



European Journal of Renewable Energy

Has been issued since 2016.
2016. 1(1). Issued 1 times a year

EDITORIAL BOARD

Volkov Aleksandr – Sochi State University, Sochi, Russian Federation (Editor in Chief)

Pashchenko Irina – Institute of Social and Economic Research of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

Sokolov Sergei – Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russian Federation

Teplov Ernst – Center of the complex security and justice, Saint-Petersburg, Russian Federation

Valleau Annick – University of Geneva, Geneva, Switzerland

Cherkasov Aleksandr – Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovakia

Journal is indexed by: **CrossRef** (UK), **OAJI** (Russian Federation)

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Postal Address: 1367/4, Stara Vajnorska str., Bratislava, Slovakia, Nove Mesto, 831 04

Website: <http://ejournal51.com/>
E-mail: sochio03@rambler.ru

Founder and Editor: Academic Publishing House Researcher s.r.o.

Passed for printing 16.12.16.
Format 21 × 29,7/4.

Headset Georgia.
Ych. Izd. l. 4,5. Ysl. pech. l. 4,2.

Order № 1.

© European Journal of Renewable Energy, 2016

European Journal of Renewable Energy

2016

Is.

1



European Journal of Renewable Energy

Издается с 2016 г.
2016. 1(1). Выходит 1 раз в год.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Волков Александр – Сочинский государственный университет, Сочи, Российская Федерация (Главный редактор)

Валлоу Анник – Женевский университет, Женева, Швейцария

Пашенко Ирина – Институт социально-экономических и гуманитарных исследований Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Соколов Сергей – государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Теплов Эрнст – Центр комплексной безопасности и права, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Черкасов Александр – Университет Матей Бела, Банска Быстрица, Словакия

Журнал индексируется в: **CrossRef** (Великобритания), **ОАИ** (Российская Федерация)

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Адрес редакции: 354000, 831 04, Словакия,
г. Братислава, Нове Место, ул. Стара
Вайнорска, 1367/4
Сайт журнала: <http://ejournal51.com/>
E-mail: sochio03@rambler.ru

Подписано в печать 16.12.16.
Формат 21 × 29,7/4.

Учредитель и издатель: Academic Publishing
House Researcher s.r.o.

Гарнитура Georgia.
Уч.-изд. л. 4,5. Усл. печ. л. 4,2.
Заказ № 1.

CONTENTS

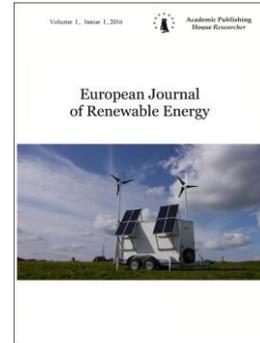
‘Sometimes, I feel as if we went a bit ahead of ourselves’: Evaluating Ghana’s Wholesale Electricity Market Model Michael Asiedu, Linda Baah, Jacob Owusu Sarfo	4
Modeling of Simple Controller for Solar Tracking System Ngo Xuan Cuong, Nguyen Thi Hong	11
Solar Water Heater and Phytotron for Nutritive Microalgae as an Example of Energy-Saving Technologies Vladimir N. Petrenko	20
Use of Bioenergy for Sustainable Development of Region on Example of the Udmurt Republic Maria A. Vyguzova, Anastasiia G. Kudriashova	29

Copyright © 2016 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Journal of Renewable Energy
Has been issued since 2016.
E-ISSN 2454-0870
2016, 1(1): 4-10

DOI: 10.13187/ejore.2016.1.4
www.ejournal51.com



Articles and Statements

UDC 004.4

‘Sometimes, I feel as if we went a bit ahead of ourselves’: Evaluating Ghana’s Wholesale Electricity Market Model

Michael Asiedu ^{a,*}, Linda Baah ^b, Jacob Owusu Sarfo ^c^a University of Ghana, Ghana^b Ghana Grid Co. Ltd., Ghana^c University of Cape Coast, Ghana

Abstract

Electricity is very crucial to both national and international development. This current study explored the perceptions of transmission customers regarding the Wholesale Electricity Market (WEM) model in Ghana. A semi-structured interview data from 5 Transmission Customers were collected by researchers. In order to increase the chances of the WEM’s successful implementation, the results identified excess generation capacity as key. On the contrary, in an environment of insufficient generation and a small market size, a WEM may lead to price hikes, unreliable and poor quality power supply. On the contrary, in an environment of insufficient generation and a small market size, a WEM may lead to price hikes, unreliable and poor quality power supply.

Keywords: Wholesale Electricity Market, Innovation, Success, Failure, Ghana.

Introduction

Both practitioners and scholars agree that electricity power is at the crux of industrialization, as it played an important role in the growth of most developed economies. Empirical evidence has associated power generation to the level of productivity, employment and government revenue generation. In this respect, countries with good power generation systems are often earmarked for higher productivity as a result of industrialization; higher employment rates as well as higher government revenue generation stemming from taxes and foreign exchange. In connection to this, both developing and underdeveloped countries have in recent times made attempts to restructure their power generation systems, which include generation, transmission and distribution of power; in order to improve their power situations. Therefore, governments have attempted to legislatively change the market structure of the electricity market across these lines (generation, transmission and distribution of power), in the order to increase the number of players as well as efficiency, cost, quality and reliability (Joskow, 2003).

In the wake of the recent power instability in the last decade, the government of Ghana enacted the Electricity Regulation 2008, which was to see to the establishment of a competitive

* Corresponding author

E-mail addresses: basiedum@gmail.com (M. Asiedu), lindabaah@gmail.com (L. Baah), sarfojo@yahoo.com (J.O. Sarfo)

WEM to facilitate wholesale electricity trading and provision of ancillary service on the National Interconnection Transmission System (NITS). This action was in reaction to the deteriorating industrial productivity and the heightening cost of power. This action suggests a business model innovation in the electricity markets, which will ultimately impact the number of players, generation of power and the contractual relationship between players in the industries. Consequently, this business model innovation is also expected to impact the cost, reliability and quality of power supply. The move to adopt the WEM can be considered as local and regional innovation in the electricity markets, especially in West Africa and Africa as a whole. Even though several restructuring activities in the electricity market has led to the privatization of the industry in most cases (Prabavathi, Gnanadass, 2015), the approach in Ghana considers the operation of a WEM system, which would comprise both bilateral and spot market operations but not concurrently.

Other models adopted across the continent are significantly different (Milciuviene, Tikniute, 2009). For example, Eberhard and Mtepa (2003) explain that the South Africa's restructuring model is a vertically integrated public utility, which has one dominant generator (ESKOM) directly supplying to customers. Hence, Ghana's decision to implement the WEM is an innovation within the local and regional context that can be emulated in the future should it be well implemented. With respect to the enactment of the Electricity Regulation 2008 in Ghana, several stakeholders have raised concerns about the appropriateness and timing of the Wholesale Electricity Market (WEM) business model innovation. In spite of the successful implementation of the Wholesale Electricity Market business model in some developed and developing countries; a cursory examination of the views of some practitioners and stakeholders suggests some skepticism with the implementation of the WEM model.

It is noteworthy that the adoption of the WEM signifies a significant shift from the monopoly market structure to a perfect competition. However, factors such as the limited number of power producers, long period of power plant construction, large size of capital investment, transmission constraints and transmission losses draws most restructured power market into an imperfect competitive market system more than a perfect competition market system. Despite these factors, the restructuring of the electricity market to a single market enhance competition, which ripple on to affect other factors such as cost and quality of power supply (Prabavathi, Gnanadass, 2015).

Also of note, some recent discussions in extant literature reveal that Electricity Market transformations are often reactive measures adopted in response to severe economic and technological changes. As a result, they force countries to adopt a restructuring program as a contingency plan to their power supply issues, and are therefore undertaken without the right considerations (Milciuviene, Tikniute, 2009). Hogan (2001) argues that the adequate operationalization of a restructured electricity market requires a consideration of the power systems in place, its size, reliability, demand, technical and commercial regulations at play, and the sensitivity of the public to price changes.

Some studies attribute the success of the implementation of most electricity market deregulation exercises to the competition that the exercise drives (Prabavathi, Gnanadass, 2015; Outhred, MacGill, 2006). In this respect, Outhred and MacGill (2006) expansively explains that a failure to set up a system that would foster competition at the production and distribution stages would adversely affect the success of the implementation. Thus, they attributed the main purpose of most deregulation policies with the creation and fostering of competition across all the stages of production and distribution; which will be by increasing generators (both on the spot market and bilateral contracts), distributors, wholesalers as well as retailers in the electricity market.

Furthermore, peculiar to the Australian electricity market, Outhred and MacGill (2006) explain that financial support market systems are necessary for the successful implementation of a Wholesale electricity market system. This may be a critical success factor necessary for the implementation of the WEM in some developing economies like Ghana. The purpose of this research is mainly to provide in-depth understanding of the concept of Wholesale Electricity Market as well as reveal the factors necessary for the successful implementation of the WEM. The results of this research may provide some useful information to stakeholders in the industry.

Methodology

Research Design

A qualitative research design was used to gather information for the study (Creswell, 2013). Since, this is the first time Ghana is seeking to implement the Wholesale Electricity Market, an explorative research was appropriate as it unveils a lot of new knowledge about the event. The study ultimately depends on primary data from the transmissions customers in the WEM market.

Population

The study Population included the 30 Transmission Customers. However, the sample frame for the study was 27 because three of the transmission customer including Togo and Burkina Faso are not situated in Ghana. Thus, the study focused primarily on transmission customers directly connected to the NITS.

Sample size and sampling procedure

To adequately investigate this research project, 27 direct customers including industry, distribution companies in Ghana were selected. The current study reached saturation after the 5th transmission customer. Table 1 show a summary of respondent characteristics.

Table 1. Respondent characteristics

Respondents	Consumption rate	Sector
Transmission customer 1	50MW/mth & 32GGWh/mth.	Mining
Transmission customer 2	980,000kWh monthly	Manufacturing
Transmission customer 3	880,000kWh monthly	Retail distributor
Transmission customer 4	700,000kWh monthly	Manufacturing
Transmission customer 5	400, 000kWh monthly	Community transmitter

Tools for Data Collection

Data was collected through the use of semi-structured interview guide. The interview guide had 8 items comprising of 3 segments namely; demographic of the respondents, success factors and mitigating factors.

Data analysis

Interpretative Phenomenological Analysis was employed to analyses the interview data. Beginning from the 1st respondent, interviews transcribed and analyzed individually for themes. The data collection and analysis were done concurrently up to the 5th respondent, at which point, theoretical data saturation had been attained.

The transcription process included playing the recording as well as writing out the data. Additionally, the transcribed information was perused several times to identify any inconsistencies and errors. Preliminary comments were completed, with other related probing comments. This allowed for the observation of themes, until all five interviews had been duly analyzed (Smith et al., 2009).

Results

Data analysis resulted in the emergence of two master themes; (i) success factors for the WEM implementation and (ii) conditions that will facilitate the failure of the WEM.

In an attempt to improve the readability of these verbatim extracts, some slight modifications were made. In addition, transcripts have been presented using fictitious names like transmission customer one (1), in an effort to maintain confidentiality. Dotted lines were used at the start or conclusion of an extract to show that the respondent was either talking prior to or subsequent to the extract.

Table 2 summarizes the master themes identified in the course of analysis: in this respect, three superordinate themes were identified under each of the success and mitigating factors master themes.

Table 2. Master Themes and related Superordinate Themes

Master Themes	Superordinate Themes
Success factors for the WEM implementation	Number of players (suppliers) in the market
	More Spot offers
	Flexibility to switch –Bilateral Contracts
Factors that mitigate the successful implementation of the WEM implementation	Inadequate financial support
	Insufficient power generation
	Small market size- size of market

Discussion

Master theme 1: Success Factors for the WEM Implementation

From results, this study identified some factors necessary for the successful implementation of the WEM. These included; the number of players in the market, more spot offers and flexibility to switch from one wholesale supplier to another under the bilateral contracts.

Number of Players (Suppliers) in the Market

A market consists of buyers and sellers. The number of generation companies available to supply power to meet demand was one of the key concerns of respondents. This is particularly true in these times of rolling blackouts in the country, which is mainly due to insufficient power generation to meet the demands of both industrial and domestic consumers. Currently buyers outnumber sellers on the market, and in comparison to the market for any other commodity, there is shortage of supply. Some respondents in expressing their frustration about the current power supply situation indicated that their current power supply has been reduced because of the shortage in power supply.

