

УДК 620.91(571.51)

*А.В. Бастрон, И.Н. Ермакова,  
Н.Б. Михеева*

**СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

*A.V. Bastron, I.N. Ermakova,  
N.B. Mikheeva*

**SOLAR ENERGY AS A RESOURCE OF DEVELOPMENT  
OF RURAL SETTLEMENTS OF KRASNOYARSK TERRITORY**

*Развитие сельского хозяйства зависит от многих факторов, и к числу главных следует отнести создание благоприятных, комфортных условий быта на селе. При этом важным является решение проблемы обеспечения сельских жителей горячей водой для удовлетворения гигиенических и бытовых нужд, хозяйственных нужд личных приусадебных хозяйств (ЛПХ) и фермерских (крестьянских) хозяйств. Из почти миллиона сельских жителей, проживающих в Красноярском крае, республиках Хакасия и Тыва, только небольшой процент, в основном живущих в районных центрах, имеет возможность круглогодично обеспечивать себя горячей водой в требуемом объеме. Для широкого внедрения и эффективного использования систем солнечного горячего водоснабжения (ССГВ) в сельских жилых домах, расположенных на территории Красноярского края, необходимо решить комплекс научных задач, связанных с изучением режимов поступления солнечной радиации на указанную территорию, обоснованием и выбором рациональных параметров и режимов работы ССГВ с учетом мест их установки. Объектом исследования являются системы солнечного горячего водоснабжения сельских бытовых потребителей и их применение для горячего водоснабжения сельских поселений, их экономическая эффективность и области применения для сельских поселений Красноярского края. При выполнении вышеперечисленных работ были использованы методы математического моделирования, аппараты алгебры и линейного программирования, система компьютерной математики Maple и методика экономической оценки инвестиций. Рассмотрены различные типы установок для ССГВ с целью использования в сельских жилых домах и дачных домиков садоводов для горячего водоснабжения, рассчитаны экономические показатели и определены области применения. Использование ССГВ для горячего водоснабжения в сельских поселениях Красноярского края может обеспечить комфортное проживание населения в условиях отсутствия централизованного электроснабжения, низкой его надежности, а также обеспечить частичную замену твердого топлива и газа.*

**Ключевые слова:** сельское поселение, горячее водоснабжение, капитальные вложения, себестоимость производства тепловой энергии.

*The development of agriculture depends on many factors, and among the main ones is the creation of favorable, comfortable living conditions in rural areas. Thus the solution of the problem of providing rural residents with hot water for satisfaction of hygienic and domestic needs, economic needs of the personal homestead farms (PHF) and farmer (country) farms is important. From nearly one million rural residents living in Krasnoyarsk Region, the Republics of Khakassia and Tyva only small percent which are generally living in regional centers has opportunity to provide themselves with hot water in demanded volume all year round. For widespread introduction and effective use of the systems of solar hot water supply (SSHWS) in rural houses located on the territory of Krasnoyarsk Region is necessary to solve the complex of scientific problems connected with studying of the modes of receipt of solar radiation on specified territory, justification and the choice of rational parameters and operating modes of SSHWS taking into account the places of their installation. The object of the research are systems of solar hot water supply of rural household consumers and their application for hot water supply of rural settlements, their economic efficiency and scopes for rural settlements of Krasnoyarsk Region. When performing above-mentioned works the methods of mathematical modeling, devices of algebra and linear programming, the system of computer mathematics of Maple and the technique of economic assessment of investments have been used. Various types of installations for SSHWS for the purpose of use in rural houses and country houses of gardeners for hot water supply are considered, economic indicators are calculated and the scopes are defined. Using SSHWS for hot water supply in rural settlements of Krasnoyarsk can provide comfortable accommodation of the population in the conditions of the lack of centralized power supply, its low reliability, and also provide partial replacement of solid fuel and gas.*

**Keywords:** rural settlement, hot water supply, capital investments, the cost of production of thermal energy.



В рамках реализации Государственной программы Красноярского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» рассматривается реализация подпрограмм «Устойчивое развитие сельских территорий» и «Поддержание садоводства, огородничества и дачного хозяйства». Проведены исследования использования систем солнечного горячего водо-

снабжения (ССГВ) для горячего водоснабжения с целью создания комфортных условий населения. Рассмотрены различные типы установок, предлагаемых на рынке, рассчитаны основные экономические показатели и определены области их применения.

