

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. М. И. КАЛИНИНА

Карело-Финский филиал Академии наук СССР

С. А. БЕРСОНОВ

ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КАДАСТР

Кадастр потенциальных запасов
водной энергии

*Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук*

ПЕТРОЗАВОДСК — 1955

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. М. И. КАЛИНИНА

КАРЕЛО-ФИНСКИЙ ФИЛИАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР

С. А. БЕРСОНОВ

ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КАДАСТР

КАДАСТР ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЗАПАСОВ
ВОДНОЙ ЭНЕРГИИ

*Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук*

ПЕТРОЗАВОДСК — 1955

В народнохозяйственных планах развития промышленности и сельского хозяйства, осуществляемых под руководством Коммунистической партии Советского Союза и правительства СССР, уделяется большое внимание использованию водной энергии не только крупных, но и малых рек. Сооружение многочисленных гидроэлектростанций различной мощности — от непревзойденных нигде в мире по мощности и срокам осуществления гигантов, до небольших колхозных гидроустановок, является характерной особенностью развития энергетической базы народного хозяйства.

Использование водных богатств СССР осуществляется на широкой основе, с учетом потребностей многих отраслей народного хозяйства, в связи с чем за годы Советской власти было проведено и проводится в настоящее время всестороннее изучение водных ресурсов и возможности их использования на всей территории Советского Союза, в том числе и в Карело-Финской ССР.

Территория КФССР, без акватории частично расположенных на ней озер Ладожского и Онежского, составляет 160,6 тыс. км². На этой площади находится более 43 тысяч озер с общим водным зеркалом 16,3 тыс. км² (10% от площади всей территории) и протекает 11200 водотоков — от крупных рек до склоновых ручейков длиной 1,0—0,5 км, с общим протяжением речной сети около 54,3 тыс. км.

Обилие озер и рек, их благоприятное, достаточно равномерное распределение по территории, хорошие условия естественного регулирования и возможности создания регулирующих водохранилищ, а также благоприятные для строительства гидротехнических сооружений грунты — все это предопределяет большие возможности высокоэффективного использования водных ресурсов республики.

Планомерное развитие народного хозяйства КФССР, как части великого Советского Союза, не мыслимо без широкого комплексного использования этих ресурсов для целей энергетики, водного транспорта (лесосплава и местного судоходства), рыбного хозяйства, водоснабжения, санитарного благоустройства и проч. Это вызывает необходимость иметь составленный по единому плану, систематизированный свод качественных и количественных характеристик водных источников республики, то-есть иметь водохозяйственный кадастр. В его состав важной частью входит водно-энергетический кадастр. Он должен представлять собою систематизированный и обработанный по стандартной методике свод данных о запасах водной энергии и о фактическом ее использовании. В соответствии с этим в его состав входят три раздела: Кадастр потенциальных запасов водной энергии, Кадастр промышленных запасов водной энергии и Кадастр использования водной энергии. Основой двух последних кадастров является Кадастр потенциальных запасов водной энергии. Этими определениями устанавливается состав и содержание нашего исследования и его место в сводном труде — водохозяйственном Кадастре.

Основой водохозяйственного Кадастра могут служить полные систематизированные каталоги рек и озер, которые и были составлены К—Ф филиалом АН СССР в период 1946—1949 гг.

Их выполнение позволило приступить в 1949 г. к нашему исследованию, которое таким образом является логическим продолжением и развитием ранее выполненных К—Ф филиалом АН СССР работ, вошедших в основной фонд трудов, направленных к познанию и использованию водных ресурсов республики.

В состав исследования вошли:

1. Изучение и оценка полноты и качества исходных материалов по гидрографии и гидрологии рек;
2. Составление рабочей схемы деления рек по их основным элементам и бассейнам;
3. Рассмотрение, сравнительная оценка и выбор методики подсчетов потенциальной мощности и энергии водотоков;
 - а) индивидуального (линейного) для водотоков с водосбором более 100 км² и

б) обобщенного — для малых и мельчайших водотоков;

4. Вопросы, относящиеся к технике подсчетов;

5. Энергетические характеристики водных ресурсов и отдельных водотоков республики:

а) суммарная потенциальная мощность и ее распределение по отдельным бассейнам и водотокам;

б) удельные характеристики мощности — линейная в квт/пог. км длины водотоков и площадная (энергетическая плотность) в квт/км² площади водосбора;

6. Разработка некоторых новых элементов методики определения потенциальной мощности малых водотоков, а также — выявление некоторых закономерностей изменения энергетической плотности по длине водотоков в зависимости от типа продольного профиля и графика нарастания площади водосбора.