[...] we have been subject to about 33% reduction in the load. The real benefit of the WEM in my opinion will kick in when we have more supply than demand. (TC1)

In other words, a successful WEM requires more producers of electricity than consumers. More generation companies [this refers more to thermal producer in the bilateral markets] will induce competition (Haas, Auer, 2006), which will in turn result in more efficiency in generators. In effect, generators will eliminate activities that do not relate directly to their operation in order to reduce their cost, so as to remain competitive in terms of price. Additionally, the need for increase in the number of generators as a precondition for effective competition in the WEM is also emphasized by several scholars (Haas, Auer, 2006; Outhred, MacGill, 2006; Prabavathi, Gnanadass, 2015)

More Spot Offers

A significant amount of offers on the spot market will generate competition among suppliers and therefore drive down the price of electricity on the spot market. Respondents indicated their reluctance to engage in spot market transactions during the implementation of the WEM, especially if the WEM is operationalized under the current generation portfolio (insufficient generation to meet demand). As it stands, the insufficient generation in Ghana implies that the hydro will become the only source of generation on the spot market, and is also going to be traded at a higher margin. It is in this respect that some scholars have suggested that increasing the number of offers on the spot market will stir up competition and reduce prices in the long run. To this, one respondent indicated that for WEM to have a positive impact on the cost of electricity, there has to more than one spot offer.

[...] we found the Nordic situation to be really exciting. However, they've got excess capacity to the extent that I understand (you will have a lot more information) they started with a lot of bilateral market and relations as opposed to spot. But today it's even

flipped where today people are doing more Spot because it's more competitive than on the bilateral (TC1).

According to this respondent, this flip to the spot market without any challenges was because there were several offers on the spot market, making it more competitive. This view is affirmed in extant literature, as Haas and Auer (2006) asserts the need for competition to influence price and efficiency in power generation. Additionally, Outhred and MacGill (2006) called for an increase in competition from the production stage in the spot and bilateral markets, through to the distribution point, affirms this position.

Flexibility to switch – Bilateral Contracts

One other success factor identified by respondents is the ability to switch from one wholesale supplier to another, as well as the limited role of regulators in fixing price in order for the forces of demand and supply to work. Based on the premise of availability of sufficient generation, the bilateral contract must be structured such that a buyer is not bound by a power supply agreement, such flexibility will increase competition and hence present an opportunity for minimizing cost of power as much as possible. In this view, a respondent specified that

[...] The issue has to do with flexibility, where you are not bound by a PSPA, bilateral contract that you can opt out. TC4

Mater theme 2: Factors that Mitigate the Successful Implementation of the WEM Implementation. In contrast to the success factors mentioned above, the following conditions in the Electricity Supply Industry in Ghana will contribute to the failure of WEM's implementation. These include; insufficient power generation; a small market size and inadequate financial support. Some respondents acknowledge that a WEM in itself is not a bad idea. However, implementing a WEM under the current electricity supply environment characterized by the following factors will result ultimately in the failure of the system.

Inadequate financial support

This comes as a result of the pre-deposit arrangement policy for transactions on the spot market. In the WEM, transmission customers will be required by generators on the Spot market to pre-deposit for transactions in an attempt to reduce the risk of suppliers on the Spot market. In this respect some respondents expressed concern on them having to lock up funds that could have been used for other investments. One Transmission customer had this to say:

I think immediately I will say no, because I still think our market is not yet matured enough, because for us its actually money you are locking away. I know that there is a risk element for the supplier which we can also look at [...]. TC 1

Additionally, most of the respondents also agreed that this policy will adversely affect their finances and will bring most transmission under a lot of pressure. For example, for transmission customer 5, aside admitting that the pre-deposit policy was a plausible one, the respondent also specified that will have some adverse impact on the finances.

[...] I will fully support it, because it guarantees transactions and ensures that they can be implemented. But in our current situation I think it will put additional pressure [...]. TC 5

This view is affirmed in extant literature. For instance, Outhred and MacGill (2006) explains the importance of a financial market dedicated to the WEM. To further accentuate this point, the author also explains that Australia for example has two financial markets supporting their WEM system.

Insufficient Power Generation

As indicated in the above discussion the success of any market depends mostly on the availability of the product. Unavailability in generation under a WEM may result in the shortage of

power supply and thus allowing generators in the market to make their product available at uncompetitive prices. For example, one respondent notes that the invisible hand of demand and supply can only help with producing competitive prices if enough power would be generated by power producers:

When you have enough, where people's demand is met and they have excess or surplus - then the factors of supply and demand comes here. And price would be determined on that basis. Which I have always felt will take us a long time to achieve this because of our shortfall in energy. TC4

This view is affirmed in extant literature as Haas & Auer, (2006) note that excess generation and distribution capacity is necessary for the success of WEM; consequently, the opposite is true for the market.

Small Market Size

This size of Ghana ESI according to some respondents, is not ripe for a WEM. The size of a market affects the level of competition in a WEM. In this respect, the respondent indicated that the small size of the market. This was confirmed by the response below;

[...], I think it's a good step, but I think our market is small... sometimes, I feel as if we went a bit ahead of ourselves (TC1).

Extant literature has emphasized the size of the market in relation to wholesale consumers and end-users as a major contributor to success of the WEM. For instance, Haas & Auer (2006) and William Hogan (2001) explain that a large end-user market is important for the success of a wholesale market.

Conclusion

Ghana's electricity in its transition from a partial monopolistic market to a competitive market, has seen some major milestones. These include; setting up of regulatory agencies, deregulation, unbundling of the transmission from generation to form an independent transmission company and the establishment of a Wholesale Electricity Market under the Legislative instrument LI 1937. This qualitative research sought to determine the impact of the WEM on Transmission Customers. Five (5) Transmission Customers representing five Bulk Customers connected to the National Interconnected Transmission System were interviewed. These transmissions customers are participants in the WEM. In relation to the objectives of the study, two (2) master themes and their subordinated themes were identified.

The result indicated that the concept of the wholesale market for electricity in Ghana is a laudable idea. However, the provision of the law, most especially, the elimination of Hydro power generation from bilateral contracts will present challenges and make the cost of electricity procured from other sources via the bilateral contracts high. In order to increase the chance of the WEM's successful implementation, the current study identified excess generation capacity; more generation offering on the spot market and the ability to switch from one bilateral contract to another as the success factors that have to be ensured. Additionally, the current study suggests that some of the positive impact envisaged from the successful implementation of the WEM includes; competitive price for power resulting in lower electricity cost to Transmission Customers, reliable and quality power supply. In other words, a successful impact of the WEM will lead to an improvement in production, distribution and sale of electricity power. On the contrary, in an environment of insufficient generation and a small market size, a WEM may lead to price hikes, unreliable and poor quality power supply.

Recommendations

The results of the study have implication for industry, policy and research. Based on the results, the study makes the following recommendations.

Several foreign investors have been reluctant to invest in the electricity supply market of Ghana because of the size of market compared to other neighbors like Nigeria and Cote D'Ivoire.

In this respect, government should endeavor to roll out policies that will facilitate and attract investment into the industrial sector of Ghana.

Additionally, much effort should be channeled into ensuring availability of excess generation to meet demand. Additionally, in order to improve and to positively affect cost and generation of power, government may consider increasing the spot offers by allowing some private generators to participate in the spot market.

In order to increase chances of the WEM surviving and favorably affecting the participants of the market, there is a need for the government and other stakeholders to consider providing adequate financial support for WEM. This may be done by dedicating some financial institutions to the support of this market or creating a favorable environment for private financial institutions to consider venturing into sectors.

Even though the current study did not consider assessing the knowledge of the transmission customers' knowledge and awareness of the WEM, a cursory observation shows a low level of awareness. In this regard, future and further studies may consider assessing the awareness and knowledge level of transmission customers with regard to the WEM; as this may be critical to the success of WEM. Again, future studies may consider a census approach, where all 30 transmission customers in the country should be considered using a mixed method to provide a comprehensive analysis of the implementation of the WEM.

Conflict of Interest

The authors declare that there was no conflict of interest.

References

Eberhard, Mtepa, 2003 – Eberhard, A., Mtepa, M. (2003). Rationale for restructuring and regulation of a 'low priced' public utility: A case study of Eskom in South Africa. *International Journal of Regulation and Governance*, 3(2), 77-102.

Joskow, 2003 – Joskow, P. L. (2003). Electricity sector restructuring and competition: Lessons learned. *Cuadernos de economía*, 40(121), 548-558.

Milciuviene, Tikniute, 2009 – Milciuviene, S., Tikniute, A. (2009). Elektros perdavimo tinklo operatoriaus nuosavybės atskyrimas. *Engineering Economics*, 2(62), 82-90.

Haas, Auer, 2006 – Haas, R., Auer, H. (2006). The prerequisites for effective competition in restructured wholesale electricity markets. *Energy*, 31(6), 857-864.

Outhred, MacGill, 2006 – Outhred, H., MacGill, I. (2006). Electricity Industry Restructuring for Efficiency and Sustainability—Lessons from the Australian Experience. In *2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. Retrieved on November 12, 2016 from aceee.org/files/proceedings/2006/data/papers/SS06_Panel8_Paper19.pdf

Prabavathi, Gnanadass, 2015 – Prabavathi, M., & Gnanadass, R. (2015). Energy bidding strategies for restructured electricity market. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 64, 956-966.

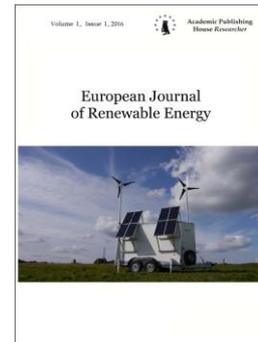
Smith et al., 2009 – Smith, A. D., Plowman, D. A., Duchon, D., Quinn, A. M. (2009). A qualitative study of high-reputation plant managers: Political skill and successful outcomes. *Journal of Operations Management*, 27(6), 428-443.

Copyright © 2016 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Journal of Renewable Energy
Has been issued since 2016.
E-ISSN 2454-0870
2016, 1(1): 11-19

DOI: 10.13187/ejore.2016.1.11
www.ejournal51.com



UDC 004.4 621.317.1

Modeling of Simple Controller for Solar Tracking System

Ngo Xuan Cuong ^{a,*}, Nguyen Thi Hong ^b

^a Hue University, Vietnam

^b Hue Industrial College, Department of Thermal and Refrigeration Engineering, Vietnam

Abstract

At the present time, all country of the world is very interested in renewable energy sources such as solar, wind, geothermal or tidal energy ..., solar energy is one of the most energy resource used wide spread. This paper presents a solution to make solar energy more viable, this is increasing the efficiency of the solar panel. The idea is to design a single-axis tracking system, which changes the position of the solar panel for maximizing the incident radiation on panel. Solar tracking system includes solar panel, light sensors, controller and one actuator. In this paper, we present an overview of solar tracking systems, light sensors, introduces the simple controller of the solar tracking systems using platform Arduino uno, present a control algorithm for this system, and conduct modeling of this controller using software Proteus. Simulations results conform to the technical requirements and posed control algorithm. We conducted manufacturing light sensor and controller. Check results show that this controller effective working and have high accuracy.

Keywords: controller, tracking systems, Arduino, Proteus, light sensor.

