

УДК 621.22:626.81:631.672

В. Н. Щедрин, Д. В. Бакланова, В. Л. Бондаренко, Г. Л. Лобанов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНУТРИСИСТЕМНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Целью исследований являлась оценка гидроэнергетических ресурсов и перспектив использования малой гидроэнергетики на существующих гидротехнических сооружениях (на примере Ставропольского края) и дождевальных машинах оросительных систем для обеспечения внутрисистемных потребностей в электроэнергии. Системным анализом на примере оросительных систем Ставропольского края было установлено, что в применяемой в настоящее время технологии производства сельскохозяйственной продукции практически не используется потенциальная энергия водного потока сетевых гидротехнических сооружений. В связи с этим основным материалом для обоснования перспективных мест размещения малых и микроГЭС для выработки электроэнергии являлись конструктивные характеристики действующих в Ставропольском крае гидросооружений. Сотрудниками Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации был проведен сбор и анализ сведений об оросительных системах Ставропольского края с наличием перепадов уровней воды от 2 м и более (быстротоков, перепадов и т. д.), после чего выполнен подбор гидроагрегатов, а также рассчитана годовая выработка электроэнергии. В результате выявлено, что наиболее перспективными створами для устройства малых и микроГЭС в Ставропольском крае являются около 30 функционирующих гидросооружений, а также четыре перепада на р. Б. Егорлык и один на р. Куме. Показатели суммарной мощности и производства электроэнергии на малых и микроГЭС оросительных систем Ставропольского края предварительно оцениваются в 128,46 МВт в год, а годовая выработка электроэнергии составит 515,04 млн кВт ч. Таким образом, использование малой гидроэнергетики как возобновляемого источника энергии в мелиорации будет способствовать созданию энергоэффективных оросительных систем.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, микроГЭС, гидротехнические сооружения, оросительная система, дождевальная машина, электрическая энергия.

V. N. Shchedrin, D. V. Baklanova, V. L. Bondarenko, G. L. Lobanov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

EVALUATION OF PERSPECTIVES OF USING SMALL HYDROPOWER ON IRRIGATION SYSTEMS TO MEET INTERNAL NEEDS IN ELECTRICITY

The purpose of research was to assess the hydropower resources and the prospects for using small hydropower engineering on the existing hydraulic structures (on the example of Stavropol Territory) and sprinklers to meet internal energy needs. Using the example of irrigation systems of Stavropol Territory, it was found out by system analysis that the potential energy of water flow of network hydraulic structures isn't practically used in current agricul-

tural production technology. In this regard, the main material for justification the promising locations for small and micro hydroelectric power plants for power generation was the design characteristics of hydraulic structures operating on Stavropol Territory. Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems collected and analyzed information on irrigation systems of Stavropol Territory with the availability of water level differences of 2 m or more (chutes, crossheads, etc.), after which the selection of hydraulic units was performed and annual power generation was calculated. As a result, it was revealed that about 30 functioning hydraulic structures, as well as four crossheads on the river Egorlyk and one on the river Kuma are the most promising sites for small and micro hydroelectric power plants construction in Stavropol Territory. The indicators of total power and electricity production on small and micro hydroelectric power plants of irrigation systems of Stavropol Territory are estimated preliminary at 128.46 MW per year, and annual electricity generation will amount to 515.04 million kWh. Thus, the use of small hydropower as a renewable source of energy in land reclamation will contribute to the creation of energy efficient irrigation systems.

Key words: renewable energy sources, micro hydroelectric power plants, hydraulic engineering structures, irrigation system, sprinkler, electric energy.

Введение. На современном этапе развития глобальной системы «природная среда – общество – человек» и, соответственно, локальных бассейновых геосистем, в пределах которых формируются и потребляются водные ресурсы в различных технологических процессах жизнедеятельности населения, необходимо решить сложную и амбициозную задачу – создание принципиально новых технологических схем использования водных ресурсов, в частности в сельскохозяйственном производстве на орошаемых землях.

Создание новых и совершенствование существующих технологий использования водных ресурсов на оросительных системах (ОС) Южного федерального округа, Северного Кавказа и других регионов России становится возможным, если максимально учитывать естественные процессы их формирования, внутрибассейновое распределение и транспортирование водного стока (поверхностного, подземного) к конкретным водопотребителям.

Так, использование энергии водного потока для выработки электрической энергии на водопроводящих, сопрягающих, регулирующих и сбросных гидротехнических сооружениях (ГТС) ОС малоизучено и, соответственно, недостаточно применяется в практических целях, в частности, для эксплуатации поливной техники, малых насосных станций, средств автоматизации, связи, освещения.

Действующие и создаваемые ОС в системном понимании представ-

ляют собой природно-технические системы (ПТС) «природная среда – объект деятельности – население» («ПС – ОД – Н»), в которых под объектом деятельности (ОД) рассматривается ОС, размещаемая в пространственных пределах бассейновой геосистемы, в которой формируются водные ресурсы. Так, на территории Ставропольского края действует 19 ОС с площадью орошаемых земель порядка 366 тыс. га, на которых расположено около 6800 ГТС различного функционального назначения, обеспечивающие отбор расчетных расходов воды из водоисточников, их транспортирование и распределение между водоопотребителями. При этом зоны влияния ОС затрагивают практически всю территорию Ставрополья (66,7 тыс. км²), где проживает население численностью 2801597 человек.

Анализ многолетнего опыта эксплуатации ОС, действующих на территории Ставропольского края с середины 30-х гг. прошлого века [1, 2], и результаты исследований последних лет (с учетом современных научных подходов [3–5]) позволяют утверждать необходимость совершенствования технологии производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях. Несовершенство методологических подходов в определенной мере обуславливается значительными затратами невозобновляемых источников энергии (НИЭ) и, соответственно, снижением рентабельности производимой сельхозпродукции.