Объектом исследования являются системы солнечного горячего водоснабжения сельских бытовых потребителей и их применение для горячего водоснабжения сельских поселений, их экономическая эффективность и области применения для сельских поселений Красноярского края. При выполнении вышеперечисленных работ были использованы методы математического моделирования, аппараты алгебры и линейного программирования, система компьютерной математики Maple и методика экономической оценки инвестиций.

В настоящее время актуальной задачей в АПК является обеспечение импортозамещения сельскохозяйственной продукции и сельскохозяйственного сырья с требованием повышения эффективности производства. Без привлечения квалифицированных кадров на село проблематично достигнуть этих целей. В сельских поселениях возникает необходимость улучшить условия проживания населения.

В Государственной программе Красноярского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» предусмотрена реализация подпрограммы «Устойчивое развитие сельских территорий» [4], целью которой является создание комфортных условий жизнедеятельности в сельской местности для «укрепления кадрового потенциала сельских территорий и активизации инвестиционной деятельности в АПК».

В России значительная доля овощей и фруктов производится в садоводческих товариществах граждан. В Государственной программе также предусмотрена реализация подпрограммы «Поддержание садоводства, огородничества и дачного хозяйства» целью которой является «стимулирование ведения на территории Красноярского края садоводства, огородничества и дачного хозяйства», задачей в реализации данной подпрограммы является «поддержка развития и содержания инфраструктуры территорий садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан» [4].

В рамках реализации подпрограмм целесообразно рассматривать для сельских жилых и дачных домов использование возобновляемых источников энергии, в том числе солнечного горячего водоснабжения [1, 5]. Это позволит обеспечить повышение комфортных условий проживания, а также снизить расходы на оплату энергоносителей и улучшить экологические показатели за счет снижения использования твердого топлива.

Автономные источники энергии могут обеспечивать освещение, работу бытовых приборов, подачу и подогрев воды, отопление как в сельских поселениях, так и в садоводческих товариществах.

Для определения областей применения ССГВ предложена методика и выполнены экономические расчеты себестоимости производства тепловой энергии при использовании различных типов установок, доступных на рынке [5]. В таблице 1 представлены их характеристики.

Таблица 1

**Исходные данные по ССГВ для возможности использования в сельских жилых домах**

Показатель	Тип установки			
	НМ-16x18/58	НМ-16x21/58	НМ-20x21/58	НМ-36x21/58
Эффективная площадь, м <sup>2</sup>	2	2,5	3,1	4,8
Объем бака, л	127	160	200	340
Мощность ТЭНа, кВт	1,5	1,5	1,5	3
Характеристика потребителя: – кол-во жителей, чел.	4	4	4	4
– норма расхода, л/(сут·чел.)	140	140	140	140
ЛПХ, л/сут	138	138	138	138
Месячная потребность в энергии для нагрева горячей воды, кВт·ч	495,7	495,7	495,7	495,7

Результаты моделирования количества тепловой энергии, вырабатываемой в течение года разными по производительности ССГВ сельских бытовых потребителей, и количества дополнительной электроэнергии, необходимой для энергообеспечения от внешнего источника электроснабжения на базе НМ-16x18/58, представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Выработка тепловой энергии ССГВ на базе НМ-16x18/58**

Месяц	Суммарная солнечная радиация, МДж/м <sup>2</sup>	Выработка тепловой энергии ССГВ, МДж/кВт·ч	Необходимое кол-во дополнительной энергии, кВт·ч
1	2	3	4
Январь	75	112,50/31,24	464,46
Февраль	163	244,50/67,90	427,80
Март	360	540,00/149,96	345,74
Апрель	469	703,50/195,36	300,34
Май	562	843,00/234,10	261,60

*Окончание табл. 2*

1	2	3	4
Июнь	654	981,00/272,42	223,28
Июль	628	942,00/261,59	234,11
Август	494	741,00/205,78	289,92
Сентябрь	302	453,00/125,80	369,90
Октябрь	180	270,00/74,98	420,72
Ноябрь	84	126,00/34,99	460,71
Декабрь	50	75,00/20,83	474,87
Всего за год	4021	6031,5/1674,95	4273,45

Аналогичные расчеты были произведены и для других типов установок.