1. Введение

Использование солнечной энергии в мировой энергетической системе в последние годы динамично развивается. Сегодня созданы не только солнечные батареи, но и ряд приложений, которые позволяют увеличить получения солнечной энергии (*Redirecting Light*). В этой статье объект исследования относится к следящим системам солнечных батарей, включая контроллеры. Для повышения производительности устройства было проведено много исследований (*Hro, 2013*). Механизмы слежения по солнцу использованы для того, чтобы поставить лицевую сторону устройства всегда к солнцу и собрать наибольшее количество энергии. Система слежения по солнцу бывает одноосной (*Babu, Koteswarao, 2016; Das et al., 2014; Khan, 2010; Pammar, Santosh, 2014; Zubair et al., 2011*) или двухосной (*Alexandru, Pozna, 2010; Bajpai, Subhash, 2011; Bingöl et al., 2011*). Для управления требуется контроллер угла поворота. В работах (*Das et al., 2014*) исследована система, в которой используется микропроцессор оси P89V51RD2 и L293D для управления двигателем. В работе Арафат Хан использован микроконтроллер ATMEGA8 (*Khan, 2010*). В статье С. Зубайр изучали применение микроконтроллера AT89S51 для одноосной следящей

* Corresponding author

E-mail addresses: cuongngoxuan@gmail.com (Ngo Xuan Cuong),
hongnguyenbsu@gmail.com (Nguyen Thi Hong)

системы с датчиком освещенности, используемым LDR (Zubair et al., 2011). В работе Maruti Pammar использовался микроконтроллер ARM7 для контроля зарядки и ориентации (Pammar, Santosh, 2014). В труде Бабу и Koteswarao был использован чип AT89C51 и LDR для ориентации (Babu, Koteswarao, 2016). В публикации Alexandru C. и C. Pozna исследовано моделирование двухосных следящих систем для повышения производительности энергоустановки (Alexandru, Pozna, 2010). В труде Баджпай П. и Кумар С. разработана и представлена двухосная система на основе датчика света LDR и ATmega 32, используя управление от двигателя постоянного тока (Bajpai, Subhash, 2011). В работах Бингол Окан представлена модель двухосной поворотной системы, несмотря на сложные и дорогостоящие комплектующие, была незначительно повышена производительность (Bingöl et al., 2011). Работа Лу Нгок Танг, Министерства промышленности Вьетнама «Исследование, разработка автоматизированных систем для адаптации к положению солнца, чтобы повысить эффективность работы приборов с использованием солнечной энергии» рассматривает позиционирование одной оси. Оборудование включает в себя: электронный контроллер; Шаговый привод двигателя для передачи вращательного винта; Опорная рама панели солнечных батарей; Оптический датчик из фоторезисторов. Работа проводилась в Ханое, электронный контроллер не является оптимальным (Ly Ngoc Thang, 2013). В работе Нгуен Нян Бон «Алгоритм повышения производительности солнечных элементов и приложений» был улучшен алгоритм повышения эффективности солнечных элементов и, для обеспечения самой высокой производительности нужна система «направленного света» всегда вращаются солнечных панелей в направлении солнца. В этой работе использован контроллер, который включает в себя два компонента схемы датчика слежения и системы определения точки максимальной мощности (Nguyen Nhan Bon, 2014). В работе Нго Минь Хоа «Система диспетчерского и технологического управления солнечными панелями», использованы роботы,двигающиеся по рельсам, для поворота солнечных панелей к солнцу, чтобы эффективность использования энергии достигла максимального уровня (Ngo Minh Hoa). Эта система имеет много преимуществ, но чрезвычайно высока стоимость. В труде Динь Хонг Бо «Разработка и производство систем управления ориентации солнечных батарей» использовалась двухосная система, веб-камера в качестве датчика освещения, управление осуществлялось с помощью программного обеспечения matlab (Dinh Hong Bo et al., 2011). Необходимо отметить, что система была усложнена, рост производительности не значительно увеличился. На основе приведенного анализа, авторы сосредоточились на простом контроллере для одноосно следящей солнечной системы, остальные оси могут регулироваться вручную.

2. Содержание исследования

Основная цель этого проекта заключается в разработке простого контроллера для солнечных следящих систем с целью повышения эффективности солнечных батарей. Этот проект состоит из двух частей: аппаратного и программного обеспечения. Основные компоненты контроллера: датчик света, датчики тока и напряжения, Arduino, дисплей и цепь управления электродвигателями. Блок-схема контроллера показана на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема контроллера

2.1. Аппаратные средства

Аппаратные средства этого проекта включают в себя следующее оборудование: солнечные батареи, датчики света, двигатели постоянного тока и контроллеров с помощью Arduino.

2.1.1. Датчик света

Датчики света исследованы и сделаны с различными типами. На [рис. 2](#) приведена схема датчика света нескольких образцов для одноосных солнечных следящих систем ([Mousazadeh et al., 2009](#)). В этом проекте используется датчик света созданные на 2 фоторезисторах (Light Dependent Resistor LDR) и участок стенки блокирующего солнечного света, он представлен на [рис. 2.a](#). Фоторезистор (LDR) представляет собой резистор, значение которого зависит от интенсивности света, падающего на него. К двум фоторезисторам добавляется два дополнительных резистора 1к, чтобы образовать мостык потенциометр, выходное напряжение датчиков, который становятся зависимыми от интенсивности света, их измерение показано в [таблице 1](#). Эти результаты измерены в разное время дня.

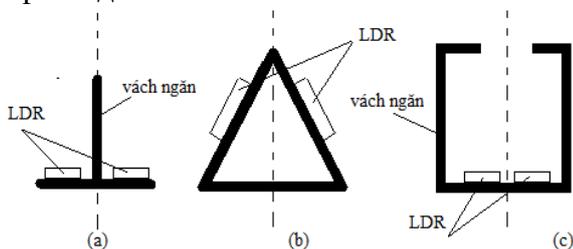


Рис. 2. Структура датчика света.

Таблица 1. Интенсивность света

Интенсивность света	Выходной напряжение, В
Темный	0,6
Неоновый	1,2
Облачный	1,3
Средний	3,7
Яркий	4,4

2.1.2. Фотоэлектрические элементы

Фотоэлектрические элементы представлены устройством преобразования света в электрическую энергию. Фотоэлектрические элементы также известны как солнечные батареи, потому что солнце является источником света, доступного и широко используемого. Солнечные батареи изготовлены из фотогальванических элементов, и создают электроэнергию для коммерческих и гражданских целей. В этом проекте используются поликристаллические солнечные элементы, показанные на [рис. 3](#). Эта батарея дешевле, чем из монокристалла, а также имеет сниженную эффективность преобразования.



Рис. 3. Солнечная батарея

2.1.3. Arduino контроллер

Arduino является электронным устройством с открытым исходным кодом. Arduino прост в использовании для подключения к аппаратным и программным обеспечением. С Arduino пользователи могут измерить изменения в окружающей среде с помощью различных датчиков. В этом проекте Arduino UNO R3 используется в качестве центрального контроллера, поскольку он удовлетворяет следующим условиям: микроконтроллер ATmega32 около 14 футов (6 футов, включая ШИМ), 6 аналоговых разъемов USB, аналоговое разрешение 10 бит.

2.1.4. Двигатели постоянного тока и цепи управления L298.

Схема L298 управления двигателем состоит из двух H-мостовых схем, которая может помочь контролировать скорость и направление вращения двигателя постоянного тока.

Потребление двигателя от 5В до 35 вольт постоянного тока, максимальный расход 2А (макс 70W двигателя). Рассеиваемая мощность: 20 Вт (при температуре $T = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для данной модели может использоваться один контроллер L298.

2.2. Программное обеспечение

Программное обеспечение программируется с помощью программы компилятора "Arduino Intergrated Development Environment". Исходный код скомпилирован и загружен через USB-кабель на Arduino UNO. Блок-схема алгоритма управления программного обеспечения показана на [рис. 4](#). В схеме переменный t является переменным по времени суток, и ADC_T ADC_D – значение напряжения, которое представлено Arduino из датчика света. ADC_{set} - значение напряжения стандарта, при котором света не хватало, так как были облака. В конечной точке каждого направления находится один выключатель, чтобы приводы не превышали предельно допустимого значения, и не повреждали следящую систему.

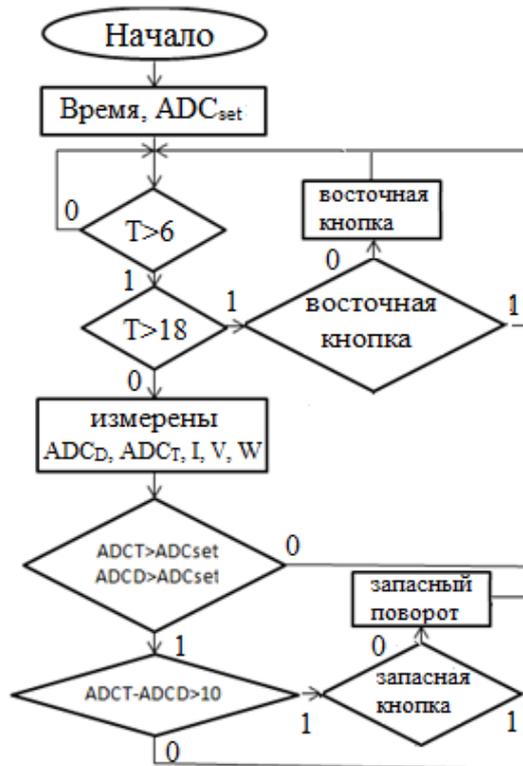


Рис. 4. Алгоритм управления

3. Моделирование

Контроллер следящей системы создан программой моделирования PROTEUS 7.7, это одна из лучших программ моделирования электронного проектирования. Интерфейс моделирования контроллера показан на рис. 5. Ядро моделирования – Arduino UNO, это связь с 16x2 жидкокристаллическим дисплеем, A4 и A5 двух аналоговых шин, которые подсоединены к цепи реального времени (RTC), цифровые шины 3 7 8 9 контактов подключены к цепи управления двигателя L298, 2 шины от датчика света на две аналоговые шины A0, A1.

Программа управления написана в программном обеспечении Arduino IDE. Она превращена в скомпилированный "шестнадцатеричный код", который мы исследуем (проверяем). Этот шестнадцатеричный код загружается в Arduino на программе PROTEUS 7.7 перед процессом моделирования.

В дополнение к измерению значения напряжения, тока и мощности солнечных батарей в PROTEUS, мы также используем имитационную модель, показанную на рис. 6. Схема состоит из одного источника, подключенного к LDR эквивалент от солнечных источников, цепь потенциометра измеряет значение напряжения, подсоединенных к аналоговому вводу A2, датчики тока ACS715, подключенные к вводу A3. В цепи потенциометра имеется дополнительно 1 стабилитрон напряжения (диод zener 5,1V) для защиты от перенапряжения, которое приводит контроллер в негодность.

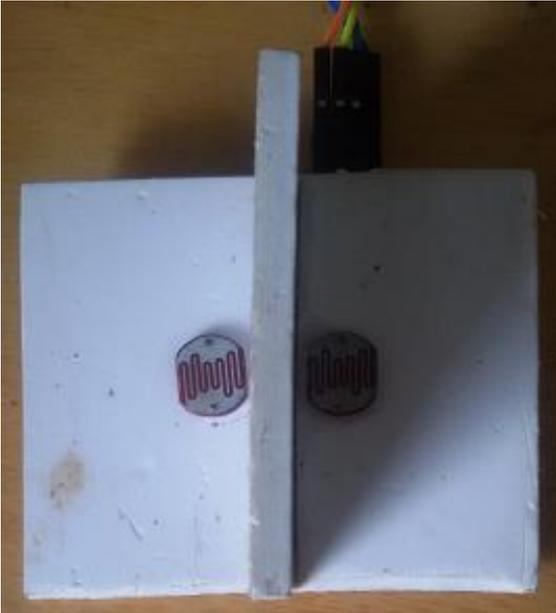


Рис. 7. Датчик света

Мы используем энергию непосредственно от солнечных батарей, она снабжает светодиодные лампочки и измерит параметры, отображаемые на ЖК-дисплей 16x2. Arduino подключен непосредственно к компьютеру, который может сделать связь между ними.

Результаты измерений Arduino идентичны измерениям с помощью ВОМ. Тестирование под разными углами освещения и в разное время, показывают, что контроллер двигателя постоянного тока являются эффективным, в соответствии с предложенным алгоритмом.

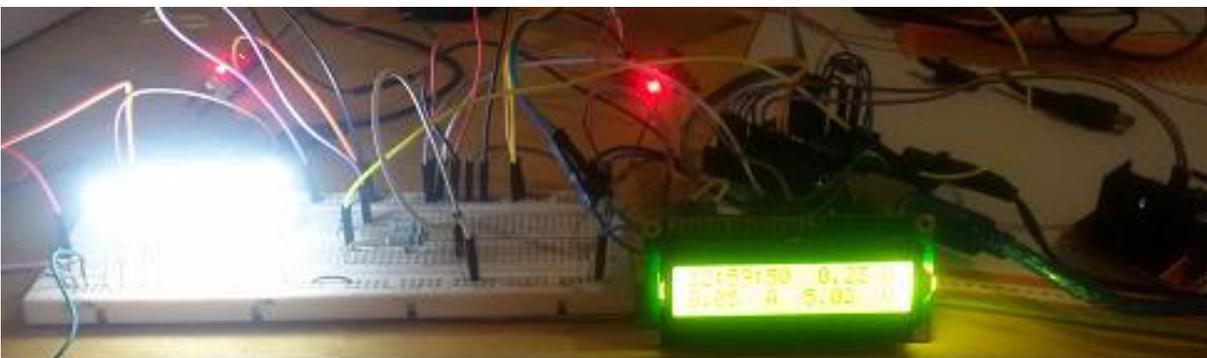


Рис. 8. Контроллер следящей системы

5. Заключение

Таким образом, простой контроллер на платформе Arduino с датчиками света для одноосной следящей системы был смоделирован и изготовлен, но не был проверен в механической системе. Кроме того, был испытан также контроллер для видимости тока, напряжения и мощности используемых солнечных батарей. Выгодно отличает этот проект то, что использован простой контроллер, при несложном монтаже и настройке параметров.

