

УДК 621.311.15: 627.1(477.75)

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ РЕК КРЫМА

Олиферов А. Н.

*Таврический национальный университет имени В. И. Вернадского, Украина
E-mail: taciamaikh@gmail.com*

В статье показаны возможности создания на реках Крыма малых гидроэлектростанций. Рассмотрены данные для определения мощности рек – речной сток и падение. Рассчитана потенциальная гидроэнергетическая мощность, а также мощность на валу турбины и валу генератора.

Ключевые слова: гидроэлектростанции, мощность рек, речной сток, падение рек, потенциальная мощность, мощность на валу турбины и валу генератора

ВВЕДЕНИЕ

В Крыму наблюдается большой дефицит электроэнергии. Естественно, что ученые и практики постоянно обращаются к нетрадиционным видам электроэнергии. За последние годы произошли существенные сдвиги в использовании ветровой энергии и энергии солнца. К сожалению этого нельзя сказать об использовании гидроэнергии, хотя уже почти 90 лет идея использования гидроэнергии крымских рек носится в воздухе. Было построено 3–4 малых гидроэлектростанций (ГЭС), но все еще не приступают к ее реализации. Дело объясняется очень малыми расходами крымских рек, что затрудняет эксплуатацию ГЭС.

Некоторый сдвиг в освоении водной энергии крымских рек должен начаться в ближайшее время в связи с изобретением и разработкой Харьковским научно-производственным объединением «Турбоатом» принципиально новой конструкции турбины, с помощью которой можно создавать МикроГЭС, работающей при расходах воды от 0,20 м³/с. Об этом нам сообщил один из разработчиков Щегольков Е. Е.

Это даст возможность обеспечить электроэнергией отдельно стоящие дома, кордоны в лесхозах и в заповедниках, полевые станы на виноградниках, строения у туристических объектов. Внедрение малых микроГЭС имеет большое экологическое значение.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Как известно из гидроэнергетики [1] при проектировании гидроэлектростанций необходимо знать валовую мощность подлежащего использования водного потока. Чтобы ее рассчитать необходимы сведения о падении и расходах рек. Энергию поверхностных водотоков называют водной или гидравлической. В нашем случае в горном Крыму ее называют водно-энергетическими или гидроэнергетическими ресурсами.

Характер их зависит от форм использования энергии. Для крымских МиниГЭС преобладает осветительная нагрузка, при которой особенно резко проявляются годовой и суточный циклы.

Первые исследования гидроэнергетических ресурсов крымских рек проводились в 20-е годы. В них участвовали такие крупные ученые как основоположник учения о речном стоке Д. И. Кочерин [2], энергетик М. В. Келлер [3] и другие. Первую крупную сводку о перспективе гидроэнергетического использования крымских рек дал Д. И. Кочерин [2]. Мощность для каждого водотока или пункта была подсчитана в трех вариантах: 1) для случая годового регулирования расхода воды посредством пруда на урегулированный расход; 2) при отсутствии регулирования на зимний расход воды, обеспеченный в период с ноября по май, и на зимние условия оросительного водопользования и 3) при отсутствии регулирования на летний расход воды в летнюю межень в естественном состоянии реки, и принимая во внимание летние условия оросительного водопользования.

К работе Д. И. Кочерина [2] были приложены таблицы, в которых для 18 рек была рассчитана их мощность при трех вариантах их регулирования. Эти реки при двадцатичетырехчасовой работе в сутки, обеспечивают урегулированную годовую мощность 2700 лошадиных сил, при чем без урегулирования в тех же условиях можно получить в зимнее время 5000 л.с, а в летнее около 1000 л.с. На мелких водотоках, не приведенных в таблице, можно получить сравнительно меньшую мощность от 5 до 15 и даже до 50 л. с. не обеспеченных в течение года. Суммарно на этих малых реках можно получить до 4000 л. с.

А. М. Рошупкин [4] в своей книге указывает как развивалась энергетика Крыма. В целом гидроэнергетические ресурсы Крыма очень малы. 31 мая 1921 г. Крымревком создал Крымское бюро ГОЭЛРО.