В связи с этим целью настоящего исследования является оценка гидроэнергетических ресурсов и перспектив использования малой гидроэнергетики на существующих ГТС (на примере Ставропольского края) и дождевальных машинах ОС для обеспечения внутрисистемных потребностей в электроэнергии.

Известно, что гидроэнергетический потенциал, используемый малыми (мощностью от 100 до 25000 кВт) и микроГЭС (мощностью до 100 кВт), в полной мере не изучен, однако он может быть использован не только на водохранилищах, но и на перепадах крупных магистральных каналов

в пределах ОС. Так, микроГЭС может быть не только источником электроэнергии для работы насосных станций ОС, но и прямым приводом различных дождевальных машин.

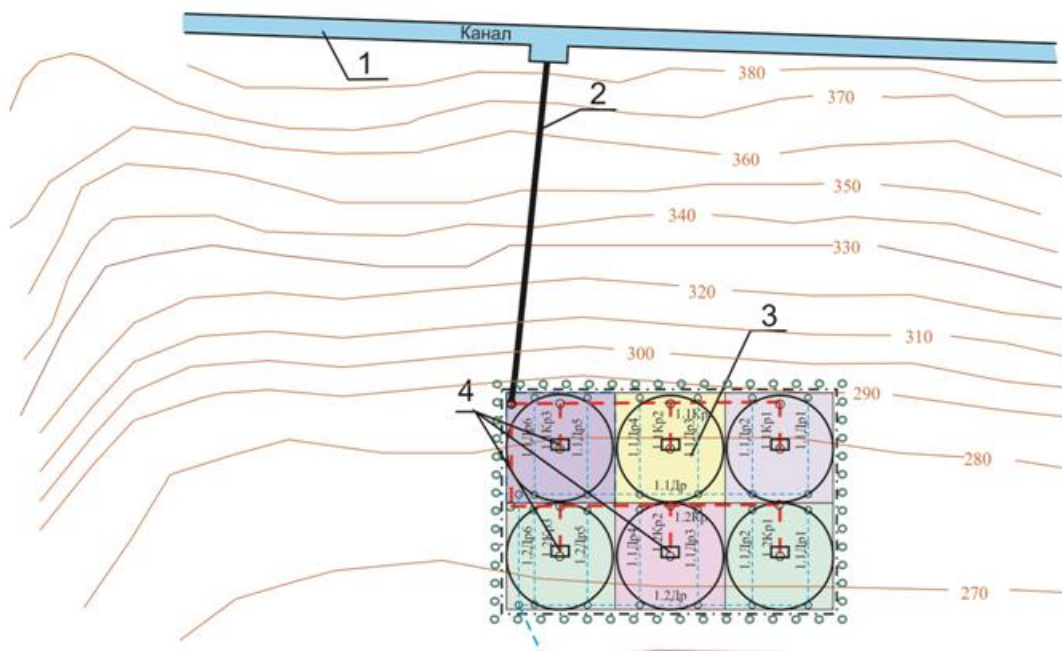
В России наибольший вклад в развитие малой гидроэнергетики в последние 20 лет внесли межотраслевое научно-техническое объединение «ИНСЭТ» (МНТО «ИНСЭТ») и публичное акционерное общество «Федеральная гидрогенерирующая компания – РусГидро» (ПАО «РусГидро») – российские компании по проектированию, производству, строительству и эксплуатации объектов малой гидроэнергетики как на территории России, так и в странах ближнего (страны Балтии, Белоруссия, Грузия, Таджикистан, Узбекистан) и дальнего зарубежья (Афганистан, страны Европы, Латинской Америки и пр.). Кроме того, в настоящее время имеются разработки мобильных микроГЭС мощностью до 50 кВт, которые создают напор 1–4 м и монтируются за 4–24 ч [6]. Уже имеется опыт использования таких установок на ОС в Ростовской области. Однако на 2010 г. в РФ используется около 1 % потенциальной мощности малой гидроэнергетики. Использование потенциала систем сброса воды и систем водоснабжения на территории РФ практически равно нулю [7]. В настоящее время малые гидроэлектростанции наиболее распространены в развитых странах. Зарубежный опыт показал, что при их использовании можно достичь значительной экономии топливных ресурсов и благоприятно решить серьезные экологические проблемы [8, 9].

Материалы и методы. Исследования рассматриваемых ОС Ставропольского края проводились с использованием системного подхода, при этом основным материалом для обоснования перспективных мест размещения малых и микроГЭС для выработки электроэнергии являлись конструктивные характеристики действующих ГТС в Ставропольском крае.

В 2016 г. сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» был проведен анализ ОС Ставропольского края с наличием перепадов уровней воды от 2 м и бо-