Литература

[Redirecting Light](http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/redirecting-light) – Redirecting Light. Available from: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/redirecting-light>.

Нго, 2013 – Нго, Сян Кьонг, Повышение эффективности солнечных батарей с помощью следящей системы. Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2013. 1: p. 318-321.

Babu, Koteswarao, 2016 – Babu, R Guru and Koteswarao. M, A Novel Solar Tracking System using AT89C51 Microcontroller and LDR. *International Journal of Research*, 2016. 3(4): p. 166-170.

Das et al., 2014 – Das, Soumya, et al., Single Axis Automatic Solar Tracking System Using Microcontroller. *TELKOMNIKA Indones. J. Electr. Eng*, 2014. 12: p. 8028-8032.

Khan, 2010 – Khan, Md Tanvir Arafat, et al. Design and construction of an automatic solar tracking system. in *Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, 2010 International Conference on. 2010. IEEE.

Pammar, Santosh, 2014 – Pammar, Maruti and Santosh Chavan, Design and development of advanced microcontroller based solar battery charger and solar tracking system. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2014. 3(3): p. 35-41.

Zubair et al., 2011 – Zubair, S, et al., Design And Construction Of A Microcontroller Based Single Axis Solar Tracker. *Innovations in Science and Engineering*, 2011. 1: p. 41-47.

Alexandru, Pozna, 2010 – Alexandru, C and C Pozna, Simulation of a dual-axis solar tracker for improving the performance of a photovoltaic panel. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 2010. 224(6): p. 797-811.

Bajpai, Subhash, 2011 – Bajpai, Prabodh and Subhash Kumar. Design, development and performance test of an automatic two-Axis solar tracker system. in *India Conference (INDICON)*, 2011 Annual IEEE. 2011. IEEE.

Bingöl et al., 2011 – Bingöl, Okan, Ahmet Altıntaş, Yusuf Öner, Microcontroller based solar-tracking system and its implementation. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 2011. 12(2).

Ly Ngoc Thang, 2013 – Ly Ngoc Thang, Nghien cuu, thiet ke he thong tu dong thich ung voi vi tri mat troi nham nang cao hieu qua su dung cac thiet bi dung nang luong mat troi. 2013.

Nguyen Nhan Bon, 2014 – Nguyen Nhan Bon, Giai thuat nang cao hieu suat pin mat troi va ung dung. 2014.

Ngo Minh Hoa – Ngo Minh Hoa, He thong dieu khien giam sat pin mat troi. Available from: http://dee.tdt.edu.vn/index.php?option=com_content&view=article&id=271:ngo-minh-hoa-v-i-h-th-ng-di-u-khi-n-giam-sat-pin-m-t-tr-i&catid=47&Itemid=286&lang=vi.

Dinh Hong Bo et al., 2011 – Dinh Hong Bo, et al., Thiet ke che tao he dieu khien dinh huong pin mat troi. 2011.

Mousazadeh et al., 2009 – Mousazadeh, Hossein, et al., A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2009. 13(8): p. 1800-1818.

References

Redirecting Light – Redirecting Light. Available from: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/redirecting-light>.

Ngo, 2013 – *Ngo Syan Kyong* (2013). Povyshenie effektivnosti solnechnykh batarei s pomoshch'yu sledyashchei sistemy [Improving the efficiency of solar panels with tracking system]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 1: p. 318-321.

Babu, Koteswarao, 2016 – *Babu, R Guru and Koteswarao. M* (2016). A Novel Solar Tracking System using AT89C51 Microcontroller and LDR. *International Journal of Research*, 3(4): p. 166-170.

Das et al., 2014 – *Das, Soumya, et al.* (2014). Single Axis Automatic Solar Tracking System Using Microcontroller. *TELKOMNIKA Indones. J. Electr. Eng*, 12: p. 8028-8032.

Khan, 2010 – *Khan, Md Tanvir Arafat, et al.* (2010). Design and construction of an automatic solar tracking system. in *Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, 2010 International Conference on. 2010. IEEE.

Pammar, Santosh, 2014 – Pammar, Maruti and Santosh Chavan (2014). Design and development of advanced microcontroller based solar battery charger and solar tracking system. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(3): p. 35-41.

Zubair et al., 2011 – Zubair, S, et al. (2011). Design And Construction Of A Microcontroller Based Single Axis Solar Tracker. *Innovations in Science and Engineering*, 1: p. 41-47.

Alexandru, Pozna, 2010 – Alexandru, C and C Pozna, (2010). Simulation of a dual-axis solar tracker for improving the performance of a photovoltaic panel. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: *Journal of Power and Energy*, 224(6): p. 797-811.

Bajpai, Subhash, 2011 – Bajpai, Prabodh and Subhash Kumar (2011). Design, development and performance test of an automatic two-Axis solar tracker system. in India Conference (INDICON), 2011 Annual IEEE. 2011. IEEE.

Bingöl et al., 2011 – Bingöl, Okan, Ahmet Altıntaş, Yusuf Öner (2011). Microcontroller based solar-tracking system and its implementation. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 12(2).

Ly Ngoc Thang, 2013 – Ly Ngoc Thang, Nghien cuu, thiet ke he thong tu dong thich ung voi vi tri mat troi nham nang cao hieu qua su dung cac thiet bi dung nang luong mat troi. 2013.

Nguyen Nhan Bon, 2014 – Nguyen Nhan Bon, Giai thuat nang cao hieu suat pin mat troi va ung dung. 2014.

Ngo Minh Hoa – Ngo Minh Hoa, He thong dieu khien giam sat pin mat troi. Available from: http://dee.tdt.edu.vn/index.php?option=com_content&view=article&id=271:ngo-minh-hoa-v-i-h-th-ng-di-u-khi-n-giam-sat-pin-m-t-tr-i&catid=47&Itemid=286&lang=vi.

Dinh Hong Bo et al., 2011 – Dinh Hong Bo, et al., Thiet ke che tao he dieu khien dinh huong pin mat troi. 2011.

Mousazadeh et al., 2009 – Mousazadeh, Hossein, et al. (2009). A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(8): p. 1800-1818.

УДК 004.4 621.317.1

Моделирование простого контроллера для следящей за солнцем системы

Нго Сян Кьонг ^{a, *}, Нгуен Тхи Хонг ^b

^a Гуэский Университет, Гуэ, Вьетнам

^b Промышленный колледж Гуэ, факультет тепловой и холодильной техники, Вьетнам

Аннотация. В настоящее время все страны мира очень заинтересованы в области возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, вечерняя, геотермальная или приливная энергии. Солнечная энергия получила наибольшее распространение. Эта статья представляет собой решение, чтобы сделать получение солнечной энергии более эффективным. Идея заключается в том, чтобы разработать одноосную следящую систему, которая изменяет положение солнечных батарей для максимизации падающего излучения на панель. Солнечная следящая система включает в себя солнечные батареи, датчики света, контроллер и один привод. В этой статье представлены обзор солнечных следящих систем, датчики света, показан простой контроллер солнечных систем слежения с использованием платформы Arduino Uno, представлен алгоритм управления для этой системы, а также проведено моделирование этого контроллера с помощью программного обеспечения Proteus. Результаты моделирования соответствуют техническим требованиям и алгоритмам управления. Мы провели изготовления светового датчика и контроллера. Результаты проверки показывают, что контроллер эффективно работает и имеет высокую точность.

Ключевые слова: контроллер, следящая система, Arduino, Proteus, датчик света.

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: cuongngoxuan@gmail.com (Нго Сян Кьонг), hongnguyenbsu@gmail.com (Нгуен Тхи Хонг)

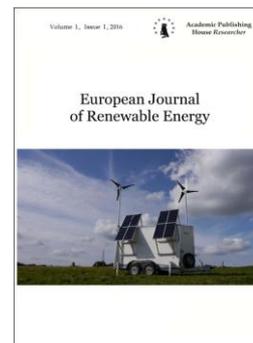
Copyright © 2016 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Journal of Renewable Energy
Has been issued since 2016.
E-ISSN 2454-0870
2016, 1(1): 20-28

DOI: 10.13187/ejore.2016.1.20

www.ejournal51.com



UDC 556

Solar Water Heater and Phytotron for Nutritive Microalgae as an Example of Energy-Saving Technologies

Vladimir N. Petrenko ^{a, *}

^a Sochi State University, Russian Federation

Abstract

The article discusses the development of hybrid solar water heater and phytotron for nutritive microalgae chlorella. The effective equipment for proposed installation and operating conditions of some technological processes were also founded. The author concludes that the main novelty in the presence of two energy exchangers with different spectra multispectral exchange and energy exchange fluid is dictated by the biophysics of microalgae.

Keywords: solar water heater, biotron, microalgae, chlorella, phosphorescent liquid, energy-savings.

1. Введение

В настоящее время практически единственным неисчерпаемым источником энергообеспечения биосферы Земли является солнечная энергия. Гелиоустановками горячего водоснабжения в Сочинском государственном университете начали заниматься более 10 лет назад (рис 1, 2) (Петренко, Садилов, 2005; Садилов, Петренко, 2007; Садилов и др., 2001; Волков, 2012). Годы научных исследований, проведенные на экспериментальной установке, раскрыли большие возможности солнечной энергетики, которые необходимо использовать для возрастающих потребностей человека. Одним из направлений диверсификации солнечных установок можно считать использование их для производства компонентов пищевого рациона. И резерв для этого у гелиоэнергетики существует.

* Corresponding author

E-mail addresses: petrenco@mail.ru (V.N. Petrenko)



Рис. 1. Блок солнечных коллекторов **Рис. 2.** Баки-аккумуляторы горячей воды
гелиоустановки СГУ по ул. Советской, 26-а

На основе анализа экспериментальных данных снятых на работающей гелиоустановке горячего водоснабжения (СКУ ГВС) учебного корпуса СГУ по ул. Советской, 26а за 2005–2006 годы были выявлены хорошие показатели ассимиляции солнечной энергии, построена диаграмма, наглядно показывающая соотношение распределения по месяцам тепловой энергии, выработанной гелиоустановкой и полученной из теплосети.

Месяц	Произведено	Догрето	Отдано	Итого	Нагрев от Солнца %
Июнь 2005	4,34	2,43	0,04	6,73	64,46
Июль 2005	5,74	0,84	0,00	6,58	87,23
Август 2005	5,23	0,67	0,00	5,90	88,72
Сентябрь 2005	4,34	2,43	0,00	6,77	64,09
Октябрь 2005	2,46	2,49	0,00	4,95	49,76
Ноябрь 2005	1,20	3,53	0,11	4,63	25,91
Декабрь 2005	1,56	3,68	0,00	5,25	29,81
Январь 2006	0,86	3,24	0,00	4,11	21,03
Февраль 2006	1,93	3,50	0,00	5,43	35,57
Март 2006	3,33	3,47	0,00	6,80	49,03
Апрель 2006	3,61	2,87	0,00	6,49	55,71
Май 2006	5,10	2,79	0,00	7,89	64,59
Итого	34,62	29,16	0,15	63,63	54,41

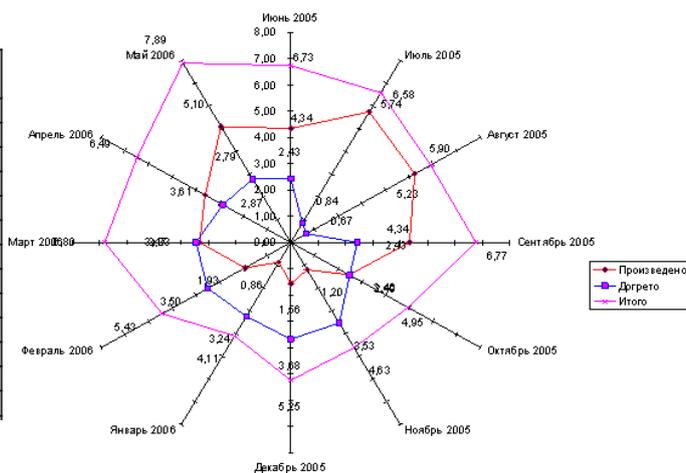


Рис. 3. Экспериментальные данные работы СКУ ГВС учебного корпуса СГУ по ул. Советская, 26а за год **Рис. 4.** Диаграмма соотношения выработки и догрева тепловой энергии по месяцам (внешнее кольцо – общее потребление, синее – догрев, красное – выработка)

За тот год посредством данной установки выработано 34,62 гигакалории тепла, покрыто более 54 % потребности всего здания в горячей воде (рис. 3, 4). Часть невостребованного тепла по договоренности с руководством предприятия городской теплосети передано в обратный трубопровод линейной тепловой магистрали. Однако это тепло можно было использовать для нагрева аквариума фитотрона по выращиванию пищевой микроводоросли, например, хлореллы. И не только снабдить теплом, но и светом. Но почему именно хлореллы? Рассмотрим основные причины.