Для эффективного горячего водоснабжения сельского жилого дома необходимо обосновать оптимальную структуру системы горячего водоснабжения, обеспечивающую минимальную стоимость тепловой энергии для потребителя.

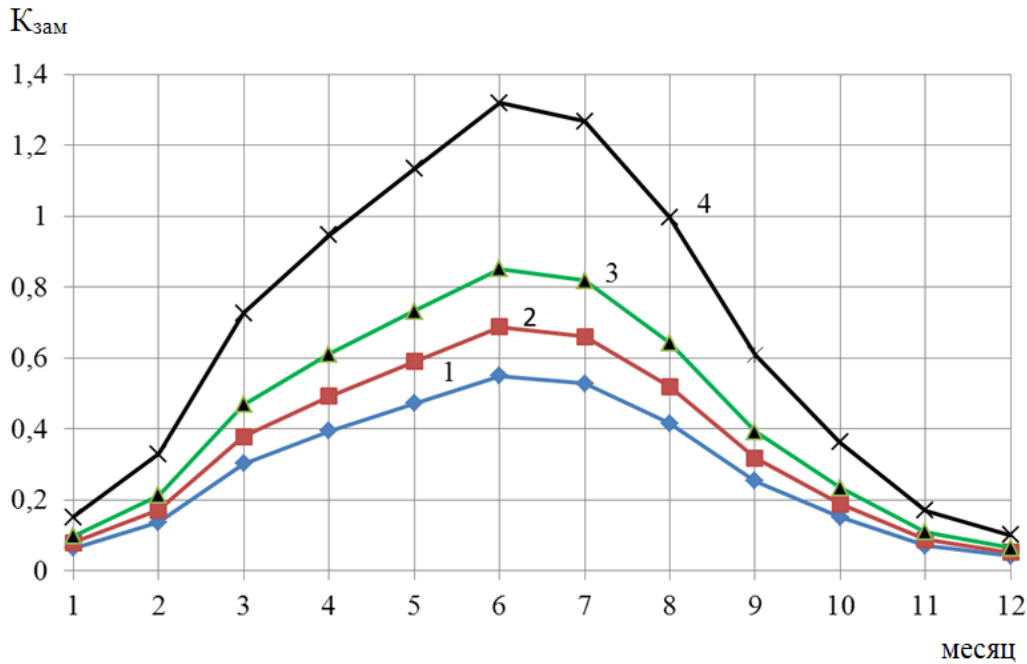
Использование возобновляемого источника энергии характеризуется большей экономической эффективностью и конкурентоспособностью по сравнению с традиционной системой горячего водоснабжения. Поскольку возобновляемая энергия используется совместно с традиционным источником, эффективность системы солнечного горячего водоснабжения характеризуется стоимостью энергии, получаемой от совместного использования солнечной энергии и традиционного источника энергии (электрической энергии, угля, газа, дров и т. п.).

Наиболее объективным энергетическим критерием эффективного использования солнечной энергии в ССГВ в течение года является коэффициент замещения  $K_{зам}$ , который определяется выражением [2]

$$K_{зам} = \frac{W_{ССГВ}}{W_{ГВС}} = \frac{W_{ССГВ}}{W_{ССГВ} + W_{ЭЭ}}, \quad (1)$$

где  $W_{ССГВ}$  – количество тепловой энергии, выработанной за месяц ССГВ, МДж/(кВт·ч);  $W_{ГВС}$  – суммарная тепловая энергия, потраченная на приготовление горячей воды в течение месяца ССГВ, полученная за счет СР и источника электрической энергии, МДж (кВт·ч);  $W_{ЭЭ}$  – недостающее количество тепловой энергии, потребленное из электрической сети для нагрева воды ТЭНом, МДж (кВт·ч).