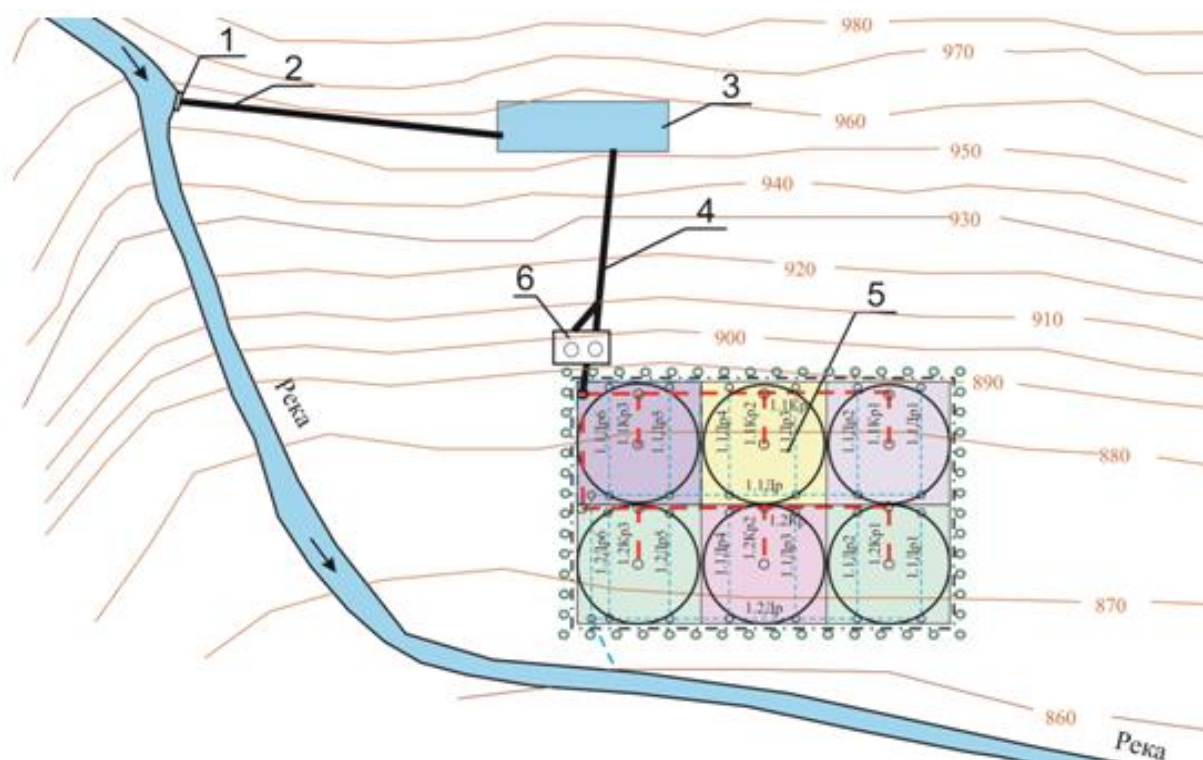
лее (быстротоков, концевых сбросов, перепадов и т. п.). Системным анализом базовых принципов на примере ОС Ставропольского края было установлено, что в применяемой технологии производства сельскохозяйственной продукции на действующих ОС и дождевальных машинах фронтального и кругового действия практически не используется потенциальная энергия водного потока сетевых водопроводящих и водосбросных ГТС.

Установлено, что для устойчивой функциональной работы дождевальных машин рабочее давление в подводящих трубопроводах должно обеспечиваться в пределах от 2 до 6 атм, которое создается стационарными или передвижными насосными станциями. Исследованиями, проведенными в пределах, действующих ОС Ставропольского края, было определено, что создание необходимого рабочего давления в подводящем к дождевальной машине трубопроводе можно обеспечить путем использования естественного рельефа земной поверхности (рисунок 1) или устройства напорного резервуара воды на задаваемых отметках ОС (рисунок 2).



1 – канал; 2 – напорный трубопровод; 3 – дождевальные машины; 4 – микроГЭС на подводящем трубопроводе дождевальной машины

Рисунок 1 – Технологическая схема использования микроГЭС для дождевальной машины на участке деривации оросительной системы с трубопроводом



1 – водозабор; 2 – подводный трубопровод (канал); 3 – бассейн суточного регулирования; 4 – напорный трубопровод; 5 – орошаемый участок; 6 – микроГЭС

Рисунок 2 – Технологическая схема работы дождевальных машин от микроГЭС с напорным резервуаром суточного регулирования

Для функционального передвижения дождевальной машины по орошаемому участку в настоящее время применяются дизель-генераторные установки, размещаемые непосредственно на машине (рисунок 3) [10]. Такое конструктивное решение в энергоэнтропийном рассмотрении снижает уровень экологической приемлемости и безопасности при использовании НИЭ в виде нефтепродуктов [11]. В результате это определяет необходимость более полного использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Результаты и обсуждение. Использование ВИЭ в системной взаимосвязи с естественным характером земной поверхности, на которой размещается действующая ОС, позволило создать технологическую схему, в которой управление работой и функциональное перемещение дождевальной машины может осуществляться на основе микроГЭС, устанавливаемой непосредственно на подводном трубопроводе дождевальной машины (рисунок 4).



Рисунок 3 – Дождевальная машина с дизель-генераторной установкой (автор фото – Ю. Ф. Снопич)