Мощность падающего солнечного излучения на Землю 1 кВт/м² достаточна для развития и пропитания биообъектов на протяжении миллиарда лет. В ряду фотосинтезирующих растений микроводоросль хлорелла (рис. 5, 6) стоит на первом месте в пищевой цепочке. Имея для питания минеральные соли, углекислый газ и солнечный свет, она является биофабрикой – чемпионом по производству всех незаменимых аминокислот, а

по удельной выработке белка, аскорбиновой кислоты, многих других важных пищевых компонентов превосходит все виды существующих на Земле растений (Богданов, 2007).

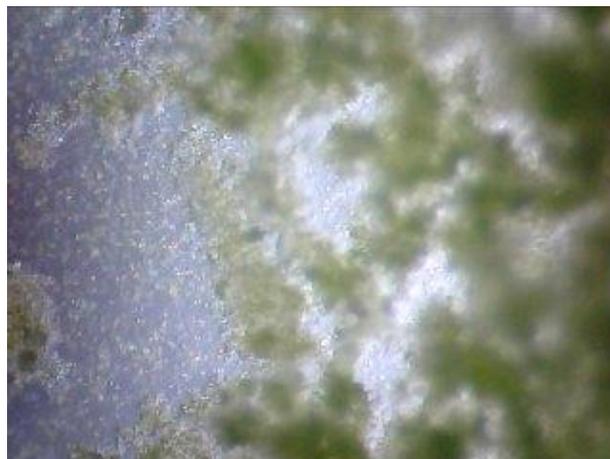
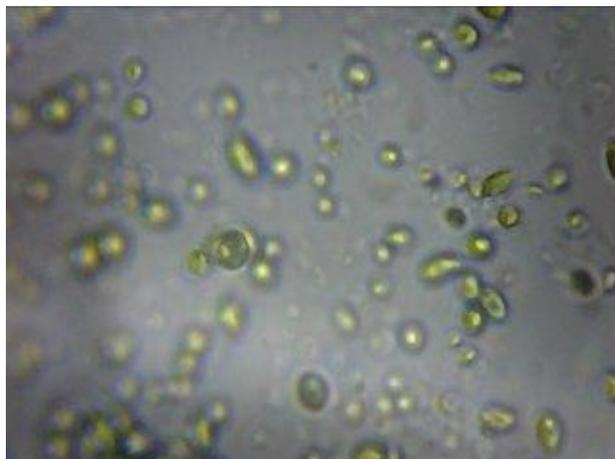


Рис. 5. Хлорелла в среде обитания

Рис. 6. Колонии хлореллы в спячке

С освоением культивирования планктонного вида хлореллы появилась возможность её производства в промышленном масштабе, что позволяет прокормить и энерговооружить человечество более экологичным, безопасным для проживающих на планете способом. Включение в пищевую цепочку, например, в животноводстве, одного из первичных звеньев – суспензии хлореллы, помогает в решении этой проблемы. А решение технической задачи – объединение фото-биотрона – установки по культивированию хлореллы с гелиоустановками по нагреванию воды и выработке электроэнергии, позволяет создать автоматизированную экологическую установку, перерабатывающую непищевое сырье в уникальный пищевой продукт.

2. Материалы и методы

Рассмотрим компоненты установки по производству хлореллы в виде чистой суспензии, исходя из имеющихся общедоступных сведений по ее физиологии.

Простейшая конструкция – открытый водоем – бассейн с устройствами несложной автоматики (рис. 7) (aqualover).

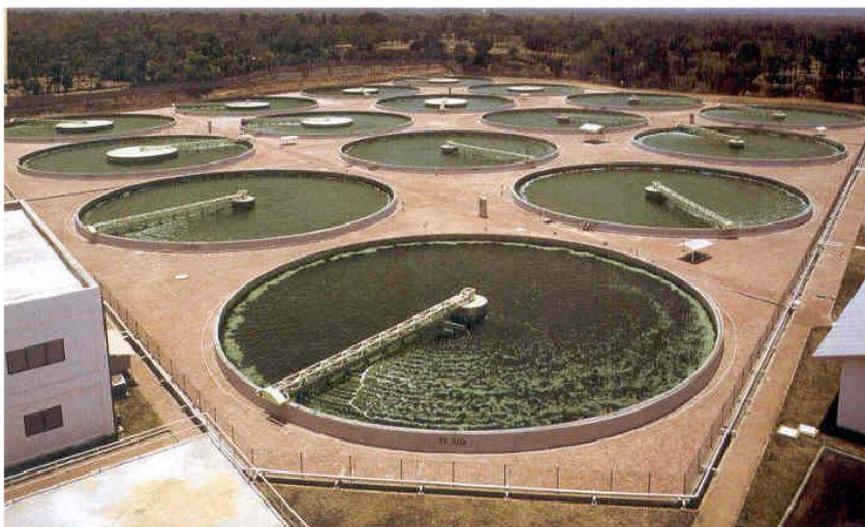


Рис. 7. Открытый бассейн для выращивания хлореллы

Хорош, когда есть свободные площади, подходящий климат для обеспечения оптимальной температуры суспензии (+30°C) и нет требований к бактериальной чистоте. То есть в сельскохозяйственных целях в низких широтах. В средних широтах уже необходим подогрев и дополнительная инсоляция. А если использовать не сухую – умерщвленную хлореллу, потерявшую при сушке и термообработке много полезных свойств, а суспензию живой хлореллы (рис. 8), то требования к бактериальной чистоте становятся особенно жесткими. Питьевая живая хлорелла должна иметь привлекательные органолептические свойства, не иметь патогенной микрофлоры и продуктов распада органики в виде запахов метана, неприятных привкусов.

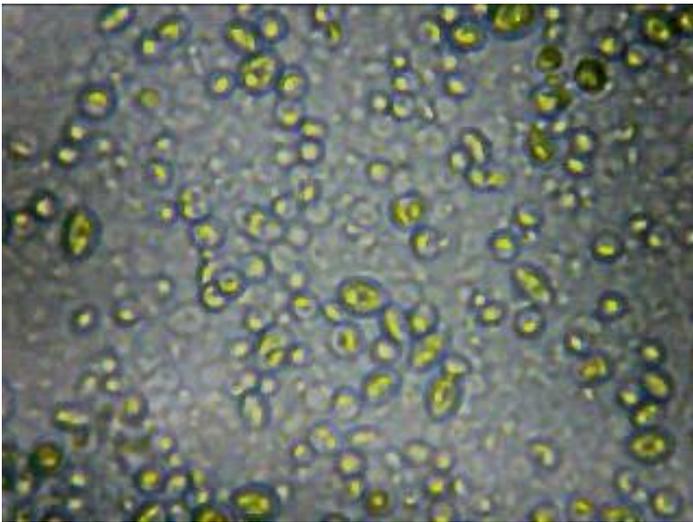


Рис. 8. Суспензия хлореллы

Эти условия диктуют соблюдение стерильности при работе с культурой хлореллы. Сама хлорелла, обладая размерами от 1 мкм после деления взрослой клетки, вырастая до 8–9 мкм взрослой особи, при концентрации более 20 млн/мл становится бактериофагом широкого спектра действия, а при концентрации более 50 млн/мл – монофагом, уничтожающим практически все виды бактерий. При ещё большей концентрации – до 70 млн/мл деление прекращается, хлорелла впадает в анабиоз и может осаждаться на дно водоема. То же произойдет и при любой концентрации, отсутствии освещения в течение нескольких суток. Востребованность такой живой суспензии хлореллы очевидна в больших городах с недостаточной экологией, вредными производствами, где уровень здоровья, иммунитета горожан низок. Здесь обычно нет свободных площадей для организации закрытых тепличных бассейнов выращивания микроводоросли. Эксплуатируются крыши домов для установки СКУ ГВС.

В последние 40 лет после открытия в 1977 г. в Нурекском водохранилище хлореллы планктонного вида, названной *Chlorella Vulgaris* ИФР №С-111, распространение получили автоматизированные комплексы, позволяющие получать живую суспензию в промышленных масштабах. Планктонная природа микроводоросли, вызванная значительным электропотенциалом, уменьшает осаждение клеток на стенках трубопроводов и соляризаторов. Прочные стенки клеток позволяют выдерживать кавитационные эффекты в циркуляционных насосах, концентрации кислот, губительные для остальных водорослей и бактерий, что чрезвычайно важно в процессе первичного получения посевного инокулята.

3. Обсуждение

Имея возможность установки коллекторов на южной стороне дома, можно создать гибридную солнечную водонагревательную установку и устройства по выращиванию хлореллы.

Рассмотрим необходимые критерии технологических параметров автоматизированной системы. Будем исходить из предположения, что прокачка суспензии хлореллы через

стеклянные трубы коллекторов, установленных на крыше дома, нас не устроит по простой причине (рис. 9) (zabitoe).



Рис. 9. Установки на крыше здания для выращивания хлореллы

Выпадает функция горячего водоснабжения, т.к. необходимость оптимизации поддержания 30°C не позволит получать теплоноситель с температурой 55°C , необходимую для горячего водоснабжения. При этом на крыше придётся дополнительно устанавливать защиту от избыточного тепла Солнца наподобие оранжереи. Однако можно предложить прокачивать через прозрачные коллекторы теплоноситель (обессоленная вода, антифриз) с включенными частицами (суспензия) светонакопителя, отдающего в дальнейшем суспензии хлореллы необходимую ей световую энергию.

Избыточную тепловую энергию можно отбирать с помощью теплообменника, а остывшую до 35°C пропускать через светообменник.

Выбор параметров светонакопителя.

Клетки выбранного штамма хлореллы содержат незамкнутый поясок хлоропласта, занимающий половину ее размера, содержащего хлорофилл на основе магния (рис. 3). Хлоропласт отражает в зеленой видимой части спектра – 550 нм . Из теории распространения радиоволн известно, что максимальное поглощение энергии электромагнитных колебаний происходит в электропроводнике, равном длине волны и четных её гармоник. Эффективность поглощения более коротковолнового излучения уменьшается вследствие отражения части падающих волн. Следует предположить, что взрослые особи ($6\text{--}8\text{ мкм}$) активно ассимилируют тепловую инфракрасную часть спектра от 6 мкм и менее. Прямое воздействие излучения с длиной волны более 9 мкм (размера взрослой особи) будет неэффективно из-за дифракционных и краевых явлений. Подростки эффективно поглощают ближний инфракрасный спектр от 2 мкм , красную $620\text{--}750\text{ нм}$ часть видимого света. Молодые клетки, размером около 1 мкм имеют полоску хлоропласта размером, позволяющим ассимилировать синие и фиолетовые части спектра ($350\text{--}480\text{ нм}$), ближний ультрафиолет. Кроме того, можно предположить, что темно-синий спектр, в природе запускает в хлорелле ночной механизм деления клетки. Более высокочастотное излучение для них не эффективно, а также вредно для установки, т.к. может провоцировать развитие вирусов, имеющих размеры, тропные более высоким частотам. Поэтому в теплоносителе необходимы два фосфоресцента: красный (red) и синефиолетовый (cyan). Их свечение пропустит в суспензию кварцевое стекло пластинчатого, или трубчатого светообменника. Оно же пропустит дальний инфракрасный – тепловой спектр теплоносителя контактным путем через стенки, осуществляя оптимальный подогрев воды суспензии.