Как показало моделирование, коэффициент замещения  $K_{зам}$  изменяется не только в течение года, но и в зависимости от типа (производительности) ССГВ (рис. 1). В нашем случае для ГВС сельских бытовых потребителей (сельского жилого дома с ЛПХ) рациональным следует считать использование ССГВ на базе НМ-20х21/58 (рис., кривая 3), так как в июне  $K_{зам} < 1$ .



Изменение коэффициента замещения  $K_{зам}$  в течение года в зависимости от типа ССГВ: 1 – НМ-16x18/58; 2 – НМ-16x21/58; 3 – НМ-20x21/58; 4 – НМ-36x21/58

Использование следующего типоразмера ССГВ на базе НМ-36x21/58 приведет к производству излишков горячей воды ( $K_{зам} > 1$ ) (рис., кривая 4) в мае, июне, июле. В данном случае либо необходимо найти сезонное применение горячей воде (подогрев воды в бассейне, летний душ и т. д.), либо, как показывает опыт ООО «СВС-Красноярск», придется сливать кипящую горячую воду в канализацию.

Доля потребной энергии, замещаемой возобновляемым источником, зависит от стоимости потребляемой энергии от возобновляемых ( $C_v$ ) и традиционных ( $C_m$ ) источников. В свою очередь, целесообразность использования возобновляемой энергии зависит от стоимости энергии, получаемой традиционным путем:

$$C_v \leq C_m. \quad (2)$$

Цены на энергоносители зависят от наличия энергоносителя в данной местности. Поэтому условия использования ССГВ зависят как от местных климатических условий, так и от социально-экономических условий развития региона.

Экономический эффект в системе солнечного горячего водоснабжения с резервированием от традиционного источника энергоснабжения ожидается за счет снижения стоимости энергии:

$$\mathcal{EK} = I_{год.внеш.} - I_{год}^{ССГВ}, \quad (3)$$

где  $ЭК$  – величина годового экономического эффекта, руб.;  $I_{год.внеш.}$  – затраты на энергоснабжение от внешнего источника, руб.;  $I_{год}^{ССГВ}$  – затраты при использовании системы солнечного горячего водоснабжения с резервированием от традиционного источника энергоснабжения, руб.

Для достижения ожидаемого экономического эффекта необходимо, чтобы дополнительные капиталовложения в ССГВ окупались в установленные сроки. Тогда в качестве экономической характеристики следует рассматривать и срок окупаемости дополнительных капиталовложений на использование ССГВ [3]:

$$T_{ок} = \frac{K_{ССГВ}}{ЭК}, \quad (4)$$

где  $K_{ССГВ}$  – капиталовложения в ССГВ, руб.

Экономический эффект подсистемы ВИЭ может быть определен как выручка от сэкономленного топлива или как экономия в оплате за теплоноситель за год работы ССГВ, за вычетом издержек на их эксплуатацию.

Экономический эффект зависит от вида ССГВ и площади солнечных коллекторов (СК).

Установки горячего водоснабжения сельских жилых домов с использованием солнечной энергии не претендуют на полное замещение энергозатрат на горячее водоснабжение, поэтому, как правило, применяются совместно с установками на традиционном топливе. Несмотря на множество методик оценки эффективного использования солнечной энергии, до сих пор отсутствует единый подход к определению эффективности таких систем.

Для системы комбинированного горячего водоснабжения необходимо определить стоимость энергии, вырабатываемой ССГВ. Она зависит от эксплуатационных затрат на установку горячего водоснабжения, которые складываются в основном из отчислений на реновацию, текущий ремонт и обслуживание:

$$I_{ССГВ} = I_{ам.} + I_{тр.обсл.} + I_{зн.} + I_{сн.} + I_{пр.}, \quad (5)$$

где  $I_{ам.}$  – амортизационные отчисления на реновацию, руб.;  $I_{тр.обсл.}$  – затраты на текущий ремонт и обслуживание, руб.;  $I_{зн.}$  – составляющая затрат на заработную плату, руб.;  $I_{сн.}$  – составляющая затрат на энергию на собственные нужды, руб.;  $I_{пр.}$  – прочие затраты, необходимые на содержание обслуживающего персонала, охрану труда, технику безопасности и прочее, руб.