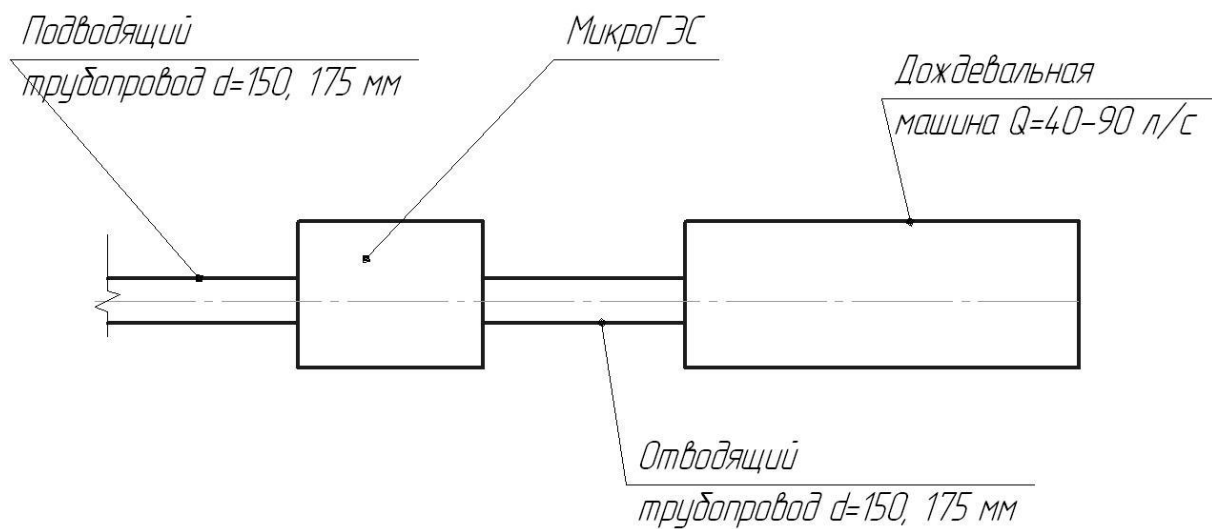


Рисунок 4 – Схема функциональной работы микроГЭС для дождевальной машины

В случае использования микроГЭС для дождевальной машины необходимо учитывать потери напора на гидроагрегате, которые зависят от его установленной мощности. В таблице 1 приведены значения рабочего напора в трубопроводе, расход воды в дождевальной машине, по которым можно определить установленную мощность микроГЭС, при этом рабочий напор в трубопроводе машины должен быть не менее 2 атм (20 м вод. ст.).

Таблица 1 – Технические характеристики базовых параметров микроГЭС для дождевальных машин

| Расход, л/с | Напор водяного столба, м | | | | |
|-------------|--------------------------|------|------|------|------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| | Мощность микроГЭС, кВт | | | | |
| 40 | 6,4 | 9,6 | 12,8 | 16,0 | 19,2 |
| 50 | 8,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 24,0 |
| 60 | 9,6 | 14,4 | 19,2 | 24,0 | 28,8 |
| 70 | 11,2 | 16,8 | 22,4 | 28,0 | 33,6 |
| 80 | 12,8 | 19,2 | 25,6 | 32,0 | 38,4 |
| 90 | 14,4 | 21,6 | 28,8 | 36,0 | 43,2 |
| 100 | 16,0 | 24,0 | 32,0 | 40,0 | 48,0 |

На рисунке 5 представлена общая схема реализации выработки на микроГЭС электрической энергии для эксплуатации дождевальной машины (кругового действия).

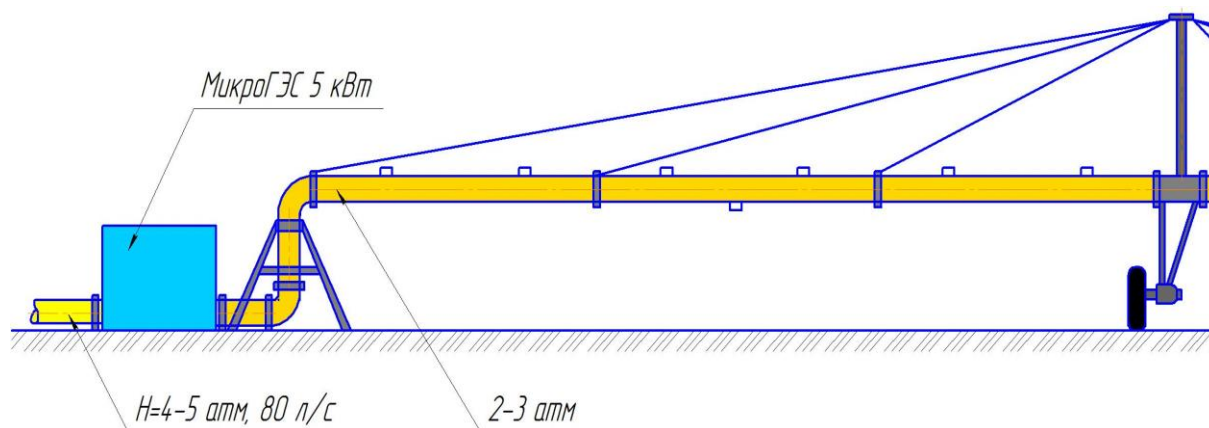


Рисунок 5 – Схема реализации выработки электрической энергии на микроГЭС, установленной на подводящем трубопроводе дождевальной машины кругового действия (заявка на изобретение № 2017111556)

Таким образом, системное взаимодействие ВИЭ с природными (почвенным покровом) и техногенными (ГТС, дождевальной техникой) компонентами обуславливает собой функциональное единство в технологическом процессе преобразования энергии, необходимой для сельскохозяйственного производства. Установлено, что чем в большей степени техногенные компоненты будут адаптированы к естественным процессам преобразований форм энергии, тем в большей степени будет спрос на проводимую хозяйственную деятельность по использованию водных ресур-

сов. Технология, связанная с манипулированием процессами взаимодействия между природными и техногенными компонентами в составе ПТС, с одной стороны, обеспечивает повышение уровня экологической приемлемости и безопасности, с другой стороны, может рассматриваться как природоподобная техническая система (ППТС) «ПС – ОД – Н» с принципиально новыми техническими характеристиками, функциональными отличительными особенностями (применительно к действующим ОС – это необходимая возможность управления процессами взаимодействия между природными и техногенными компонентами в зонах влияния ОД). Управление этими процессами в рассматриваемой ППТС (примером которой является ОС Ставрополя) обеспечивает повышение ее коэффициента полезного действия путем более полного использования ВИЭ.