В «Крымэлектро» был составлен предварительный план электрификации. Им предусматривалось использование водной энергии рек: Качи, Бельбека, Альмы, Улу-Узенья. Предполагалось сооружение гидроэлектростанций общей мощностью до 3500 кВт и с выработкой электроэнергии до 15-20 млн. кВт.час в год. Кроме того, намечалось строительство 150-200 установок на мелких реках. 3 июля 1924 года крымская плановая комиссия представила президиуму ВСНХ проект электрификации юго-западной части Крыма. В основе его лежало использование местных гидроэнергетических ресурсов. Ресурсы рек Черной, Карасу и других определялись в 15 тыс. кВт с выработкой 40 млн. кВт.час. электроэнергии в год. Предполагалось сооружение гидроэлектростанций на реке Черной в 1925–1927 гг. мощностью 6 тыс. кВт с годовой выработкой 14 млн. кВт.час. и такой же станции на реке Карасу в 1929-1930 гг.

Выработка электроэнергии по подсчетам инженера К. И. Юдина [5] в среднем по водности в год может покрыть потребности около 25% всего сельского хозяйства Симферопольского и до 80% потребности Белогорского районов.

В 2001 году автор выступил в Крымской академии наук в качестве эксперта по вопросу гидроэнергетическим ресурсам крымских рек [6]. Им были рассчитаны потенциальная мощность рек. Для этой цели были использованы данные по средним многолетним расходам воды и падению рек. Кроме того была рассчитана мощность на валу турбины и мощность на валу генератора. Расчеты были произведены для 40 пунктов, где имелись гидрологические посты

В 2010 году наши расчеты были уточнены в соответствии с материалом опубликованного справочника «Поверхностные водные объекты Крыма, исправление и использование водных ресурсов» [7].

Как отмечалось выше, современный этап использования рек Крыма для нужд гидроэнергетики связан с изобретением и пуском в производство микротурбины для МикроГЭС, осуществленное «Научно-производственным объединением «Турбоатом» (г. Харьков). Микротурбина работает даже при малых расходах $0,20 \text{ м}^3/\text{сек}$.

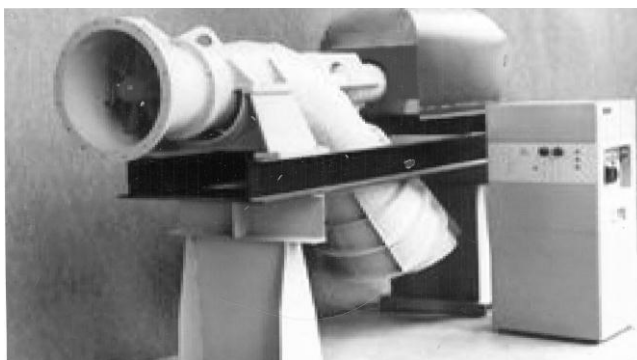


Рис. 1. Турбина разработанная Харьковским научно-производственным объединением «Турбоатом».

Один из разработчиков микротурбины Е. Е. Щегольков обратился в ТНУ к профессорам Кудрявцеву В. Б. и Олиферову А. Н с просьбой помочь подыскать места для сооружения МикроГЭС. Такие места были подобраны на притоке Ангары – реке Курлюк-Су, на реке Краснопещерной. Кроме того, был исследован участок реки Альмы от с. Рассадное до с. Песчаное, где предполагалось создать каскад МикроГЭС. По последнему участку было получено: средний расход – $0,59 \text{ м}^3/\text{сек}$, средний минимальный расход обеспеченности - 270 дней в году - $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$, падение – 1,5 м на 1 км.

В результате В. Б. Кудрявцев и А. Н. Олиферов дали заключение о целесообразности создания каскада МикроГЭС на указанном участке р. Альмы. В заключении указывалось, что высота плотин не должна превышать 2–3 м, что позволит избежать залив территории и ограничит подъем воды в пределах естественной высоты берегов реки. Мощность каскада МикроГЭС составила 35 кВт с обеспеченностью потребления электроэнергии 270 дней в году.