В действительности затраты на использование солнечной энергии будут меньше. Во-первых, можно не учитывать затраты на заработную плату. Во-вторых, при использовании солнечной энергии снижается экологический ущерб, наносимый традиционными источниками. Учет экологического ущерба ведет к снижению затрат на энергоснабжение потребителей. Удельный экологический ущерб приведен в таблице 3.

Таблица 3

**Удельный экологический ущерб от использования органического топлива**

Теплогенерирующая установка	Ущерб окружающей среде, руб/кВт·ч
Котельная на угле	3,94
Котельная на мазуте	1,5
Котельная на дровах	1,07

Амортизационные отчисления на реновацию обычно выражают в процентах от суммарных капиталовложений и в общем случае определяют по формуле

$$I_{ам} = \alpha_{ам} \cdot K_{ССГВ}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{ам}$  – норма амортизации, %.

Долю амортизационных отчислений на реновацию определяют исходя из срока службы энергоустановок. При отсутствии точных данных срок службы для ССГВ рекомендуется принимать 15–20 лет.

Затраты на текущий ремонт определяются так:

$$I_{тр.обсл.} = \alpha_{тр} \cdot K_{ССГВ}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{тр}$  – доля отчислений на текущий ремонт.

Эти затраты возможно рассчитывать как  $I_{тр} = (0,20...0,25)I_{ам}$ .

Капиталовложения  $K_{ССГВ}$  на использование солнечной энергии в общем случае складываются из затрат на приобретение оборудования и строительно-монтажные работы. Для ССГВ капиталовложения можно определить по формуле

$$K_{ССГВ} = K_{стр} + K_{сн} + K_{ск} + K_{б} + K_{тр} + K_{куп}, \quad (8)$$

где  $K_{стр}$  – стоимость строительно-монтажных работ, руб.;  $K_{сн}$  – стоимость сантехнических работ, руб.;  $K_{ск}$  – стоимость солнечных коллекторов, руб.;  $K_{б}$  – стоимость баков-аккумуляторов и теплообменников, руб.;



$K_{тр}$  – транспортные расходы, руб.;  $K_{куп}$  – стоимость контрольно-измерительных приборов, руб.

В таблице 4 представлена структура затрат на ССГВ, предназначенную для горячего водоснабжения жилых домов, которые говорят о значительных резервах снижения капитальных затрат на стадии проектирования ССГВ.

Таблица 4

**Структура затрат на систему солнечного  
горячего водоснабжения, %**

Показатель	Значение
Строительные работы	30–40
Сантехнические работы	5–7
Солнечные коллекторы	30–50
Баки-аккумуляторы, теплообменники	15–18
Контрольно-измерительная аппаратура	1–3

Для проведения сравнительных расчетов величину  $K_{ССГВ}$  удобнее всего выразить через удельную стоимость солнечных коллекторов:

$$K_{ССГВ} = K_{уд} \cdot A_{ск} \cdot \gamma_{ГУ}, \quad (9)$$

где  $K_{уд}$  – удельная стоимость солнечного коллектора, руб/м<sup>2</sup>;  $A_{ск}$  – площадь солнечных коллекторов, м<sup>2</sup>;  $\gamma_{ГУ}$  – коэффициент, учитывающий стоимость строительно-монтажных работ и дополнительного оборудования ССГВ ( $\gamma_{ГУ} = 1,6$  для ГУ с баком из обычной стали,  $\gamma_{ГЭУ} = 2$  для ССГВ с баком из нержавеющей стали).

Расчет количества тепловой энергии, вырабатываемой ССГВ по месяцам года, ведется по формуле

$$T = Q_{мес} \cdot A_{ск} \cdot \eta, \quad (10)$$

где  $T$  – количество тепловой энергии, МДж;  $Q_{мес}$  – суммарная радиация, МДж/м<sup>2</sup>;  $A_{ск}$  – площадь солнечных коллекторов, м<sup>2</sup>;  $\eta$  – коэффициент полезного действия ССГВ.