4. Результаты

Рассмотрим более подробно конструкцию предлагаемой установки. Для этого взятую, как прототип, стандартную схему солнечной коллекторной установки горячего водоснабжения (СКУ ГВС), состоящую из солнечного коллектора (СК), теплообменника (ТО), наполненного теплоносителем – теплопередающей жидкостью и циркуляционного насоса (М1), предложено доработать в части возможности переноса в теплоносителе светоносных частиц (рис. 10). Возможно применить фосфоресцирующую жидкость, либо смесь фосфоресцирующих нерастворимых красителей в виде мелкодисперсной суспензии с накачкой ультрафиолетом и собственным свечением в красной и синей части видимого светового диапазона. Типы фосфоресцентных, их конкретный состав в рамках данной работы нами не рассматривается. Солнечный коллектор необходимо применить прозрачного типа – широкоспектрального пропускания солнечного излучения, например, пластиковой конструкции на базе поликарбоната, или кварцевого стекла.

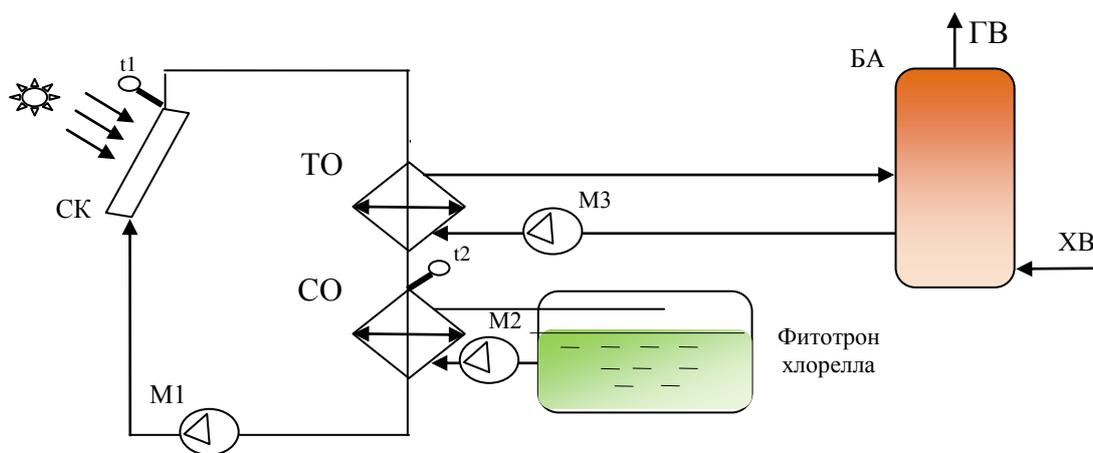


Рис. 10. Технологическая схема гибридной установки (упрощенная)

Основное условие – установка по ходу движения тепло-светоносителя последовательно по схеме ТО и после него светообменника (СО). Отбор тепла при этом будет осуществляться посредством ТО до оптимальной температуры развития хлореллы (30–40°C), что должно контролироваться автоматикой посредством насоса М1 регулированием скорости его прокачки. То есть:

- $t_1 > 30 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \text{М1-вкл.}$
- $t_2 < 35 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \text{М2-стоп.}$
- $t_2 > 35 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \text{М2-вкл.}$

При невыполнении этого условия возможен перегрев суспензии, коагуляция белка микродоросли и ее гибель. Утилизация тепла от теплообменника для нагрева воды системы ГВС осуществляется посредством насоса (М3) с накоплением тепловой энергии в баке-аккумуляторе БА, в который снизу подается холодная вода (ХВ), с верхней части бака отбирается нагретая горячая вода (ГВ). Оптимально тепло от БА использовать в ночное время для стабилизации температуры биотрона автоматикой подогрева с обратной связью по температуре суспензии. Остывший до предложенного выше диапазона температур теплоноситель передается в светообменник. В нем лучистая энергия светоносных частиц передается суспензии хлореллы в красно-синем световом диапазоне.

Конструкция светообменника.

На рис. 11 представлен *трубчатый светообменник* (верхняя симметричная половина) в виде пакета стеклянных труб диаметром несколько сантиметров с таким же просветом между ними, вставленных в широкую трубу, наподобие трубчатого теплообменника. Он высокопрочен, оптимальное применение в высотном здании, где перепад высот СК и фитотрона может достигать десятков метров, и разница давлений между тепло-светоносителем и суспензией составляет несколько атмосфер.

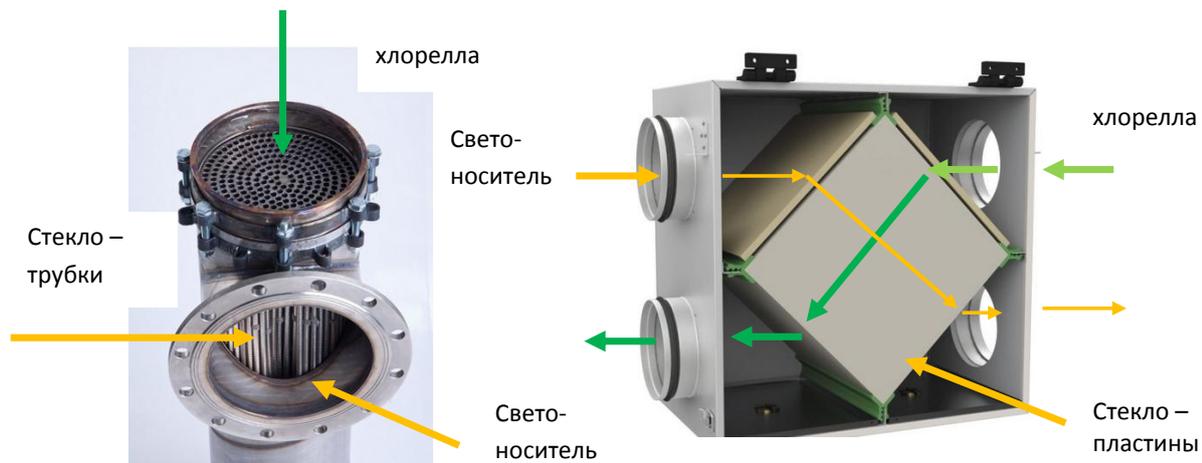


Рис. 11. Конструкция светообменника

Пластинчатый светообменник (рис. 12) – пакет стеклянных, или поликарбонатных пластин, толщиной несколько миллиметров, с просветами между ними шириной 1–2 см, в которых в нечетных просветах прокачивается суспензия хлореллы, а в четных – светоносная суспензия. Ограничение на применение пластинчатого светообменника связано только с его прочностными характеристиками, в связи с возможным перепадом давления до атмосферы в контуре солнечного коллектора и фитотрона микроводоросли в невысоких зданиях.

Главное достоинство подобных светообменников – незначительное экранирование суспензией светового потока, что является большой проблемой в массивных чанах обычных фитотронов, где из-за экранировки света активность фотосинтеза резко убывает по мере удаления от светильника.

5. Заключение

Основная новизна установки – в наличии двух энергообменников с разными спектрами обмена и мультиспектральной энергообменной жидкости, диктуемые биофизикой микроводоросли (Богданов, 2007; biovet-service; hlorella; Liang et al., 2009). Оптимальные размеры установки, её производительность зависит от площадей свободной соляризованной поверхности здания, коэффициента затененности батареи СК высотными соседними зданиями.

Примечания

Богданов, 2007 – Богданов Н.И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных. Пенза, 2-е изд., перераб. и доп., 2007. 48 с.

Волков, 2012 – Волков А.Н. Разработка программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности бюджетных учреждений рекреационного региона с учетом рационального использования потенциала возобновляемых источников энергии // Известия Сочинского государственного университета. 2012. № 4. С. 166–172.

Петренко, Садилов, 2005 – Петренко В.Н., Садилов П.В. Опыт параллельной работы гелиоустановки и теплосети в регионе г. Сочи // Промышленная энергетика. 2005. №10. С. 47-50.

Садилов и др., 2001 – Садилов П.В., Волков А.Н., Чураков Ю.А. и др. Разработка и внедрение первой в районе Сочи солнечно-топливной котельной // Промышленная энергетика. 2001. № 12. С. 47-49.

Садилов, Петренко, 2007 – Садилов П.В., Петренко В.Н. Состояние и перспективы использования возобновляемых видов энергии в современных условиях // Вестник СГУТиКД. 2007. №1-2. С. 31-33.

[aqualover](http://www.aqualover.ru/fauna/spirulina-and-chlorellas-industrial-production.html) – aqualover [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aqualover.ru/fauna/spirulina-and-chlorellas-industrial-production.html> (дата обращения 18.09.2016).

[biovet-service](http://biovet-service.ru/techno/hlr.html) – biovet-service [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biovet-service.ru/techno/hlr.html> (дата обращения 22.09.2016).

[hlorella](http://ekovse.ru/hlorella) – hlorella [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ekovse.ru/hlorella> (дата обращения 25.09.2016).

Liang et al., 2009 – Liang, Y., Sarkany, N., & Cui, Y. (2009). Biomass and lipid productivities of *Chlorella vulgaris* under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic growth conditions. *Biotechnology Letters*, 31 (7), 1043–1049. <http://doi.org/10.1007/s10529-009-9975-7>.

[zabitoe](http://zabitoe.ru/node/24) – zabitoe [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zabitoe.ru/node/24> (дата обращения 18.09.2016).

References

Bogdanov, 2007 – Bogdanov N.I. Suspensiya khlorelly v ratsione sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh [The suspension of chlorella in the diet of farm animals]. Penza, 2-e izd., pererab. i dop., 2007. 48 s.

Volkov, 2012 – Volkov A.N. Razrabotka programm v oblasti energosberezheniya i povysheniya energeticheskoi effektivnosti byudzhethnykh uchrezhdenii rekreatsionnogo regiona s uchedom ratsional'nogo ispol'zovaniya potentsiala vozobnovlyaemykh istochnikov energii [The development of programs in the field of energy saving and increase of power efficiency of budgetary institutions recreation region, taking into account rational usage of the potential of renewable energy sources] // *Izvestiya Sochinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012. № 4. S. 166–172.

Petrenko, Sadilov, 2005 – Petrenko V.N., Sadilov P.V. Opyt parallel'noi raboty gelioustanovki i teploseti v regione g. Sochi [The experience of parallel operation of the solar thermal system and heat network in the Sochi region] // *Promyshlennaya energetika*. 2005. №10. S. 47-50.

Sadilov i dr., 2001 – Sadilov P.V., Volkov A.N., Churakov Yu.A. i dr. Razrabotka i vnedrenie pervoi v raione Sochi solnechno-toplivnoi kotel'noi [The development and implementation of the first in Sochi solar and fuel boiler] // *Promyshlennaya energetika*. 2001. № 12. S. 47-49.

Sadilov, Petrenko, 2007 – Sadilov P.V., Petrenko V.N. Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh vidov energii v sovremennykh usloviyakh [The status and prospects of renewable energy in modern terms] // *Vestnik SGUTiKD*. 2007. №1-2. S. 31-33.

[aqualover](http://www.aqualover.ru/fauna/spirulina-and-chlorellas-industrial-production.html) – aqualover [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.aqualover.ru/fauna/spirulina-and-chlorellas-industrial-production.html> (data obrashcheniya 18.09.2016).

[biovet-service](http://biovet-service.ru/techno/hlr.html) – biovet-service [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://biovet-service.ru/techno/hlr.html> (data obrashcheniya 22.09.2016).

[hlorella](http://ekovse.ru/hlorella) – hlorella [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://ekovse.ru/hlorella> (data obrashcheniya 25.09.2016).

Liang et al., 2009 – Liang, Y., Sarkany, N., & Cui, Y. (2009). Biomass and lipid productivities of *Chlorella vulgaris* under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic growth conditions. *Biotechnology Letters*, 31 (7), 1043–1049. <http://doi.org/10.1007/s10529-009-9975-7>.

[zabitoe](http://zabitoe.ru/node/24) – zabitoe [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://zabitoe.ru/node/24> (data obrashcheniya 18.09.2016).