Рассмотрим основные параметры для расчета мощности ГЭС. Падения рек, представляющие собой напор, определяемый как разница высот, является важнейшим элементом характеризующим мощность гидросиловой установки. Падение связано с уклоном и продольным профилем реки. В Горном Крыму преобладает ступенчатый тип продольного профиля с наличием порогов и водопадов, что создает определенный гидрологический потенциал. Особенно

велико падение в верховьях рек южнобережного склона. В частности р. Учан-Су выше водомерного поста в п. Чехово имеет падение 703 м., р. Дерекойка до п. Первые ворота Уч-Кош 959 м., р. Авунда выше в п. Гурзуфе – 1267 м. Не меньше падение рек в восточной части этого гидрологического района, так падение р. Улу-Узень до в.п. Алушта – 804 м., р. Улу-Узень (Восточный) выше в п. Солнечногорское – 871 м и, наконец, р. Таракташ до в. п. Судак имеет падение 664 м. К сожалению, высокие показатели падений не сопровождаются значительными расходами, что снижает потенциал гидроэлектрических ресурсов в районе, Западной части северного макросклона рек, впадающих в Черное море. В верховьях р. Альмы до водомерного поста Крымгосзаповедник падение составляет – 502, р. Качи до в. п. Загорское – 206 м., р. Стили до в.п. Лесникова – 841 м., р. Бельбек выше в.п. Счастливого – 438 м., р. Коккозки выше в.п. Голубинка – 652 м., р. Черной выше в.п. Родниковое – 465 м. Такие высокие величины падения, сопровождающиеся достаточно высокими (по масштабам крымских рек) расходами дают реальную перспективу строительству МикроГЭС на этих участках. Реки восточной части Северного макросклона, впадающие в Сиваш имеют в среднем меньшее падение, чем реки других гидрологических районов. Хотя показатели падения рек достаточно большие – р. Су-Индол выше в.п. Тополевки – 579 м., р. Салгир выше в.п. Сорокино 397 м., р. Зуя выше в.п. Баланово – 408 м. Учитывая, что реки этого района к тому же и имеют низкие расходы можно считать, что здесь гидроэлектрический потенциал несколько ниже.

Другим важным показателем для расчета потенциальной гидроэнергии являются расходы воды. Наиболее наглядно водный режим рек выражается графиками расхода воды, которые называются гидрографами. Для расчетов гидроэлектростанций, как отмечает А. М. Гаврилов [8], особое значение имеет средний по водности год. Поэтому по приложению к методическому пособию А. Н. Олиферова [9] были определены для каждого водомерного поста средние расходы и по ним построены гидрографы наиболее близкого реального года, показывающие изменения ежедневных секундных расходов воды во времени.

Гидрограф ежедневных расходов воды характеризует колебания водности реки в различные фазы гидрологического режима (паводки, межень) и их продолжительности. По гидрографу можно определить объем годового стока реки отдельных месяцев (в нашем случае 3 и 6 месяцев и периодов), и судить о преобладающем типе питания реки в различные сезоны, рассчитать какую часть стока дает каждый тип питания и сезон.

Исходными данными для построения гидрографа являются ежедневные расходы реки в данном створе, помещенные в гидрологических ежегодниках за прошлые годы или в таблицах расходов.

Как указывает А. Н. Гаврилов [8] в целях выбора расчетного расхода воды в ГЭС график расходов воды перестраивается в так называемую кривую продолжительности расходов воды. Для построения кривой продолжительности суточных расходов сначала надо заполнить таблицу для подсчета частоты и продолжительности расходов.

На реках западной части макросклона Крымских гор расходы трехмесячной обеспеченности достаточно высоки и дают возможность бесперебойной работе МикроГЭС. Исключение составляют реки Марта, Стиля и Байдарка, водность которых не обеспечивает работы МикроГЭС.

На реках гидрологического района Южного макросклона, впадающих в Черное море расчетные расходы воды гораздо меньше. Расходы обеспеченностью 3 месяца на всех реках превышают $0,20 \text{ м}^3/\text{с}$, при которых нормально работают МикроГЭС. Что же касается расходов шестимесячной обеспеченности, то величину $0,20 \text{ м}^3/\text{сек}$, превышают только р. Дерекойка на в.п. Ялта, Улу-Узень, на в.п. Алушта, Демерджи, на в.п. Алушта и Улу-Узень (Восточный) в створе в.п. Солнечногорское.