Эквивалентное количество замещающей ССГВ энергии рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{ССГВ} = T \cdot \kappa_{пер}, \quad (11)$$

где  $\kappa_{пер}$  – коэффициент перевода (1 ГДж = 277,7 кВт·ч).

Годовая потребность сельского жилого дома в электрической энергии на горячее водоснабжение определяется исходя из количества человек, проживающих в нем, и норм расхода на одного человека.

Дополнительная потребность в электроэнергии на горячее водоснабжение определяется формулой

$$\mathcal{E}_{доп} = \mathcal{E}_{пот} - \mathcal{E}_{ССГВ}, \quad (12)$$

где  $\mathcal{E}_{пот}$  – годовая потребность в электроэнергии на горячее водоснабжение, кВт·ч.

Капиталовложения в ССГВ определяются как

$$K_{ССГВ} = K_{об} + K_{м} + K_{проч}, \quad (13)$$

где  $K_{об}$  – стоимость оборудования ССГВ;  $K_{м}$  – затраты на монтаж;  $K_{проч}$  – прочие затраты, связанные с приобретением ССГВ ( $K_{м} = 0,2 K_{об}$ ,  $K_{пр} = 0,1 K_{об}$ ).

Годовые затраты на эксплуатацию ССГВ определяются по формуле

$$I_{ССГВ} = I_{ам} + I_{т.р.обсл.} + I_{проч.}, \quad (14)$$

где  $I_{ам}$  – амортизационные отчисления, руб/год;  $I_{т.р.обсл.}$  – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание ССГВ.

$$I_{ам} = \frac{\alpha_{ам} \cdot K_{ССГВ}}{100}; \quad I_{т.р.обсл.} = 0,2 I_{ам}, \quad (15)$$

где  $\alpha_{ам}$  – норма амортизации, %.

$$\alpha_{ам} = \frac{1}{T_{сл}} 100, \quad (16)$$

где  $T_{сл}$  – срок службы ССГВ.  $T_{сл} = 15$  лет,  $\alpha_{ам} = 6,7$  %.

Себестоимость тепловой энергии, получаемой от ССГВ, следующая:

$$C = \frac{I_{ССГВ}}{\mathcal{E}_{ССГВ}}, \quad (17)$$

где  $C$  – себестоимость тепловой энергии, руб/кВт·ч;  $\mathcal{E}_{ССГВ}$  – годовая выработка тепловой энергии ССГВ, кВт·ч.

Затраты на дополнительное приобретение электроэнергии по месяцам

$$I_{\text{доп.мес.}} = \Delta_{\text{доп.}} \cdot \text{Тар}, \quad (18)$$

где  $\Delta_{\text{доп.}}$  – дополнительная потребность в электроэнергии, кВт·ч;  $\text{Тар}$  – тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч.

Годовые затраты по сельскому жилому дому на горячее водоснабжение при комбинированной системе

$$I_{\text{год}}^{\text{ССГВ}} = C_{\text{ССГВ}} \cdot \Delta_{\text{ССГВ}} + \text{Тар} \cdot \Delta_{\text{доп.}}, \quad (19)$$

где  $\text{Тар}$  – действующий тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч.

Годовые затраты по сельскому жилому дому на горячее водоснабжение от внешнего источника

$$I_{\text{год.внеш.}} = \text{Тар} \cdot \Delta_{\text{год.}} \quad (20)$$

Годовая экономия затрат на теплоснабжение при различных значениях тарифа на электроэнергию

$$\text{ЭК} = I_{\text{год.внеш.}} - I_{\text{год}}^{\text{ССГВ}}. \quad (21)$$

Срок окупаемости затрат на ССГВ сельского жилого дома

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{ССГВ}}}{\text{ЭК}}. \quad (22)$$

Себестоимость производства тепловой энергии ССГВ и сроки окупаемости единовременных затрат при различных значениях тарифов представлены в таблице 5. Основные экономические показатели ССГВ показаны в таблице 6.