В задачу оценки внутрисистемных гидроэнергетических ресурсов ОС Ставропольского края входило определение энергии и мощности водного потока, а также расчет возможной годовой выработки электроэнергии и мощности малых или микроГЭС. Это выполнялось следующим образом. В течение времени t , с, через произвольно избранное поперечное сечение 1–1 канала пройдет объем воды W , м³, с расходом Q , м³/с, то есть $W = Q \cdot t$.

Полная энергия потока воды на рассматриваемом участке канала $\mathcal{E}_{\text{уч}}$, Дж, (между сечениями 1–1 и 2–2) определяется по уравнению Бернулли (1):

$$\mathcal{E}_{\text{уч}} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = \left(Z_1 - Z_2 + \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2 - \alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} \right) \cdot Q \cdot t \cdot \rho \cdot g, \quad (1)$$

где Z_1 и Z_2 – расстояние от свободной поверхности до плоскости сравнения, м;

P_1, P_2 – давление на свободную поверхность, Н/м²;

ρ – плотность воды, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

α_1, α_2 – коэффициенты Кориолиса;

V_1, V_2 – скорость потока в сечениях 1–1 и 2–2 соответственно, м/с;

t – время, с.

Мощность водного потока $N_{\text{уч}}$, Вт, на рассматриваемом участке канала определяется выражением (2):

$$N_{\text{уч}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{уч}}}{t} = \left(Z_1 - Z_2 + \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2 - \alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} \right) \cdot Q \cdot \rho \cdot g, \quad (2)$$

где $Z_1 - Z_2$ – характеризует изменение энергии высотного положения;

$\frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g}$ – характеризует изменение энергии давления;

$\frac{\alpha_1 \cdot V_1^2 - \alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g}$ – характеризует изменение величины кинетической

энергии потока.

Разностью $Z_1 - Z_2$ устанавливается падение уровня свободной поверхности потока воды в пределах рассматриваемого участка $H_{\text{уч}}$, м, тогда энергия потока воды на расчетном участке канала $\mathcal{E}_{\text{уч}}$, кВт·ч, определяется выражением (3):

$$\mathcal{E}_{\text{уч}} = H_{\text{уч}} \cdot W \cdot \rho \cdot g, \quad (3)$$

а мощность водного потока на участке $N_{\text{уч}}$, кВт, (4):

$$N_{\text{уч}} = H_{\text{уч}} \cdot Q \cdot \rho \cdot g. \quad (4)$$

С учетом соотношения $1 \text{ кВт} = 102, \text{ кгс} \cdot \text{м} / \text{с}$ и плотности воды $\rho = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3$ выражение для мощности (4) примет вид:

$$N_{\text{уч}} = 9,81 \cdot H_{\text{уч}} \cdot Q. \quad (5)$$

Расчет выработки электроэнергии $\mathcal{E}_{\text{ГЭС}}$, кВт ч производится по формуле (6):

$$\mathcal{E}_{\text{ГЭС}} = \frac{H_{\text{нетто}} \cdot W \cdot \eta_{\text{эн.обор}}}{367,2}, \quad (6)$$

где $H_{\text{нетто}}$ – напор воды, подведенный к гидротурбине, м.

$$H_{\text{нетто}} = H_{\text{бр}} - \sum h_{\text{пот}}, \quad (7)$$

где $H_{\text{бр}}$ – действующий напор, м;

$\sum h_{\text{пот}}$ – сумма гидравлических потерь напора воды, м.

$$H_{\text{бр}} = \left(H_{\text{ст}} + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2 - \alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} \right), \quad (8)$$

где $H_{\text{ст}}$ – разность статических уровней воды в верхнем и нижнем створах рассматриваемого участка, м.

$$\eta_{\text{эн.обор}} = \eta_{\text{турб}} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{ген}} \cdot \eta_{\text{тр}}, \quad (9)$$

где $\eta_{\text{эн.обор}}$ – КПД гидроэнергетического оборудования;

$\eta_{\text{турб}}$ – КПД турбины, $\eta_{\text{турб}} = 0,8–0,9$ (с. 12 [12]);

$\eta_{\text{мех}}$ – КПД механической передачи, $\eta_{\text{мех}} = 0,7–0,9$ (с. 140 [13]);

$\eta_{\text{ген}}$ – КПД генератора, для малых гидротурбин $\eta_{\text{ген}} = 0,96–0,97$ (с. 104 [13]), для одногирляндных ГЭС $\eta_{\text{ген}} = 0,75–0,9$ (с. 140 [13]);

$\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансформатора, $\eta_{\text{тр}} = 0,9–0,98$.

Мощность гидроэлектростанции $N_{\text{ГЭС}}$, кВт определяется по формуле (10):

$$N_{\text{ГЭС}} = 9,81 \cdot H_{\text{нетто}} \cdot Q \cdot \eta_{\text{эн.обор}}. \quad (10)$$

Удельное потребление воды малой или микроГЭС на выработку 1 кВт ч электроэнергии или 1 кВт мощности выражается величинами

удельного объема воды $\omega_{\text{уд}} = \frac{W}{\mathcal{E}_{\text{ГЭС}}}$, м³/кВт ч и удельного расхода воды

$q_{\text{уд}} = \frac{Q}{N_{\text{ГЭС}}}$, м³/с на 1 кВт, тогда получаем:

$$\omega_{\text{уд}} = \frac{367,2}{H_{\text{нетто}} \cdot \eta_{\text{эн.обр}}}, \quad (11)$$

$$q_{уд} = \frac{1}{9,81 \cdot H_{\text{нетто}} \cdot \eta_{\text{эн.обор}}}. \quad (12)$$

Величины удельной выработки электроэнергии $\mathcal{E}_{уд}$, кВт ч/м³ и удельной мощности $N_{уд}$, кВт с/м³ определяются обратными величинами $\omega_{уд}$ и $q_{уд}$:

$$\mathcal{E}_{уд} = \frac{H_{\text{нетто}} \cdot \eta_{\text{эн.обор}}}{367,2}, \quad (13)$$

$$N_{уд} = 9,81 \cdot H_{\text{нетто}} \cdot \eta_{\text{эн.обор}}. \quad (14)$$

На основе расчетов по формулам (1)–(14) можно определять потенциальные гидроэнергетические ресурсы водохозяйственных объектов, что и было проведено с целью установления гидроэнергетического потенциала ОС Ставропольского края.