В гидрологическом районе рек восточной части северного макросклона, впадающих в Сиваш, расходы обеспеченностью 3 месяца по всем водомерным постам (кроме в.п. Мазанка на р.Бештерек) превышают $0,20 \text{ м}^3/\text{с}$, при котором начинают работать МикроГЭС. Что же касается шестимесячной обеспеченности, то расходы $0,20 \text{ м}^3/\text{с}$, будут только на р. Салгир (в.п. Салгир, Пионерское).

Потенциальные гидроэнергетические ресурсы распределяются по территории Горного Крыма достаточно неравномерно. Наибольшие ресурсы гидроэнергии сосредоточены в Западной части Северного Макросклона. Реки этого гидрологического района в связи с большими падениями и достаточно высокими для крымских рек расходами представляют наибольший интерес для строительства МиниГЭС. Так река Альма в створе в. п. Крымгосзаповедник имеет потенциальную мощность 3256 кВт, мощность реки Качи в створе в п. Куйбышево – 4198 кВт. Самые большие потенциальные мощности гидроэнергии в этом гидрологическом районе имеют река Коккозка в створе в п. Глубинка 6651 кВт и Черная у в. п. Родниковское – 6671 кВт.

Потенциальная (валовая) мощность гидроэнергии в гидрологическом районе южного Макросклона несколько меньше. Мощность р. Учан-Су в пгт Чехово – 1795 кВт, реки Дерекойки в Ялте – 629 кВт. Примерно такая же мощность р. Авунды в пгт Гурзуф – 1740 кВт. Однако более крупные реки этого района несколько приближаются по своей мощности к рекам Западной части Северного Макросклона. В частности р. Улу-Узень в Алуште имеет мощность 3707 кВт.

Выработка электроэнергии выражается в киловатт-часах (кВт), то есть представляет произведение мощности на валу генератора за час работы.

Естественно, что выработка обычно несколько колеблется во времени из-за изменений нагрузки на генератор, изменений в величине расходов воды и колебаний напора. Выработка прекращается на время аварийных остановок гидроэлектростанций. Годовая выработка за средний по водности год при нормальной работе гидроэлектростанции характеризует степень использования ее полной расчетной или так называемой установочной мощности.

Как известно в году 8760 часов, и если гидроэлектростанция работала без остановки круглый год на полную мощность ее выработка равнялась бы ее мощности, умноженной на 8760. Однако в связи с изменениями напора, нехваткой воды, аварийными остановками и т. д., гидроэлектростанции не работают круглый год без остановки, а если и работают, то не всегда на полную мощность. Поэтому среднее

число часов работы в году на 1 кВт установленной мощности будет всегда меньше 8760.

Потенциальные запасы водной энергии рек определяют, разбивая их на участки с характерными уклонами и расходами воды, подсчитывают мощность этих участков, а затем их последовательно суммируют.

Потенциальная мощность реки определяется по формуле:

$$N = 9,81 \frac{(Q_1 - Q_2)}{2} \cdot H_{1-2} \text{ кВт} \quad (1)$$

где Q_1 и Q_2 средние многолетние расходы воды в начале и в конце участка м³/с H_{1-2} падение реки на участке 1-2

Полученная потенциальная мощность реки от истока до устья:

$$N = \sum_1^n 9,81 Q_i H_i \text{ кВт} \quad (2)$$

где Q - средний многолетний расход воды на отдельном участке; H – падение реки на участке.

Таким образом, гидроэнергетические ресурсы делятся на потенциальные и технические. Потенциальные – это теоретические запасы определенные по приведенным формулам, которые теоретически могут быть использованы для энергетического строительства. В Крыму ведутся исследования возможностей энергетического использования различных искусственных водотоков и их гидротехнических сооружений, построенных в свое время для водохозяйственных целей.

Один из конструкторов турбины МикроГЭС Е. Е. Щегольков предложил поставить ее в Ялте на сбросе воды из Ялтинского гидротоннеля.

Как отмечает А.М. Гаврилов [3] валовая мощность используемого водного потока еще далеко не мощность электростанции. Часть энергии водотока теряется на преодоление трения при прохождении воды через турбину к генератору и в самом генераторе. Потери в первом случае составляют 15-20 %, а в сумме 30-40% валовой мощности водного потока. КПД турбины при расчетах нередко принимают равным довольно часто встречающейся на практике величине 0,825. В этом случае выражение для мощности в киловаттах на валу турбины имеет следующий вид:

$$N = 8,1 Q H \text{ кВт} \quad (3)$$

При потерях от турбины к генератору и в генераторе порядка 15 % мощность на валу генератора можно вычислить выражением

$$N = (6,5 - 7,0) QH \text{ кВт} \quad (4)$$

Мощность гидроэлектростанций обычно определяют и оценивают на валу турбины, однако именно мощность на валу генератора определяет полезную отдачу энергии гидроэлектростанций, которая поступает в сеть, то есть отдается потребителям (не считая потерь в трансформаторах и в сети).