Таблица 5

**Себестоимость производства тепловой энергии ССГВ  
и сроки окупаемости единовременных затрат при различных  
значениях тарифов**

Показатель	Усл. обозначения	НМ-16х18/58	НМ-16х21/58	НМ-20х21/58	НМ-36х21/58
1	2	3	4	5	6
Суммарная потребность в тепловой энергии, кВт·ч	$\Delta_{\text{год}}$	5948,4	5948,4	5948,4	5948,4
В т.ч. выработка ССГВ	$\Delta_{\text{ССГВ}}$	1674,9	2093,6	2596,1	4019,8

Окончание табл. 5

Дополнительная потребность в электроэнергии, кВт·ч	Э <sub>доп</sub>	4273,4	3854,7	3352,2	1928,5
Себестоимость тепловой энергии, вырабатываемой ССГВ, руб/кВт·ч	С	1,6	1,9	1,8	2,1
Затраты по сельскому жилому дому на комбинированное горячее водоснабжение при тарифе, руб.: 1,50 руб/кВт·ч	И <sub>ССГВ</sub>	9138,6	9703,9	9816,1	11456,7
2 руб/кВт·ч		11360,8	11708,3	11559,3	12459,5
3 руб/кВт·ч		15634,2	15563,0	14911,5	14388,1
5 руб/кВт·ч		24181,1	23272,5	21615,9	18245,1
Затраты по сельскому жилому дому на централизованное горячее водоснабжение при тарифе, руб.: 1,50 руб/кВт·ч	И <sub>внеш.</sub>	8803,6	8803,6	8803,6	8803,6
2 руб/кВт·ч		11896,8	11896,8	11896,8	11896,8
3 руб/кВт·ч		17845,2	17845,2	17845,2	17845,2
5 руб/кВт·ч		29742	29742	29742	29742
Годовая экономия затрат при тарифе, руб.: 1,50 руб/кВт·ч	ЭК	–	–	–	–
2 руб/кВт·ч		535,9	188,4	337,5	–
3 руб/кВт·ч		2210,9	2282,1	2933,6	3457,0
5 руб/кВт·ч		5560,8	6469,4	8126,0	11496,8
Суммарные капиталовложения, руб.	К <sub>ССГВ</sub>	31200	44200	53820	95290
Срок окупаемости при тарифе, лет: 1,50 руб/кВт·ч	Т <sub>ок</sub>	–	–	–	–
2 руб/кВт·ч	–	58,2	234,5	159,4	–
3 руб/кВт·ч	–	14,1	19,3	18,3	27,5
5 руб/кВт·ч	–	5,61	6,83	6,62	8,29

Таблица 6

**Основные экономические показатели ССГВ**

Показатель	Усл. обозначения	НМ-16x18/58	НМ-16x21/58	НМ-20x21/58	НМ-36x21/58
Цена ССГВ, тыс. руб.	К <sub>об</sub>	24	34	41,4	73,3
Затраты на монтаж, тыс. руб.	К <sub>м</sub>	4,8	6,8	8,28	14,66
Прочие затраты, тыс. руб.	К <sub>пр</sub>	2,4	3,4	4,14	7,33
Суммарные капиталовложения, тыс. руб.	К <sub>ССГВ</sub>	31,2	44,2	53,82	95,29
Срок службы, лет	Т <sub>сл</sub>	15	15	15	15
Норма амортизации, %	a <sub>ам</sub>	6,7	6,7	6,7	6,7
Затраты на амортизацию, тыс. руб/год	И <sub>ам</sub>	2,09	2,96	3,61	6,38
Затраты на ремонт и обслуживание, тыс. руб/год	И <sub>т.р.обсл.</sub>	0,42	0,59	0,72	1,28
Прочие затраты, тыс. руб/год	И <sub>проч.</sub>	0,31	0,44	0,54	0,95
Годовые эксплуатационные расходы по ССГВ, тыс. руб.	И <sub>ССГВ</sub>	2,82	4,00	4,87	8,61
Годовая выработка тепловой энергии ССГВ, кВт·ч	Э <sub>ССГВ</sub>	1674,95	2093,68	2596,17	4019,87
Себестоимость тепловой энергии, вырабатываемой ССГВ, руб/кВт·ч	С	1,68	1,91	1,87	2,14