УДК 556

Гелиоустановка горячего водоснабжения и фитотрон пищевой микроводоросли – пример применения энергосберегающих технологий

Владимир Николаевич Петренко ^{a, *}

^a Сочинский государственный университет, Российская Федерация

Аннотация. В статье затронуты аспекты создания гибридной гелиоустановки горячего водоснабжения (СКУ ГВС) и фитотрона по выращиванию пищевой микроводоросли хлореллы с обоснованием предлагаемых компонентов установки и режимов некоторых технологических процессов. В заключении автор отмечает, что Основная новизна установки – в наличии двух энергообменников с разными спектрами обмена и мультиспектральной энергообменной жидкости, диктуемые биофизикой микроводоросли.

Ключевые слова: солнечная коллекторная установка, биотрон, микроводоросль, хлорелла, фосфоресцирующая жидкость, энергосбережение.

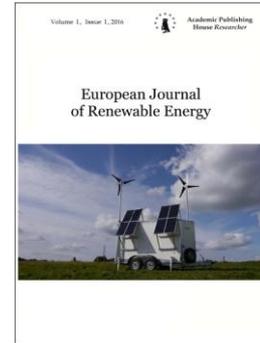
* Корреспондирующий автор
Адреса электронной почты: petrenco@mail.ru (В.Н. Петренко)

Copyright © 2016 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Journal of Renewable Energy
Has been issued since 2016.
E-ISSN 2454-0870
2016, 1(1): 29-35

DOI: 10.13187/ejore.2016.1.29
www.ejournal51.com



UDC 556.013 + 581.1

Use of Bioenergy for Sustainable Development of Region on Example of the Udmurt Republic

Maria A. Vyguzova ^{a, *}, Anastasiia G. Kudriashova ^b

^a Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

^b Kamsky Institute of Humanitarian and Engineering Technologies, Izhevsk, Russian Federation

Abstract

The article describes the development of use and prospects of bioenergy as one of the drivers of sustainable development as the country as a whole, as well as a separate region. The purpose of research – the possibility of introducing a closed bioenergy developed complex farming Udmurt Republic. For this purpose we developed energy-efficient complex with two bioenergy plants, counted the technological cycle of biogas installation. The amount of heat generated will amount to 465 kW/hour. According to studies it can be concluded about the need to develop renewable sources of energy, especially bioenergy, to move Russia from the fifth to the sixth innovative waves and sustainable development of regional economy.

Keywords: renewable energy, bioenergy, sustainable development, innovative waves, biogas technology.

Введение

Зеленая экономика – это экономика, которая повышает благосостояние людей и обеспечивает социальную справедливость, при этом существенно снижает риски для окружающей среды и ее разрушения. Развитие зеленой экономики обусловлено актуальностью обсуждаемой проблематики и разработкой стратегии устойчивого развития в условиях экономической интеграции. Вопросы экологии, ответственного природопользования, внедрения технологических инноваций и перехода на новые источники энергии, продовольственная безопасность должны стать основными вопросами устойчивого развития регионов.

Интерес к инвестициям в зеленую экономику, в частности в возобновляемые источники энергии (ВИЭ), не случаен.

В мировой электроэнергетике в 2011 г. был преодолен важный структурный рубеж: глобальные инвестиции в электростанции на ВИЭ достигли 237 млрд. долл. США (исключая крупные ГЭС), рост на 34 % по сравнению с 2010 г., и впервые превысили инвестиции в генерацию на традиционном ископаемом топливе – 223 млрд. долл. США.

* Corresponding author

E-mail addresses: mas5@mail.ru (M.A. Vyguzova), offpost@bk.ru (A.G. Kudriashova)

Глобальные инвестиции в ВИЭ достигли 279 млрд. долл. США в 2011 г. – прирост на 23 % по сравнению с 2010 г., это новый исторический рекорд. Эта цифра почти в 7 раз превышает инвестиции в ВИЭ в 2004 г. – 40 млрд. долл. США (Sonnenschein, Mundaca, 2016).

Китай занимает первое место по общим инвестициям в ВИЭ с 2008 г. В 2011 г. инвестиции в ВИЭ в Китае достигли 54,7 млрд. долл. США (годовой прирост на 17 %). В 2012 г. рост продолжился (плюс 22 %), было инвестировано 66,6 млрд. долл. США – в основном в солнечную энергетику (63 % от общего).

В развитии ВИЭ можно проследить следующие тенденции:

- Резкое увеличение инвестиций в ВИЭ произошло в 2005 г. в результате воздействия «нефтяного шока» второй половины 2004 г.
- Быстрорастущая доля ВИЭ на мировых энергетических рынках (и в энергобалансе стран) ставит ВИЭ выше привычного статуса отдельных рыночных ниш.
- Высокие капитальные издержки на объектах ВИЭ долгое время служили главным барьером для быстрого внедрения и освоения рынков. Но в пост-кризисный период избыточное предложение, снижение издержек производства и рост установленной мощности ВИЭ приводит к резкому снижению капиталоемкости.
- Доля НИОКР и общих инвестициях в ВИЭ составляет 4–5 % и имеет тенденцию к снижению по мере увеличения масштабов внедрения и роста установленной мощности.
- Сектор ВИЭ легко преодолел общеэкономический кризис 2008 г., снижение на 2 % инвестиций в 2009 г. и возвратился на траекторию быстрого роста с 2010 г.
- В пост-кризисный период происходит географический сдвиг в инвестициях в ВИЭ – развивающиеся страны приближаются по абсолютному уровню инвестиций в ВИЭ к группе развитых стран.

Объем технически доступных ресурсов возобновляемых источников энергии в Российской Федерации составляет не менее 24 млрд. тонн условного топлива. Доля электроэнергии, вырабатываемой в России с использованием возобновляемых источников, в 2013 году составила около 1 % без учета ГЭС, а с учетом последних – свыше 17 %. Удельный вес производства тепловой энергии, полученной на базе ВИЭ, был около 3 %, или около 2000 млн. Гкал. В последние годы инвестиции в ВИЭ в РФ оцениваются в 200 млн. долл. США в год при годовом приросте установленной мощности ВИЭ порядка 100 МВт, что в 10 раз ниже заявленного уровня. Это не позволит увеличить долю генерации «зеленой» энергии в текущем энергобалансе до 2,5 % в планах к 2020 году (Биоэнергетика России, 2012).

В числе приоритетных технологий в энергобалансе: биоэнергетика, солнечная генерация (прежде всего солнечные батареи), ветровая генерация, системы улавливания и хранения углекислого газа (УХУ), устанавливаемые на тепловых станциях, «умные сети» и связанные с ними схемы участия потребителей в регулировании энергосистем, энергосбережение, различные технологии аккумулирования энергии, в ряду которых водородная энергетика и топливные элементы.

Если посмотреть на графическое изображение теории длинных волн Кондратьева, то можно увидеть, что переход к каждому следующему технологическому укладу (ТУ) происходит после какого-либо кризисного явления в мировой экономике. После Великой депрессии мы перешли к 4-му технологическому укладу, который характеризовался развитием нефтехимии и автомобилестроения. Переход к 5-му технологическому укладу состоялся после 1-го и 2-го нефтяных кризисов в 1974–1980 гг. В этом технологическом укладе происходит всплеск информационных и коммуникационных технологий. Финансовый кризис 2007–2009 гг. должен был вывести нас на 6-ой технологический уклад с развитием возобновляемых и альтернативных источников энергии, технологий окружающей среды, нано- и биотехнологий и здоровьесбережения (Mathews, 2012).

Но парадокс развития в России альтернативной и возобновляемой энергетики как одного из компонентов шестого и седьмого технологических укладов состоит в том, что она должна развиваться в тандеме с традиционной энергетикой (компонент четвертого ТУ) из-за сильной финансовой зависимости от углеводородного топлива.

Устойчивое развитие страны и региона возможно при развитии следующих приоритетных направлений: рациональная модель потребления и производства; «озеленение» предприятий и рынков; устойчивая инфраструктура и «зеленая» налоговая и бюджетная реформы; инвестирование в природный капитал и показатели экологической эффективности.

Промышленные отходы наравне с выбросами парниковых газов представляют реальную угрозу экологической безопасности биосферы. Количество отходов год от года растет. Поэтому сейчас во всем мире возрастает интерес к программам устойчивого развития (Sustainable Development), учитывающим экологические факторы при организации производственной деятельности. Они предусматривают удовлетворение потребностей человечества при сохранении окружающей среды. Благодаря тому, что многие компании уже реализуют подобные программы, сегодня перерабатывается около 25 % промышленных отходов. Развитие биоэнергетического кластера поможет на пути к достижению основных показателей устойчивого развития.

Перспективы развития биоэнергетики как отрасли переработки отходов колоссальны. К биоэнергетическим технологиям относятся такие процессы, как: биогазовые технологии; производство этанола; получение биодизельных топлив, жирных кислот, растительных углеводов; производство биоводорода, получение тепловой энергии.

По оценкам специалистов, объем органических отходов в России составляет 500 млн. тонн в год, запасы торфа как источника энергии составляют 175 миллиардов тонн, при этом объем возобновляемого торфа составляет 350 млн тонн в год.

Если же рассматривать развитие переработки органических отходов в регионах, в частности в Удмуртской Республике, то это является одной из актуальных задач, стоящих перед сельским хозяйством. Животноводство и птицеводство Удмуртии дает в год 150 млн. тонн отходов, растениеводство – 100 млн. тонн. Это ведет к накоплению отходов и загрязнению окружающей среды.

Основная доля потенциала биомассы, пригодной для получения биогаза, приходится на навоз (до 80 %). Потенциал производства биогаза с использованием отходов скотоводства на территории Удмуртской Республики представлен в [таблице 1](#).

Таблица 1. Потенциал производства биогаза с использованием отходов скотоводства на территории Удмуртской Республики

Источник биогаза	Общее поголовье, тыс. голов	Биомасса, кг/сутки на ед.	Общая биомасса, т/сут	Объем биогаза, получаемого из 1 кг биомассы, м ³	Общая выработка биогаза, тыс. м ³ /сут
КРС	384,6	55	21153	0,05	846,12
Свиньи	306,2	12	3674,4	0,06	220,46
Овцы, козы	69,3	6	415,8	0,06	24,95
Птица	161,5	0,17	27,5	0,07	1,92

Анализ таблицы 1 показывает, что основным сырьем для выработки биогаза в республике является свиной и коровий навоз. Причем, потенциал выработки биогаза из отходов КРС в 4 раза превышает потенциал выхода газа из отходов свиноводства. Несмотря на то, что на территории Удмуртии развито птицеводство, выход газа из этой отрасли возможен, но существенно ниже, чем из остальных отраслей.

Получение биогаза при использовании отходов – это только первый шаг в создании биоэнергетической промышленности, а ее возможности, как показывают современные зарубежные разработки, безграничны. Указанное направление имеет несколько ракурсов. К числу важнейших задач относится создание технологических линий, работающих в

интенсивном режиме для разнообразного по химическому составу сырья и климатических зон региона. В связи с этим применяемые в мировой практике биогазовые установки имеют разнообразные конструкции и технологические параметры. Однако, проведенный анализ позволил обозначить существующие проблемы в этой отрасли и разработать энергоэффективную технологию утилизации отходов.

Постановка задачи

В связи с актуальностью развития зеленой (низкоуглеродной) экономики не только в нашем регионе, но и во всей России, основной задачей данного исследования является разработка энергоэффективной технологии утилизации отходов с описанием принципа работы и расчет технологических параметров, входящего в комплекс оборудования.

Цель исследования

В соответствии с задачей исследования, нашей целью является создание биоэнергетического комплекса замкнутого типа.

Методы исследования

Для решения поставленной цели и задач, нами был разработан биоэнергетический экологически чистый энергоэффективный комплекс замкнутого типа (рис. 1).

Разработанный комплекс включает в себя 2 биоэнергетические установки: трехстадийный метантенк и пиролизная установка. Установка для вермикомпостирования служит для процесса доработки шлама после биогазовой установки, а также для переработки органических отходов из тепличного комплекса с помощью технологичных дождевых червей. На выходе из установки мы получаем биогумус, который используется в качестве ингредиента при приготовлении почвосмесей для тепличного комплекса, а также биомассу червей, которая может использоваться как внутри комплекса (например, для обогащения корма животных белковыми веществами), так и реализовываться оптовым и розничным покупателям (Выгузова, 2013).

Рассмотрим движение потоков отходов, энергии и сырья в разработанном комплексе.