Напомним, что гидроэнергетиками все гидроэлектростанции по способу получения напора разделяются в основном, на две группы, а именно на приплотинные и деривационные. На приплотинных ГЭС напор создается плотиной, сооружаемой в русле реки, и здание станции помещается рядом с плотиной, а на некоторых новых стройках, прямо в теле плотины. На деривационных ГЭС напор создается, главным образом, обходным, или так называемым, деривационным каналом, проводимым с меньшим уклоном, чем уклон реки, за счет чего получается выигрыш в падении. Здание станции помещается в конце канала. Нередко, особенно в горах, вместо канала проводится трубопровод, при этом вода к зданию поступает иногда из той реки, которая сбрасывается в другую реку, протекающей по более низкой местности. Поэтому деривационные ГЭС распространены, главным образом, в горных районах и в частности в Крыму.

Как известно, водяной двигатель или турбина, при помощи которой вырабатывается энергия, представляет собой вал с лопастями, насаженными на него, в виде колеса, а в некоторых конструкциях в виде пропеллера, вода при переходе через турбину приводит ее в движение, действуя на лопасти своим весом и напором. Механическая энергия вращающейся турбины передается электрогенераторам. В генераторе механическая энергия превращается в электрическую.

В соответствии с разработками А. М. Гаврилова [8] для сельских ГЭС использование каждого киловатта установленной мощности в течении 4000 - 5000 часов является показателем достаточной эффективности работы станций, если эта станция сооружена в соответствии с водностью реки. В связи с изложенным, для оценки выработки электроэнергии МикроГЭС в Крыму нами принят нижний предел для сельских ГЭС, а именно 4000 часов.

Мощность МикроГЭС на валу турбины, подсчитанная нами по методике А. М. Гаврилова [8] имеет те же закономерности распространения по гидрологическим районам Крыма, что и потенциальная (валовая) мощность.

Самая большая мощность на валу турбины МикроГЭС отмечается на реках Западной части северного макросклона Крымских гор. Здесь на р. Альме в верховьях в створе в п. Кымгосзаповедник эта мощность составляет 2632 кВт, на реке Каче в верховьях в п. Загорское 1941кВт.

Река Бельбек должна дать мощность на валу турбины в створе в п. Куйбышево – 34000кВт, а у с. Фруктовое 2960 кВт, МикроГЭС на р. Черная в створе в п. Чернореченское – 3115 кВт. На притоках рек этого гидрологического района р.

Стиля, р. Марта и р. Байдарка мощность на валу турбины небольшая – порядка 100–300 кВт.

В югобережном гидрологическом районе, занимающим южный макросклон Главной гряды Крымских гор, рассматриваемая мощность порядка 1500 кВт (р. р. Учан-Су, Дерекойка, Авунда). На обеих реках Улу-Узень (Алуштинский и Восточный) эта величина порядка 3000 кВт. В гидрологическом районе восточной части Северного Макросклона Крымских гор достаточно высокая величина мощности на валу турбины имеется только на р. Салгир – она изменяется от 1766 в верховьях до 3730 кВт в устье главной реки полуострова. На ее главных притоках Бурульча и Биюк-Карасу рассматриваемая мощность колеблется в пределах 1100 – 1200 кВт.

Кроме того, нами рассчитано по методике А. М. Гаврилова мощность [2] на валу генератора МикроГЭС. Эта мощность была по абсолютной величине меньшей потенциальной (валовой), но географическое их распространение было одинаковым. Наибольшая мощность на валу генератора отмечалась в западной части северного макросклона. На р. Альма в верховьях эта мощность равнялась 2177 кВт, в верховьях р. Качи – от 1606 кВт (с. Загорское) до 2508 кВт (с. Баштановка) 2074 кВт. На р. Бельбек мощность на валу была в с. Счастливое 2046 кВт, в п.г.т. Куйбышево 2813 кВт и в с. Фруктовое 2449 кВт. Мощность на р. Коккозка в верховьях и на р. Черной в с. Родниковское была одинаковой – около 4460 кВт. Наименьшая мощность на валу генератора была как и валовая на притоках основных рек. На реках Стиля, Марта, Байдарка мощность составила 200-300 кВт.