В основу подсчетов потенциальной мощности приняты гидрологические характеристики, приведенные в работе инженера Неелова Г. Н. «Средние многолетние расходы рек КФССР и характеристика их изменения по длине рек от истока до устья», выполненной им в 1951—52 гг. с учетом наших уточненных данных о площадях бассейнов рек Карелии.

Исследование произведено с учетом некоторых указаний, приведенных в проекте инструкции по составлению водно-энергетического кадастра, разработанной Секцией по научной разработке проблем водного хозяйства АН СССР.

Подсчеты потенциальной мощности по 377 рекам с водосбором более 100 км² и 68 малым водотокам (избранных в качестве аналогов «базисных» бассейнов) с водосбором менее 100 км² произведены индивидуальным (линейным) методом. При этом были исследованы: влияние границ и числа расчетных участков на точность подсчетов, а также возможность использования верховьев рек, учитываемых индивидуальным методом, в качестве аналогов малых водотоков, учитываемых обобщенными методами. Это исследование дало положительные результаты, позволившие внести существенное упрощение в существующую методику обобщенной энергетической оценки малых водотоков.

Для выбора рабочего метода обобщенного определения мощности малых и мельчайших водотоков, были рас-

смотрены три метода и дана оценка их применимости в особых физико-географических условиях Карелии. В итоге оказалось необходимым разработать и применить новый метод — более простой, лучше отвечающий этим особенностям.

I. К истории изучения гидроэнергетических ресурсов Карело-Финской ССР

Подсчеты гидроэнергетических ресурсов по отдельным республикам, областям и в целом по Союзу ССР производились на протяжении последних 30—35 лет неоднократно. Первыми сводками этого рода явились работы Комиссии по изучению естественных производительных сил (КЭПС) — АН СССР — «Белый уголь» (1921 г.), далее — «Водные силы СССР» (1924—1925 гг.). Более крупной сводной работой явился — «Атлас энергоресурсов СССР» (1933 — 1935 гг.), охвативший все районы СССР.

Весьма ценными материалами к водноэнергетическому Кадастру по Карелии явились крупные исследования Ленинградского отделения Гидроэнергопроекта в период 1933—1936 гг. Для довоенного периода оно считалось наиболее достоверным сводом сведений о запасах энергии рек Карелии, хотя малые реки в них нашли лишь частичное отражение.

В послевоенный период С. В. Григорьевым была выполнена одна обстоятельная и весьма ценная работа. В ней дана общая оценка запасов гидроэнергии КФСР в ее довоенных границах и поставлена, как ближайшая задача, составление полного водно-энергетического Кадастра КФСР.

В 1946 г. издана вторая работа С. В. Григорьева «Потенциальные энергоресурсы малых рек СССР», в которой приведены приближенные данные по потенциальным и промышленным запасам энергии рек СССР, в том числе по рекам КФСР в довоенных ее границах.

Во всех упомянутых трудах не было уделено достаточно внимания малым рекам и не попали в поле зрения мельчайшие водотоки, участвующие в эрозионных процессах, определяющих развитие гидрографической сети.

Наше исследование охватило все водотоки в существующих в настоящее время административных и гидро-

графических границах, заполнило имевшиеся пробелы в прежних сводках и в итоге дало полный систематизированный свод данных по гидрографии, гидрологии и потенциальным запасам энергии рек КФССР, короче «Кадастр потенциальных запасов водной энергии КФССР».

2. Исходные материалы и их оценка

Основываясь на данных нашего изучения карт в отношении полноты нанесения гидрографической сети, гипсометрии и охвата территории, а также учитывая, что каталоги рек и озер КФССР, которыми мы пользовались для нашего исследования, составлены Карело-Финским филиалом АН СССР по данным однородных карт в крупном масштабе, нами в качестве топографической основы также принята карта этого масштаба. Были использованы также материалы специальных ведомственных съемок рек.

