом кадастре.

Энергетический институт
им. Г. М. Кржижановского
Академии наук СССР

Поступило
14 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ С. В. Клопов и А. С. Клопова, Сб. Природные ресурсы Кабардинской АССР, изд. АН СССР, 1946. ² Н. А. Григорович, Гидроэнергетический кадастр, М., 1937. ³ С. В. Клопов, Изв. АН СССР, ОТН, № 3 (1949). ⁴ С. В. Клопов, Гидротехн. строит., № 3 (1948).