На основе расчетов выявлено, что перспективными створами для устройства как малых, так и микроГЭС в Ставропольском крае являются около 30 функционирующих ГЭС на ОС, а также четыре перепада на р. Б. Егорлык и один на р. Кума.

Показатели суммарной мощности и производства электроэнергии на малых и микроГЭС ОС Ставропольского края предварительно оцениваются в 128,46 МВт в год. Кроме того, по результатам водно-энергетических расчетов проведен подбор основного гидротурбинного оборудования и определен период работы каждой ГЭС (таблица 2).

На основании анализа технико-эксплуатационных карт мелиоративных систем Ставропольского края определено суммарное годовое количество электроэнергии (таблица 3), потребляемой ОС края в 2015 году (включая электроэнергию, потребляемую насосными станциями, техникой, производственными зданиями ФГБУ и другими потребителями в пределах ОС).

Таблица 2 – Характеристика перспективных малых и микроГЭС на ОС в Ставропольском крае

| Месторасположение ГЭС, водоток | Напор, м | Среднегодовой расход, м ³ /с | Установленная мощность, МВт | Годовая выработка электроэнергии, млн кВт ч | Режим работы ГЭС |
|---|------------|---|-----------------------------|---|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Горько-Балковской быстроток (ПК 1113+30), Терско-Кумского канала | 31,60 | 38,0 | 11,80 | 69,00 | С апреля по ноябрь |
| Кумский перепад (ПК 1439+74) Терско-Кумского канала | 20,50 | 38,0 | 7,60 | 44,70 | С апреля по ноябрь |
| Терско-Кумская ОС, донный водовыпуск Орловского водохранилища на р. Куре | 17,00 | 20,0 | 3,30 | 29,20 | Круглогодично |
| Терско-Кумская ОС, быстроток на Большом Левобережном канале | ≈4,00–6,00 | 4,6 | 0,23 | 1,30 | С апреля по ноябрь |
| Терско-Кумская ОС, сброс Большого Левобережного канала | ≈4,00–6,00 | 4,6 | 0,23 | 1,30 | |
| Терско-Кумская ОС, регулятор-быстроток (ПК 0 – ПК 120) на Большом Левобережном канале | ≈4,00–6,00 | 4,6 | 0,23 | 1,30 | |
| Магистральный канал БСК-4, быстроток длиной 5,9 км (ПК 519+19 – ПК 578) | 82,77 | 53,0 | 43,00 | 37,70 | Круглогодично |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 1 (ПК 38+00) | 2,75 | 78,1 | 2,10 | 18,40 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 2 (ПК 41+50) | 2,75 | 78,1 | 2,10 | 18,40 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 3 (ПК 47+80) | 4,00 | 78,1 | 3,10 | 26,80 | |
| Магистральный канал БСК-4, сбросной канал в р. Калаус (ПК 51+15,2) | 48,26 | 5,0 | 2,40 | 20,70 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 4 (ПК 55+00) | 4,00 | 78,1 | 3,06 | 26,80 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 5 (ПК 85+00) | 4,00 | 72,5 | 2,80 | 24,90 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 6 (ПК 107+10) | 2,75 | 81,8 | 2,20 | 19,30 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 7 (ПК 116+10) | 2,75 | 81,8 | 2,20 | 19,30 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 8 (ПК 127+10) | 4,00 | 81,8 | 3,20 | 28,10 | |
| Магистральный канал БСК-4, перепад № 9 (ПК 141+60) | 2,75 | 81,8 | 2,20 | 19,30 | |
| Магистральный канал БСК-4, сброс в б. Камбулат (концевой сброс БСК-4) | 23,27 | 53,0 | 12,10 | 16,00 | |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------|-------|--------|--------|--------------------|
| ОС БСК-4, Елизаветинский распределитель, быстроток № 1 | 46,00 | 15,0 | 6,80 | 39,60 | Апрель – ноябрь |
| ОС БСК-4, Елизаветинский распределитель, быстроток № 2 | 16,00 | 15,0 | 2,35 | 13,80 | |
| ОС БСК-4, Елизаветинский распределитель, быстроток № 3 | 8,33 | 15,0 | 1,22 | 7,17 | |
| ОС БСК-4, Елизаветинский распределитель, быстроток № 4 | 17,64 | 15,0 | 2,59 | 15,20 | |
| ОС БСК-4, Елизаветинский распределитель, быстроток № 5 | 9,92 | 15,0 | 1,46 | 8,55 | |
| ОС БСК-4, Светлоградский распределитель, быстроток № 3 | 6,00 | 11,0 | 0,65 | 3,79 | |
| ОС БСК-4, Айгурский распределитель, быстроток № 1 | 4,00 | 4,3 | 0,17 | 0,99 | |
| ОС БСК-4, Айгурский распределитель, быстроток № 2 | 45,00 | 4,3 | 1,90 | 11,11 | |
| ОС БСК-4, Айгурский распределитель, быстроток № 3 (концевой сброс) | 26,00 | 2,2 | 0,56 | 3,28 | |
| ОС БСК-4, Чапаевский распределитель, быстроток № 1 | 10,00 | 4,3 | 0,42 | 2,47 | |
| ОС БСК-4, Чапаевский распределитель, быстроток № 2, совмещенный с концевым сбросом в пруд Чапаевский | 68,00 | 4,3 | 2,87 | 16,80 | |
| Невинномысский канал, концевой сброс в Сенгелеевское водохранилище на р. Егорлык (ПК 484+13) | 27,31 | 135,0 | 3,62 | 31,68 | Круглогодично |
| Всего по Ставропольскому краю | | | 128,46 | 515,04 | |