Наиболее полные данные по стоку рек Карелии приведены в региональной карте рек С—З района СССР, составленной в 1950 г. Государственным гидрологическим институтом. В ней отражены данные по 57 стоковым пунктам рек Карелии, однако по ряду причин для нее сделано приведение к многолетнему периоду только для 32 пунктов и не использованы заслуживающие доверия данные по стоку других учреждений, особенно Ленинградского отделения гидроэнергопроекта, собравшего значительные материалы по стоку многих рек Карелии.

Кроме того, выполненными под нашим руководством в 1951—1952 гг. контрольными определениями площадей водосборов по более точным послевоенным картам, были получены новые данные для некоторых малоизученных бассейнов, существенно изменявшие наше представление о их водности.

В связи с этим отделом гидрологии Карело-Финского филиала АН СССР было поручено инженеру Г. Н. Неелову внести необходимые коррективы в карту 1950 г., для чего выполнить приведение к многолетнему ряду для большего числа стоковых пунктов с привлечением дополнительных ведомственных материалов по стоку и пересчитать модули стока по новым нашим данным о площадях водосбора, сбалансировав при этом расчеты среднего годового стока для каждого бассейна и отдельных водотоков внутри их.

В итоге выполненной работы «Средние многолетние расходы рек КФССР и характеристика изменения по длине рек от истока до устья» была составлена уточненная карта стока для рек КФССР, дающая в сравнении с картой 1950 г. более верное представление о стоке на территории республики. Эта карта и относящиеся к ней определения средних годовых расходов и были приняты в качестве исходных данных для нашей работы.

Для выяснения степени точности подсчетов потенциальной мощности нами произведено исследование точности исходных данных, входящих в формулу $N = aQH$ — длины и падения рек. В этих целях длина и падение, определенные по схематическому продольному профилю, составленному по карте в принятом масштабе по возможности сопоставлялись с данными продольных профилей подробных съемок. Оказалось, что погрешность в измерении длины водотоков составляет в среднем — 3,7 %, а в измерении величины падения, в среднем +1,0 %.

Таким образом допущенная нами средняя погрешность в измерении длины соответствует средней поправке, которую надлежит вводить для рек IV—V категории извилистости, согласно «Наставления для гидрографического исследования рек».

Средняя погрешность в измерении величины общего падения оказалась всего лишь +1,0 %, с возможным отклонением в исследованных объектах в пределах от +12,1 % до —8,2 %. При этом точность значительно выше в тех случаях, когда для озер показаны абсолютные отметки их зеркала.

Сопоставление продольных профилей, построенных по данным карты в принятом масштабе и специальных съемок, показало вполне удовлетворительную их сходность.

3. Рабочая схема деления водотоков КФССР по их основным элементам и бассейнам

Эта схема, несмотря на некоторую ее условность, дает представление о распределении водотоков по группам и категориям основных элементов и бассейнов и оказались полезной при определении состава и объема работ по кадастру.

а) Распределение по длине

Все водотоки по их длине условно разбиты на две группы. В I группу вошли наиболее крупные — длиной более 25,0 км и водосбором более 100 км², учитываемые индивидуальным методом. Во II группу, наиболее многочисленную — длиной 25 км с водосбором менее 100 км², учитываемые обобщенным методом; они представлены двумя подгруппами:

II—I протяжением от 25,0 до 5,1 км (ср. длина 6,4—6,1 км)

II—2 » от 5,0 до 0,2 » (ср. длина 1,1—1,0 км).

Водотоки каждой группы (и подгруппы) достаточно равномерно распределены между бассейнами Белого и Балтийского моря.

Общее число $\frac{11200^*}{12280}$ водотоков Карелии имеет по длине следующее распределение:

I группа — 3,9%; II группа — 96,1% (II—I—46,4% и II—2 около 49,7%).

б) Распределение по площади водосбора соответствует распределению по длине водотоков и представлено также двумя группами:

I группа — $\frac{375}{394}$ (около 3,4%) водотоки с водосбором от 28396 до 100 км² и II группа — $\frac{10825}{11876}$ (96,6%) водотоков с водосбором менее 100 км².