В гидрологическом районе рек южного макросклона, впадающих в Черное море на реках Учан-Су, Дерекойка и Авунда мощность на валу генератора была приблизительно одинаковая – около 1200 кВт, а на реках Улу-Узень (Алуштинский) и Улу-Узень (Восточный) рассматриваемая мощность составила 1900-2500 кВт. На реках, расположенных в восточной части северного макросклона крымских гор мощность на валу генератора достаточно велика только на р. Салгир от 3100 до 3200 кВт. На реках Кучук-Карасу и Зуя эта мощность мала и равна 300–400 кВт.

В заключении необходимо отметить, что наши расчеты, выполненные еще в 2001 году [6] не являются единственными предложениями по гидроэнергетике Крыма. Имеются проекты Е. Е. Щеголькова по использованию гидроэнергии в Крыму. Эти проекты объединяются в четыре группы. В первую очередь - это каскад малых гидроэлектростанций на р. Черной мощностью 1,6 МВт, далее идет строительство гидроэлектростанций на крупных гидроузлах (плотины, гидротоннель и т. д.) мощностью 12,5 МВт, следующие два проекта строительства малых ГЭС на водотоках подразделяются на существующие проекты - 1,8 МВт и новые проекты 2,2 МВт.

В 2005 году была опубликована статья Б. И. Боровского и З. В. Тимченко, посвященная гидроэнергетическому потенциалу Крымских рек и работа этих авторов, посвященная гидроэнергетическому потенциалу р. Коккозки для получения электроэнергии с помощью каскада малых электростанций [10, 11]. В 2006 году вышла в свет работа З. В. Тимченко, Э.А. Бекирова и Р. Э. Меджитова [12]

посвященная гидроэнергетическим расчетам для проектирования ГЭС в речные р. Бельбек

Исследование речного стока с позиции использования его в качестве источника гидроэнергии показали, что разработанная объединением «Турбоатом» МикроГЭС не вполне удовлетворяет потребности гидроэнергетики Крыма. Минимальный расход, при котором работает турбина – $0,20 \text{ м}^3/\text{с}$ обеспечен в достаточной степени только для рек западной части северного макросклона. Расходы рек остальных гидрологических районов (за исключением реки Салгир) будут невелики. Еще менее для наших условий подходит чешская модель МиниГЭС, турбина которой работает на расходах более $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$. С другой моделью микротурбины изготавливается в г. Кишиневе, она работает при расходе $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$. Для успешного развития гидроэнергетики Крыма необходимо, чтобы объединение «Турбоатом» начало выпускать микротурбины, которые подобно молдавской модели работали бы при расходах от $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$. Экологическая обстановка в Крыму требует выработки экологически чистой гидроэнергии.

ВЫВОДЫ

1. Исследование гидроэнергетических ресурсов начало проводиться более 90 лет назад. К сожалению, до настоящего времени гидроэнергия крымских рек практически не использовалась. Дело объясняется очень малым расходом воды, что затрудняет их эксплуатацию. Определенные перспективы в освоении водной энергии на полуострове открылись в самое последнее время. Это связано с изобретением и разработкой Харьковским научно-производственным объединением «Турбоатом» принципиально новой конструкции турбины, с помощью которой можно создавать малые ГЭС, работающие при расходе воды от $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Это дает возможность обеспечить электроэнергией отдельно стоящие дома, фермы, кордоны в лесхозах и заповедниках, строения у туристических объектов и т. д.

2. Потенциальные (валовые) гидроэнергетические ресурсы были рассчитаны автором. Они располагаются в Крыму неравномерно. Максимальные находятся в западном гидрологическом районе северного макросклона Крымских гор. Это связано с большим падением и достаточно высокими расходами воды. Река Альма в створе в.п. Крымгосзаповедник имеет потенциальную мощность 3056 кВт, р. Бельбек в створе Куйбышево 4198 кВт. Наибольшая мощность отмечается на р. Коккозке и Черной – 6600 кВт. Потенциальная мощность остальных гидрологических районов гораздо ниже.