Таблица 3 – Показатели потребления электроэнергии оросительными системами Ставропольского края

| Наименование системы | Годовое потребление электроэнергии, кВт ч | Перспективная годовая выработка электроэнергии на ГТС ОС, кВт ч |
|-------------------------------|---|---|
| Невинномысская | 388490,0 | 515040000 |
| Терско-Кумская | 131957,0 | |
| Право-Егорлыкская | 304805,0 | |
| Лево-Егорлыкская | 62663,0 | |
| Караногайская | 67935,0 | |
| Егорлыкская | 40385,0 | |
| Левокумская | 18304,0 | |
| Кумская | 85393,0 | |
| Арзгирская | 7366,0 | |
| Садово-Закумская | 10938,0 | |
| Плаксейская | 893,0 | |
| Архангельская | 8943,0 | |
| Прикумская | 139285,0 | |
| Междуречье Кубань-Егорлыкская | 67984,2 | |
| Родниковская | 43750,0 | |
| Большой Ставропольский канал | 606479,0 | |
| Всего | 1985570,2 | |

Учитывая, что значение перспективной годовой выработки электроэнергии на гидротехнических сооружениях ОС Ставропольского края (515040000 кВт ч) много больше суммарного показателя годового потребления (1985570,2 кВт ч), можно заключить, что полученной электроэнергией можно обеспечить работу оросительной техники, насосных станций, средств автоматизации, связи в пределах ОС края.

Существенной проблемой на пути использования гидроэнергетического потенциала ОС являются присутствующая в России определенная региональная и юридическая раздробленность и различия интересов хозяйствующих в электроэнергетике компаний (как генерирующих, так и сбытовых).

В настоящее время необходимо создание отдельной отрасли ВИЭ, что возможно лишь под единым началом и при активном содействии государства (с. 153 [14]). В частности, необходима разработка и принятие нормативно-правовой и нормативно-технической базы документов, способствующей легализации, внедрению и устойчивому развитию малой гидроэнергетики в мелиорации.

Выводы

1 На примере ОС Ставропольского края рассмотрена возможность получения электроэнергии с использованием малых и микроГЭС для обеспечения потребностей в энергоснабжении дождевальной техники, насосных станций и других внутрисистемных объектов.

2 Рассмотренные в таблице 2 перспективные створы для устройства гидроэлектростанций позволяют сделать вывод о целесообразности производства электроэнергии, необходимой для работы ОС предгорных районов при сравнительно низкой себестоимости отпускаемой электроэнергии (1,80–2,40 руб./кВт ч).

3 Перспективная годовая выработка электроэнергии на внутрисистемных малых и микроГЭС (устраиваемых на ГТС) составила 515040000 кВт ч. Используя этот гидроэнергетический потенциал, можно обеспечить бесперебойную работу систем сельскохозяйственного водоснабжения, а также снизить затраты на производство сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1 Алтунин, В. С. Мелиоративные каналы в земляных руслах / В. С. Алтунин. – М.: Колос, 1979. – 255 с.

2 Запорожченко, Э. В. Инженерно-геологический опыт проектирования, строительства и эксплуатации первой очереди Большого Ставропольского канала / Э. В. Запорожченко. – Ставрополь: Ставропол. кн. изд-во, 1974. – 78 с.

3 Бондаренко, В. Л. Оценка перспектив использования возобновляемых источников энергии на базе малой гидроэнергетики в Ростовской области / В. Л. Бондаренко, Г. Л. Лобанов, А. В. Алиферов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс] – 2016. – № 3(23). – С. 166–184. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=424&id=435>.

4 Государственный доклад о состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 г. – М.: НИА-Природа, 2010. – 288 с.

5 Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России / В. Г. Николаев [и др.]; под ред. В. Г. Николаева. – М.: Атмограф, 2009. – 456 с.

6 Кашарин, Д. В. Область применения и обоснование параметров мобильных микроГЭС рукавного типа для малых водотоков / Д. В. Кашарин, М. А. Годин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2010. – № 20. – С. 142–148.

7 Безруких, П. П. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П. П. Безруких, Ю. Д. Арбузов, Г. А. Борисов [и др.]; под

общ. ред. П. П. Безруких. – СПб.: Наука, 2002. – 314 с.

8 Вахрушева, К. Итоги развития альтернативной энергетики в мире и в России в 2010 году [Электронный ресурс] / К. Вахрушева. – Режим доступа: http://bellona.ru/articles_ru/articles_2010/vie-2010, 2011.

9 Каргиев, В. М. Энергия будущего – возобновляемая энергия. Стратегия Европейского союза в области возобновляемых источников энергии / В. М. Каргиев // *Возобновляемая энергия*. – 2008. – № 3. – С. 2–3.

10 Снопич, Ю. Ф. Перспективные направления развития дождевальной техники / Ю. Ф. Снопич, В. Н. Щедрин, А. В. Колганов // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2003. – № 5. – С. 5.