Водотоки I группы имеют большое энергетическое и транспортное значение (в основном для лесосплава); Водотоки II группы — преимущественно лесотранспортные (как выводные пути лесосплава). Их энергетическое значение практически недостаточно даже для сельской электрификации. Они участвуют в формировании стока и микро-рельефа.

Реки Карелии имеют падение от 515 до 5 метров. Для наиболее крупных (по падению) рек преобладающим является падение от 150 до 50 м. По величине удельного падения большинство рек Карелии можно отнести к водотокам холмистых, предгорных и даже горных районов.

* в административных границах гидрографических

Среднее падение 467 наиболее крупных водотоков, отнесенное к их полной длине (включая входящие в их состав озерные участки), находится в пределах от 10,0 до 0,1 м/км, при этом 50% из них — в пределах 2,0—1,1 м/км.

4. Методы подсчета потенциальной мощности водотоков и их оценка

Мощность водотоков, отнесенных по длине и площади водосбора к I группе определялась индивидуальным (линейным) методом, а водотоков II группы обобщенным методом.

А. Метод индивидуального (линейного) учета потенциальной энергии водотоков I группы (с водосбором более 100 км²)

Для определения потенциальной мощности и энергии отдельного водотока или его участка этим методом построены под нашим руководством продольные профили водотоков, совмещенные с графиками нарастания площади водосбора и среднего многолетнего расхода по его длине от истока до устья. Подсчет произведен нами по отдельным участкам по формуле $N_n = 9,81 \frac{Q_1 + Q_2}{2} \cdot H =$

$= 9,81 Q_{ср} H$. Результаты подсчетов по каждому водотоку суммированы в таблицах и показаны на «энергетическом профиле» — на совмещенном с профилем графика нарастания мощности (общей и удельной) водотока, характеризующем его энергетическую ценность.

Для выяснения влияния выбора числа и границ расчетных участков на результат подсчетов произведено исследование, показавшее, что точность зависит от правильности выбора границ участков и в меньшей степени — от их числа. Было установлено, что выбор числа и границ расчетных участков зависит от характера продольного профиля и графика изменения площади водосбора, или среднего многолетнего расхода.

Для этих исследований, а также изучения характера изменения энергетической плотности в зависимости от типа продольного профиля и графика изменения по длине водотока площади его водосбора оказалось полезным пользоваться классификацией С. В. Григорьева.

Типы продольного профиля (Н)

- а) равновесия (H_1)
- б) прямолинейный (H_2)
- в) сбросовый (H_3)

Типы кривой нарастания площади водосбора (F)

- а) повышенного в верховье, замедленного к устью (F_3),
- б) равномерного по длине водотока (F_2),
- в) замедленного в верховье и повышенного к устью (F_1).

Сочетания этих типов допускают девять различных комбинаций Н и F. Вероятность этих сочетаний оказалась не одинаковой и зависит от природных условий исследуемых рек и территории, на которой они протекают. Для рек Карелии преобладающими для верхнего их течения, как и для малых водотоков, являются сочетания H_1 и H_2 с F_2 и F_1 , а в среднем нижнем течении H_1 и H_3 с F_2 или F_3 .

Наличие озер и участков сосредоточенного падения — водопадов и порогов в составе многих рек Карелии придает их профилям ступенчатую форму и влияет на форму графика нарастания площади водосбора, однако по нашим данным, это не исключает возможность такой классификации и она оказалась полезной в наших исследованиях.

Б. Методы обобщенного учета потенциальной энергии водотоков II группы (с водосбором менее 100 км²).

Из ряда известных методов обобщенного учета потенциальной мощности рек: Григоровича Н. А. (1937), Григорьева С. В. (1945), Даидбекова С. Т. и Рустамова (1947), Мосткова М. А. (1950), Клопова С. В. (1950), Секции по научной разработке проблем водного хозяйства АН СССР (1950), Калачева П. С., Щавелева Д. С., Жулаева Р. Ж. и др. В нашем исследовании рассмотрены следующие:

- 1—метод «обобщенных коэффициентов» (С. В. Григорьев),
- 2— » «базисных бассейнов» (С. В. Клопов)
- 3— » Секции.