**Выводы.** Результаты моделирования, выполненного для четырех ССГВ с вакуумированными СК, различающимися эффективной площадью СК, объемом бака и, соответственно, количеством получаемой тепловой энергии, а также различными значениями тарифов на электроэнергию, показали:

1. При существующей величине тарифа на электроэнергию для населения, проживающего в сельских населенных пунктах Красноярского края (1,74 руб./кВт·ч – по социальной норме и 2,77 руб./кВт·ч – сверх социальной нормы), использование ССГВ для горячего водоснабжения сельских бытовых потребителей с централизованным электроснабжением может быть оправдано.

2. В перспективе, при прогнозируемом росте тарифов на электроэнергию, система комбинированного ГВС дает определенный экономический эффект, значение которого зависит от типа ССГВ. Величина годового экономического эффекта будет зависеть не только от тарифа на электроэнергию от внешнего источника, но и от затрат на эксплуатацию ССГВ, которые, в свою очередь, зависят от ее стоимости. С учетом тенденции снижения стоимости ССГВ и увеличения тарифов в перспективе комбинированное ГВС сельских жилых домов будет конкурентоспособно по сравнению с электроводонагревателями.

3. Себестоимость производства тепловой энергии ССГВ лежит в пределах 1,5–1,9 руб/кВт·ч, что при использовании автономных систем электроснабжения, удаленных от электрических сетей сельских бытовых потребителей, обеспечит приемлемые сроки окупаемости затрат на создание системы комбинированного горячего водоснабжения.

4. Использование ССГВ для горячего водоснабжения в сельских поселениях Красноярского края может обеспечить комфортное проживание населения в условиях отсутствия централизованного электроснабжения, низкой его надежности, а также обеспечить частичную замену твердого топлива и газа.

### Литература

1. *Ахметжанов Р.А.* Повышение эффективности использования солнечной и ветровой энергии для теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2005. – 159 с.
2. *Бастрон А.В., Михеева Н.Б., Судаев Е.М.* Горячее водоснабжение сельских бытовых потребителей Красноярского края с использованием солнечной энергии / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 132 с.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / *В.В. Коссов* [и др.]. – 3-е изд., исправ. и доп. – М., 2008.
4. Об утверждении государственной программы Красноярского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» (с изменениями на 01.06.2018): постановление Правительства Красноярского края от 30 сентября 2013 года № 506-п. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/441678775>.
5. Солнечный водонагреватель НМ-16x18/58 // Солнечные водонагреватели. – URL: <http://svs-solar.ru/solnechnye-vodonagrevateli> (дата обращения: 12.10.2014).

## Literatura

1. *Ahmetzhanov R.A.* Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya solnechnoj i vetrovoj energii dlya teplosnabzheniya sel'skohozyajstvennyh potrebitelej: dis. ... kand. tekhn. nauk. – CHelyabinsk, 2005. – 159 s.
2. *Bastron A.V., Miheeva N.B., Sudaev E.M.* Goryachee vodosnabzhenie sel'skih bytovyh potrebitelej Krasnoyarskogo kraja s ispol'zovaniem solnechnoj energii / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. – Krasnoyarsk, 2016. – 132 s.
3. Metodicheskie rekomendacii po ocenke effektivnosti investicionnyh proektov / *V.V. Kossou* [i dr.]. – 3-e izd., isprav. i dop. – M., 2008.
4. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy krasnoyarskogo kraja «Razvitie sel'skogo hozyajstva i regulirovanie rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya» (s izmeneniyami na 01.06.2018): postanovlenie Pravitel'stva Krasnoyarskogo kraja ot 30 sentyabrya 2013 goda № 506-p. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/441678775>.
5. Solnechnyj vodonagrevatel' NM-16h18/58 // Solnechnye vodonagrevateli. – URL: <http://svs-solar.ru/solnechnye-vodonagrevateli> (data obrascheniya: 12.10.2014).