11 Абакумов, В. А. Экологические модификации и критерии экологического нормирования / В. А. Абакумов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 18–40.

12 Обухов, С. Г. Микрогидроэлектростанции: курс лекций / С. Г. Обухов // ГОУ ВПО ТПУ. – Томск: ТПУ, 2009. – 63 с.

13 Михайлов, Л. П. Малая гидроэнергетика / Л. П. Михайлов, Б. Н. Фельдман, Т. К. Марканова; под ред. Л. П. Михайлова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 184 с.

14 Николаев, В. Г. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты проекта TACIS / В. Г. Николаев, С. В. Ганага, Р. Вальтер. – М.: Изд-во «Атмограф», 2009. – 455 с.

References

1 Altunin V.S., 1979. *Meliorativnyye kanaly v zemlyanykh ruslakh* [Meliorative channels in earthen beds]. Moscow, Kolos Publ., 255 p. (In Russian).

2 Zaporozhchenko E.V., 1974. *Inzhenerno-geologicheskiy opyt proyektirovaniya, stroitelstva i ekspluatatsii pervoy ocheredi Bolshogo Stavropolskogo kanala* [Engineering and geological experience in design, construction and operation of the first stage of the Greater Stavropol Canal]. Stavropol, Stavropol Publ., 78 p. (In Russian).

3 Bondarenko V.L., Lobanov G.L., Aliferov A.V., 2016. *Otsenka perspektiv ispol'zovaniya vozobnovlyayemykh istochnikov energii na baze maloy gidroenergetiki v Rostovskoy oblasti* [Assessment of the prospects of renewable energy use based on small hydropower in Rostov Region]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(23), pp. 166-184, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=424&id=435>. (In Russian).

4 *Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i ispolzovanii vodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2009 g.* [State report on state and use of water resources in the Russian Federation in 2009]. Moscow, NIA-Nature Publ., 2010, 288 p. (In Russian).

5 Nikolaeva V.G., 2009. *Perspektivy razvitiya vozobnovlyayemykh istochnikov energii v Rossii* [Prospects for renewable energy development in Russia]. Moscow, Atmograph Publ., 456 p. (In Russian).

6 Kasharin D.V., Godin M.A., 2010. *Oblast primeneniya i obosnovaniye parametrov mobilnykh mikro GES rukavnogo tipa dlya malykh vodotokov* [Application domain and justification of the parameters of portable small hydro-electric station of hand hose for minor streams]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State Architectural and Construction University. Series: Construction and Architecture], no. 20, pp. 142-148. (In Russian).

7 Bezrukikh P.P., Arbuzov Yu.D., Borisov G.A., 2002. *Resursy i effektivnost ispolzovaniya vozobnovlyayemykh istochnikov energii v Rossii* [Resources and efficiency of renewable energy sources in Russia]. Saint Petersburg, Science Publ., 314 p. (In Russian).

8 Vakhrusheva K., 2011. *Itogi razvitiya alternativnoy energetiki v mire i v Rossii v 2010 godu* [Results of alternative energy development in the world and in Russia in 2010]. Available: http://bellona.ru/articles_ru/articles_2010/vie-2010. (In Russian).

9 Kargiev V.M., 2008. *Energiya budushchego – vozobnovlyayemaya energiya. Strategiya Yevropeyskogo soyuza v oblasti vozobnovlyayemykh istochnikov energii* [Energy of the future – renewable energy. The strategy of the European Union in the field of renewable energy sources]. *Vozobnovlyayemaya energiya*. [The Renewable Energy], no. 3, pp. 2-3. (In Russian).

10 Snipich Yu.F., Shchedrin V.N., Kolganov A.V., 2003. *Perspektivnyye napravleniya razvitiya dozhdavalnoy tekhniki* [Perspective directions of the sprinkling technology development]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 5, pp. 5. (In Russian).

11 Abakumov V.A., 1991. *Ekologicheskiye modifikatsii i kriterii ekologicheskogo normirovaniya* [Ecological modifications and criteria of ecological rationing]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., pp. 18-40. (In Russian).

12 Obukhov S.G., 2009. *Mikrohidroelektrostantsii: kurs lektsiy* [Microhydroelectric power stations: a course of lectures]. GOU VPO TPU, Tomsk, TPU Publ., 63 p. (In Russian).

13 Mikhailov L.P., Feldman B.N., Markanova T.K., 1989. *Malaya gidroenergetika* [Small hydropower engineering]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 184 p. (In Russian).

14 Nikolaev V.G., Ganaga S.V., Walter R., 2009. *Perspektivy razvitiya vozobnovlyayemykh istochnikov energii v Rossii. Rezultaty proyekta TACIS* [Prospects for the renewable energy sources development in Russia. The results of the TACIS project]. Moscow, Atmograf Publ., 455 p. (In Russian).

Щедрин Вячеслав Николаевич

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: академик Российской академии наук, профессор

Должность: директор

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Shchedrin Vyacheslav Nikolayevich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor

Position: Director

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Бакланова Дарья Викторовна

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: начальник отдела

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: d.baklanova@bk.ru

Baklanova Darya Viktorovna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Head of the Department

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: d.baklanova@bk.ru

Бондаренко Владимир Леонидович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: ведущий научный сотрудник отдела ГТС и гидравлики

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: Priroda-ngma@mail.ru

Bondarenko Vladimir Leonidovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovskiy ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: Priroda-ngma@mail.ru

Лобанов Георгий Леонидович

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: lgl@novoch.ru

Lobanov Georgiy Leonidovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate professor

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovskiy ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: lgl@novoch.ru