В основу всех методов обобщенного учета энергии малых водотоков положены данные индивидуального (линейного) учета, используемые в качестве аналогов для всех

малых водотоков (или их бассейнов), находящихся в одинаковых или близких физико-географическим условиям.

Каждый из этих методов может в соответствующих условиях применяться для ориентировочной оценки потенциальных запасов водной энергии. При более точных, особенно при региональных подсчетах, надлежит в большей степени учитывать местные особенности природных условий. В частности, это относится к водотокам Карелии, имеющим в своем составе значительное число проточных озер и изменяющую в довольно широких пределах линейную озерность бассейнов отдельных притоков, входящих в состав бассейна главной реки.

Наши исследования показали, что

1) эти факторы отрицательно влияют на устойчивость связей вида $H=f(L)$ и F или $Q=\eta(L)$, используемых в методе «обобщенных коэффициентов», затрудняют энерго-географическое районирование и выбор малых «базисных бассейнов», а также еще более осложняют применение метода Секции по научной разработке проблем водного хозяйства АН СССР. В итоге — применение этих методов в условиях Карелии требует выполнения весьма трудоемких графо-аналитических работ, явно не соответствующих весьма малому удельному весу энергии малых водотоков;

2) для малых водотоков существует вполне удовлетворительная, достаточно устойчивая непосредственная связь между длиной водотока ($L, м$) и его удельной мощностью ($\frac{N_n}{L}$, квт/км), выражаемая уравнением вида $\frac{N_n}{L}=(aL+b)$, или $N_n=L(aL+b)$, где N_n — потенциальная мощность в квт,

L — длина водотока, в м,

a, b — числовые коэффициенты;

3) верхние участки основных (главных) водотоков и малые их притоки всех категорий не имеют существенных различий между собой и могут быть приняты в качестве аналогов при использовании каждого из рассмотренных методов обобщенного учета;

4) малые и мельчайшие водотоки распределены по территории достаточно равномерно и их средняя длина изменяется в довольно узких пределах (при L от 25,0 до 5,1 — от 5,2 до 6,4; при $L=5,0-0,2$ — от 1,0 до 1,1);

5) при одинаковой средней длине водотоков их удельная мощность (квт/км²) в одном и даже ряде смежных бассейнов, находящихся в близких физико-географических условиях, изменяется незначительно, а потому для подсчета запасов энергии малых рек можно ограничиться применением небольшого числа уравнений вида $N_p = \psi(L)$.

Исходя из этого был применен следующий метод подсчета:

а) в качестве аналогов малых водотоков использованы верхние участки рек, мощность которых определялась индивидуальным методом по участкам. Одновременно определялась удельная мощность. Для получения большего числа аналогов потенциальная мощность и ее удельное значение определялись не только для всего верхнего участка (длиной до 20 км и водосбором до 100 км²), но и отдельных его звеньев: последовательно — для первого (от истока) звена, первого плюс второго и т. д. Таким способом, по данным о мощности и длине звеньев, было получено от одной до трех и более пар N_p , L и построены коррелятивные связи между ними, применяемые для малых водотоков в одном и даже нескольких смежных бассейнах, находящихся в близких физико-географических условиях;

б) по данным о количестве и общей длине малых водотоков определена их средняя длина и, пользуясь соответствующей кривой или уравнением коррелятивной связи, получены средние значения потенциальной мощности для каждой группы (20,0 — 5,1 и 5,0 — 2,0 км) водотоков, находящихся в одном или нескольких смежных бассейнах. В итоге определена суммарная потенциальная мощность всех малых водотоков, протекающих на изучаемой территории.

Удельная мощность (квт/км)

Для большинства рек и малых водотоков Карелии характерны высокие показатели удельной мощности. Так для отдельных участков некоторых крупных рек она достигает 14—15 тысяч квт/км, а средние ее значения — 700—900 квт/км.