3. Мощность МГЭС на валу турбин, рассчитанная автором, оказалась существенно меньше валовой мощности. На р. Альме в створе в.п. Госзаповедник – 2632 кВт, на р. Каче в Загорском – 1941 кВт, р. Бельбек Куйбышево – 3400 кВт, а у с. Фруктовое – 3960 кВт.

4. Мощность на валу генератора, хотя и меньше валовой, но имеет те же закономерности распространения. Наибольшая она также в западном гидрологическом районе северного макросклона. В верховьях Альмы она 2177 кВт, Качи – 1606 кВт, в среднем течении Бельбека – 2813 кВт. На южном склоне реки Учан-Су, Дерекойка и Авунда имеют мощность на валу генератора 1200 кВт, а на

двух Улу-Узеньях – 1900–2500.

5. Разработаны проекты по использованию гидроэнергии в Крыму. В первую очередь – это каскад ГЭС на реке Черной мощностью 1,6 кВт и Бельбека, далее, строительство ГЭС на крупных гидроузлах (плотины) мощностью 12,5 МВт. Автором созданы проекты ГЭС на р. Кизил-Коба и р. Альма.

Список литературы

1. Гидроэнергетика / под. ред. В. И. Образцова. – М. : Энергоиздат, 1988. – 571 с.
2. Кочерин, Д. И. Белый уголь в Крыму / Д. И. Кочерин // Производительные силы Крыма. – Симферополь, 1921 – Т. 3. – С. 3–13.
3. Келлер, М. В. Электрификация Крыма / М. В. Келлер // Весь Крым. – Симферополь, 1922. С. 1–15.
4. Рошупкин, А. М. Энергетика Крыма на подъеме / А. М. Рошупкин. – Симферополь : Таврия, 1975. – 103 с.
5. Юдин, К. И. Электрификация сельского хозяйства Крыма / К. И. Юдин. – Симферополь : Таврия, 1951. – 25 с.
6. Олиферов, А. Н. Гидроэнергетические ресурсы Крыма. Концепция крымских экспертов / А. Н. Олиферов // Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. – Симферополь : Экология и мир, 2001. – С. 256–265.
7. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов : справочник / сост.: А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губская ; под ред. А. А. Лисовского. – Симферополь : КРП Учпедгиз, 2011. – 242 с.
8. Гаврилов, А. М. Сельские ГЭС и гидрология / А. М. Гаврилов. – Л. : Гидрометеиздат, 1952. – 34 с.
9. Олиферов, А. Н. Общая гидрология : метод. указ. К написанию контрольной работы / А. Н. Олиферов. – Симферополь : ТЭИ, 1997. – 60 с.
10. Боровский Б. И. Гидроэнергетический потенциал крымский рек / Б. И. Боровский, З. В. Тимченко // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь : КАПКС, 2005. – С. 182–186.
11. Боровский, Б. И. Использование гидроэнергетического потенциала крымской реки Кокозка для получения электроэнергии с помощью каскада малых электростанций / Б. И. Боровский, З. В. Тимченко // Доп. друг. науково-практич. конф. «SED – 05». – К., 2005. – С. 196–199.
12. Тимченко, З. В. Гидрогеологические и гидроэнергетические расчеты для проектирования ГЭС в верховьях р. Бельбек / З. В. Тимченко, Э. А. Бекиров, Р. Э. Меджитов // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь : НАПКС, 2006. – Вып. 13–14. – С. 219–223.

Оліферов, А. М. Гідроенергетична потужність річок Криму / А. М. Оліферов // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. – Серія «Географія». – 2013. – Т. 26 (65), № 3. – С. 243 – 252.

В статті показані можливості створення на річках Криму малих гідроелектростанцій. Розглянуті дані для визначення потужності річок — річковий стік та падіння. Розрахована потенційна гідроенергетична потужність, а також потужність на валу турбіни та валу генератора.

Ключові слова: Гідроелектростанції, потужність річок, річковий стік, падіння річок, потенціальна потужність, потужність на валу турбіни та валу генератора.

Статья поступила в редакцию 13.09.2013 г