С животноводческой фермы отходы (навоз, подстилка, остатки кормов и т.д.) поступают в трехстадийную биогазовую установку, где происходит процесс метанового сбраживания отходов с получением биогаза и шлама. Шлам после биогазовой установки отправляется в вермиреактор для получения органического удобрения – биогумуса, который будет в дальнейшем использоваться для приготовления почвосмесей в тепличном хозяйстве (Кудряшова, Выгузова, 2014).

Органические отходы перерабатывающих производств (молокоперерабатывающие и мясоперерабатывающие заводы) очень часто попадают в источники водоснабжения, в частности реки, тем самым загрязняя их. При разложении этих отходов образуются вредные вещества, отрицательно влияющие на здоровье человека и окружающую среду. В сумме капитальных затрат на строительство перерабатывающего предприятия значительную долю составляют затраты на канализационные очистные сооружения, в связи с этим экономически выгодно как можно больше отходов утилизировать внутри предприятия. В разработанном комплексе отходы молокопереработки (сыворотка и остатки молочных продуктов из аппаратов при их опорожнении, ополоски с технологического оборудования) идут в биогазовую установку. Суммарное количество ополосков, образующихся на молокоперерабатывающем заводе, зависит главным образом от его мощности и ассортимента продукции. Согласно теоретическим расчетам, ополоски составляют порядка 10 % от объема перерабатываемой продукции.

Отходы мясного производства (шкурсырье, рогакопытное сырье) перерабатываются в пиролизной установке. Потери при обвалке туш составляют до 30 % у КРС.

Пиролизный газ и биогаз поступают в когенерационную установку, где вырабатывается электрическая и тепловая энергия, которая в дальнейшем используется для технологических нужд всего комплекса.

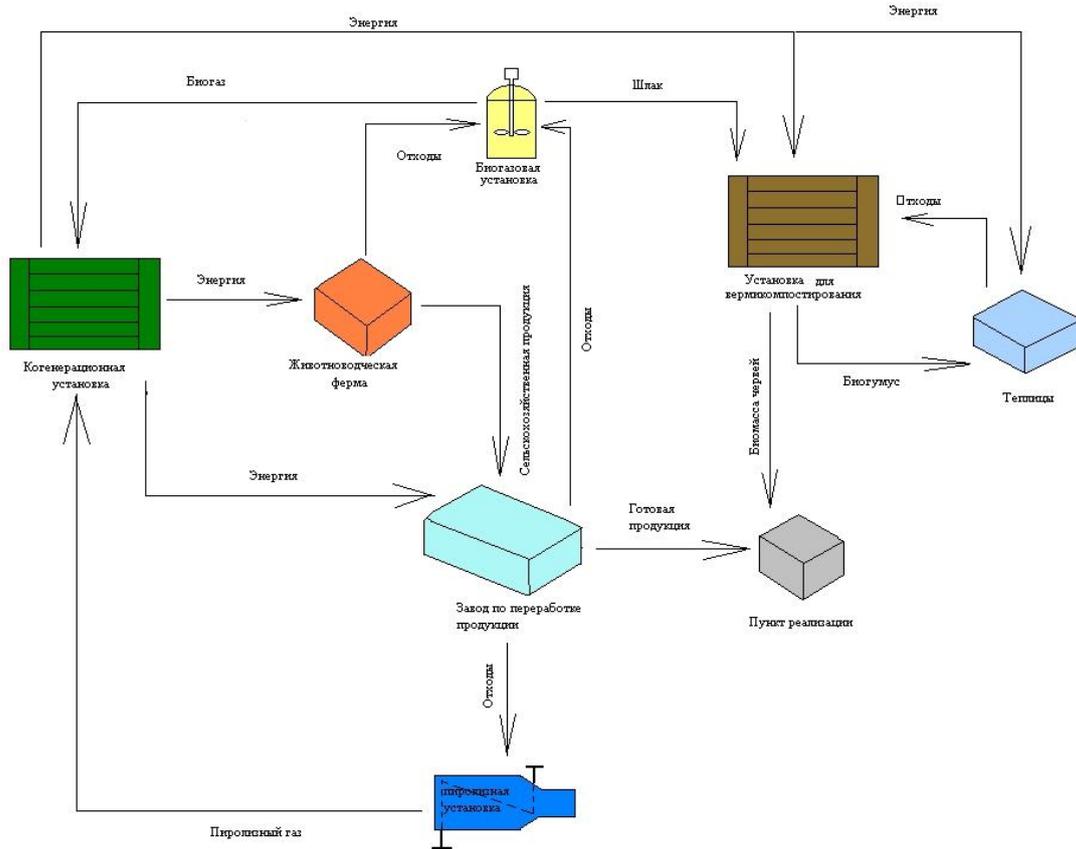


Рис. 1. Структурная схема энергоэффективного комплекса

Отходы тепличного хозяйства представляют собой растительные остатки при выращивании овощей, загрязненные земли, отходы грунта, отходы стекла, резины от поливочных шлангов и т.д. Неорганическую часть отходов (стекло, резина) возможно утилизировать в пиролизной установке. Органическая часть отходов вермикомпостируется. Согласно Нормам технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады (ОНТП-СХ.10-85), примерный выход растительных остатков с 1 га теплиц: огурца – партенокарпических гибридов – 60–70 т/га; томата – 90–100 т/га, при продленной или переходной культуре – 120–130 т/га и при использовании шпалеры – 170–200 т/га.

Пример: сельскохозяйственная ферма на 600 голов дойного стада КРС. Годовой выход молока составляет 2377 т, мяса – 81,8 т, навоза – 2956 т.

Выход ополосков с технологического оборудования молокоперерабатывающего завода составляет 700 л/сут.

Потери мясного производства при обвалке туш составляют 24,6 т/год.

Отходы тепличного хозяйства (при выращивании огуречно-томатной продукции) составят ориентировочно 160 т. Исходя из теоретических и практических данных по выходу продукции после процесса вермикомпостирования, количество биогумуса составит примерно 104 т.

Проведенные расчеты позволяют оценить параметры биореактора, необходимого для переработки указанного количества отходов. Ниже приведены характеристики биогазовой установки и режим ее работы.

Полезные характеристики установки:

Средний общий объем сырья: 30 т/сут

Общий объем получаемого биогаза: 1800 м³/сут

Эквивалент возможной вырабатываемой электрической энергии, до 180 кВт/час
 Дополнительно вырабатываемая тепловая энергии, до 210 кВт/час
 Количество вырабатываемой только тепловой энергии, до 465 кВт/час. Это примерно эквивалентно отоплению 4650 кв. м. при температуре на улице -35С

Технические характеристики установки:

Диаметр биореактора: 4.5 м

Конструкция биореактора модульная, длина модуля: 12 м

Полезный объем биореактора: 504 м³

Количество модулей (может наращиваться или уменьшаться): 3 шт.

Режим брожения: психрофильно-мезофильно-термофильный

Технологический процесс брожения: непрерывный

Время брожения: от 12 до 18 суток

Влажность загружаемого субстрата: до 95 %

Избыточное давление биогаза: 2 кПа (200 мм. вод. ст.)

Температура брожения в психрофильной секции: от 8°С до 25°С

Температура брожения в мезофильной секции: от 25°С до 40°С

Температура брожения в термофильной секции: от 45°С до 57°С

Количество жидких удобрений на выходе: 39 т/сут

Период перемешивания: 4 раза в сутки по 10 минут

Таким образом, мы видим, что использование биоэнергетических установок в сельском хозяйстве поможет не только утилизировать различные виды отходов, но и получать энергию, которая может использоваться для обеспечения технологических процессов и реализовываться потребителям.

Заключение

Традиционный финансовый анализ основан на расчете дисконтированного кеш-флоу. Но такого рода анализ не способен адекватно учесть будущие риски, связанные с ценами на топливо. Он также полностью игнорирует затраты на охрану окружающей среды и здравоохранение, связанные с эмиссиями на электростанциях сжигающих ископаемое топливо.

Если мы рассмотрим затраты на полный технический цикл, то некоторые возобновляемые источники уже сейчас могут конкурировать с традиционными энергетическими ресурсами. Несмотря на это, потенциал этих финансово жизнеспособных технологий ВИЭ не реализуется полностью из-за различных барьеров рынка, таких как государственное субсидирование традиционных топлив. По некоторым данным ежегодное государственное финансирование в России газовой промышленности составляет 25 млрд. долл. США, а электроэнергетики – 15 млрд. долл. США.

Выходом из сложившейся ситуации вполне может стать региональное развитие альтернативной энергетики. Так, например, внедрение разработанных технологий в Удмуртской Республике поможет создать благоприятную экономическую обстановку для устойчивого развития региона и повышения его конкурентоспособности.

Кроме того, социальная эффективность возобновляемой энергетики выражается наличием прямых и косвенных рабочих мест с высокой степенью устойчивости, т.к. эта отрасль менее всего подвержена кризисным влияниям. Отсутствие эмиссии CO₂ и других вредных выбросов улучшает условия проживания населения. Установки небольшой мощности существенно влияют на комфортность проживания людей не подключенных к сетям общего пользования.

Примечания

[Sonnenschein, Mundaca, 2016](#) – Sonnenschein J., Mundaca L. (2016). Decarbonization under green growth strategies? The case of South Korea. *Journal of Cleaner Production*. 123, pp. 180-193.

[Биоэнергетика России, 2012](#) – Биоэнергетика России в XXI веке. Москва, 2012. 37 с. [In Russian]

[Mathews, 2012](#) – Mathews J.A. (2012). The renewable energies technology surge: A new techno-economic paradigm in the making? *Futures* 46, pp. 10-22.

[Выгузова, 2013](#) – *Выгузова М.А.* (2013). Исследование технологии утилизации отходов в сельскохозяйственном производстве. *Журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 85. С. 338-348. [In Russian]

[Кудряшова, Выгузова, 2014](#) – *Кудряшова А.Г., Выгузова М.А.* (2014). Научно-технические проблемы использования новых технологий в области возобновляемых источников энергии // *Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и IX научной молодежной школы*. М.: Университетская книга, 2014. [In Russian]

References

[Sonnenschein, Mundaca, 2016](#) – Sonnenschein J., Mundaca L. (2016). Decarbonization under green growth strategies? The case of South Korea. *Journal of Cleaner Production*. 123, pp. 180-193.

[Bioenergetika Rossii, 2012](#) – *Bioenergetika Rossii v XXI veke* [The bioenergy of Russia in XXI century]. Moskva, 2012. 37 p.

[Mathews, 2012](#) – Mathews J.A. (2012). The renewable energies technology surge: A new techno-economic paradigm in the making? *Futures* 46, pp. 10-22.

[Vyuzova, 2013](#) – *Vyuzova M.A.* (2013). Issledovanie tekhnologii utilizatsii otkhodov v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve [The research of technology of recycling of waste in agricultural production]. *Zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013. № 85. pp. 338-348.

[Kudryashova, Vyuzova, 2014](#) – *Kudryashova A.G., Vyuzova M.A.* (2014). Nauchno-tekhnicheskie problemy ispol'zovaniya novykh tekhnologii v oblasti vozobnovlyaemykh istochnikov energii [Scientific and technical problems of using new technologies in the field of renewable energy] // *Vozobnovlyaemye istochniki energii: Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhduнародnym uchastiem i IX nauchnoi molodezhnoi shkoly*. М.: Universitetskaya kniga, 2014.

УДК [556.013 + 581.1](#)

Использование биоэнергетики для устойчивого развития региона на примере Удмуртской республики

Мария Анатольевна Выгузова ^{a,*}, Анастасия Геннадьевна Кудряшова ^b

^a Удмуртский государственный университет, Ижевск, Российская Федерация

^b Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы развития использования и перспективы биоэнергетики как одного из драйверов устойчивого развития как страны в целом, так и отдельного региона. Цель исследования – возможность внедрения разработанного замкнутого биоэнергетического комплекса в сельское хозяйство Удмуртской Республики. Для достижения цели был разработан энергоэффективный комплекс с двумя биоэнергетическими установками, посчитан технологический цикл биогазовой установки. Количество вырабатываемой тепловой энергии составит до 465 кВт/час. По проведенным исследованиям можно сделать вывод о необходимости развития возобновляемых источников энергии, в частности биоэнергетики, для перехода России из пятого в шестой технологический уклад и устойчивого развития экономики регионов.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, биоэнергетика, устойчивое развитие, технологические уклады, биогазовые технологии.

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: mas5@mail.ru (М.А. Выгузова), offpost@bk.ru (А.Г. Кудряшова)