Энергетическая плотность речных бассейнов (квт/км²)

Энергетическая плотность бассейна характеризуется величиной мощности, приходящейся на 1 км² площади водосбора, т. е. его гидроэнергетическим модулем. Он на-

ходится вычислением индивидуальным (линейным) методом потенциальной мощности всех водотоков, имеющих в границах одного «базисного бассейна» (С. В. Клопов), «учетного района или участка» (Секция по научной разработке проблем водного хозяйства АН СССР) и т. п., избранных в качестве аналогов для отдельных районов или участков изучаемой территории. Произведенные нами исследования для 1765 гидростворов на 444 реках республики показали, что в силу наличия своеобразных физико-географических условий Карелии (рельеф, геологическое строение, густота и протяженность речной сети, параметры речного стока, озерность и пр.), определение гидроэнергетического модуля бассейнов и потенциальной мощности малых рек этим путем является весьма трудоемкой работой и не дает уверенности в правильности выбора как самих аналогов, так и их числа.

Для малых водотоков и их бассейнов потенциальная мощность и гидроэнергетический модуль могут быть определены в условиях Карелии быстрее и проще пользуясь найденными нами уравнениями коррелятивной связи между длиной водотока и его потенциальной мощностью.

$$N_n = f(L); \frac{N_n}{L} = \psi(L)$$

Нашим исследованием также установлено, что энергетическая плотность даже в небольшом бассейне имеет различные значения для разных по длине водотока гидростворов, замыкающих соответствующую часть общей площади водосбора. Гидроэнергетический модуль большинства водотоков возрастает одновременно с нарастанием площади водосбора, при чем в одних случаях довольно быстро и равномерно, в других — более медленно и неравномерно, в третьих — возрастает до некоторого максимума, после чего (к устьевому створу) снова убывает. По некоторым (немногим) водотокам гидроэнергетический модуль имеет максимум в верхней части бассейна, а затем, одновременно с нарастанием площади водосбора, постепенно уменьшается и достигает минимума в устьевом створе.

Исследование показало, что такое различие в характере изменения энергетической плотности вполне закономерно и находится в непосредственной зависимости от характера продольного профиля и графика нарастания пло-

щади водосбора, отражающих физико-географические особенности рассматриваемых речных бассейнов.

Пользуясь предложенной С. В. Григорьевым классификацией основных типов продольного профиля и графика нарастания площади водосбора оказалось возможным установить, что при сочетании типов: прямолинейного профиля (H_2) и равномерного по длине (прямолинейного или близкого к нему) нарастания водосбора (F_2) — величина гидроэнергетического модуля остается постоянной или изменяется незначительно.

При сочетании типов: вогнутого (равновесия) профиля (H_1) и графика с замедленным в верховье повышенном к устью нарастанием площади водосбора (F_1) — величина гидроэнергетического модуля возрастает вместе с нарастанием площади водосбора и достигает максимума в устьевом створе. Этой же закономерности подчинено сочетание типов сбросового продольного профиля (H_3) и графика с повышенным в верховье и замедленным к устью нарастанием площади водосбора (F_3).

При сочетании типов: (H_3) и (F_1) гидроэнергетический модуль также возрастает с увеличением площади водосбора, но достигает своего максимума не в устьевом створе, а выше и затем начинает убывать.

При сочетании (H_1) и (F_2) гидроэнергетический модуль в ряде случаев убывает от верховья к устью.

Для прочих сочетаний основных типов (H) и (F) изменение величины гидроэнергетического модуля подчинено той же закономерности, но выражено менее явно.

Изучение распределения энергии внутри бассейна между главным водотоком и его притоками показало, что на долю главной реки в крупных и средних бассейнах падает в среднем 64—65% всей энергии, на притоки I порядка — около 23%, притоки II порядка — около 7% и на все остальные — около 5%. Для малых бассейнов роль главной реки повышается еще более. Поэтому основную слагающую абсолютного значения энергетической плотности дает главная река бассейна.

Установлено, что для водотоков Карелии с площадью водосбора менее 500 км² эта слагающая составляет в среднем 90%. Следовательно, для определения гидроэнергетического модуля бассейнов малых рек нет необходимости в определении потенциальной мощности всех притоков, достаточно определить ее для главной реки. Этот

вывод делает возможным значительное упрощение определения энергетической плотности бассейнов малых рек.

Определены средние значения гидроэнергетической плотности территории основных бассейнов Белого и Балтийского морей, а также предельные ее значения. Оказалось, что величина гидроэнергетического модуля бассейнов отдельных рек варьирует в широких пределах — от 0,06 до 33,0 квт/км² и более. Особенно резко это выражено для бассейнов малых рек, где величина модуля изменяется от 0,06 до 8,96 квт/км², т. е. почти в 150 раз. С увеличением площади водосбора средние значения гидроэнергетического модуля увеличиваются, а диапазон их изменений уменьшается и для самых крупных рек Карелии ограничен пределами 5,4 — 12,0 квт/км².

Рассмотрение предельных значений гидроэнергетического модуля бассейнов рек различных по величине водосбора грааций позволило сделать предположение, что, вследствие отмеченного выше для бассейнов малых рек, не следует ожидать возможности строгих числовых связей между значениями гидроэнергетического модуля и площадью водосбора, входящими в уравнение $M_0 = f(F)$. Это полностью подтвердилось, т. к. даже при самом тщательном отборе отдельных водотоков коэффициент корреляции оказался невысоким (0,5 — 0,6). Поэтому уравнения коррелятивной связи, выведенные нами для водосборов менее 25—30 км² следует рассматривать как пригодные лишь для ориентировочной осередненной оценки их энергетической плотности.

Более удовлетворительные связи получены нами для водотоков с водосбором от 25 до 200 км² (коэффициент корреляции от 0,64 до 0,93).

Результаты подсчетов

В итоге подсчетов потенциальной мощности водных источников Карелии их суммарная величина увеличилась против данных наиболее полных прежних определений на 43% в административных границах и на 67% в гидрографических границах. Удельный вес малых и мельчайших водотоков оценивается в 5,8% от суммарной потенциальной мощности.

В ы в о д ы

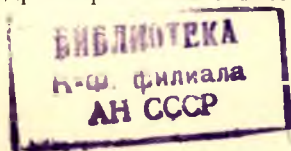
Произведенное исследование позволяет сделать следующие краткие выводы:

1. Выполненные ранее подсчеты потенциальной мощности не охватывали некоторых средних и многих малых рек Карелии. Они вовсе не учитывали энергии малых водотоков, участвующих в грунтовом питании и эрозионных процессах, определяющих развитие гидрографической сети и формирование продольного профиля. Поэтому исследование являлось необходимым и своевременным. Оно установило, что действительная мощность водных источников Карелии на $\frac{43,0}{67,0}$ % больше, чем было ранее исчислено.

2. Качество исходных данных для исследования и их обработки обеспечили получение достаточно надежных гидрографических и гидрологических характеристик, положенных в основу энергетической оценки водных источников.

3. На примере исследования видно, что для региональных подсчетов потенциальных запасов водной энергии не во всех случаях целесообразно пользоваться существующими методами обобщенной энергетической оценки малых рек и возникает необходимость искать новые, более отвечающие природным особенностям изучаемой территории. При этом, ввиду незначительного удельного веса их потенциальной мощности (менее 10%), допустимо ограничиваться определением ее в «базисном» или «учетном» бассейне лишь для главного водотока, а его притоки учитывать соответствующим коэффициентом.

4. Энергетическая плотность бассейна, определяемая величиной гидроэнергетического модуля (в квт/км²) не



является постоянной даже для небольших площадей водосбора. Она изменяется также по длине реки.

Исследование показало, что эти изменения вполне закономерны и находятся в зависимости от типов продольного профиля и нарастания площади водосбора, отражающих основные физико-географические особенности изучаемого бассейна.

5. Для малых рек Карелии оказалось возможным получить достаточно устойчивые коррелятивные связи $N_p = f(F, H)$ и $M_0 = \phi(F)$, где

N_p — потенциальная мощность реки, квт,

F — полная площадь бассейна, км²,

H — полное падение реки, м,

M_0 — гидроэнергетический модуль, квт/км².

Их применение позволило упростить подсчеты.

О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
6	20	оно считалось	они считались
9	6	25 км	< 25,0 км
12	2	физико-географиче- ским условиям	физико-географических условиях
13	20	применяемые	применные