

УДК 620.952

О. О. Тітлова 

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, Україна

✉ e-mail: titlova@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4034-7159>

ВОДОРОСТІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

Сьогодні людство починає розуміти наслідки небайливого використання енергетичних ресурсів. В останнє десятиріччя активно розвивається новий напрямок господарювання – «The Blue Economy» («Синя економіка»). Її мета полягає в пошуку інноваційних рішень, які є безпечними для довкілля і суспільства. Біоенергетика – це один з напрямів «Синьої економіки», що активно розвивається останнім часом. В статті розглянуто можливість, доцільність та приклади використання водоростей як сировини для виробництва енергетичних ресурсів: концепцію будинку нового покоління «BIQ house», який живиться енергією, що виробляється з мікрowodоростей, які знаходяться в його панелях; виробництво нафти, газу та масел в спеціалізованих установках-реакторах. Крім того, розглянуто різні способи вирощування біомаси, необхідної для отримання біопалива, та можливість використання таких технологій в Україні.

Ключові слова: «синя економіка», біоенергетика, водорості, біомаса, біопаливо, BIQ house, біореактори.

О. А. Титлова

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039, Украина

ВОДОРΟΣЛИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Сегодня человечество начинает понимать последствия необдуманного использования энергетических ресурсов. В последнее десятилетие активно развивается новое направление хозяйства – «The Blue Economy» («Синяя экономика»). Ее цель заключается в поиске инновационных решений, которые являются безопасными для окружающей среды и общества. Биоэнергетика – это одно из направлений «Синей экономики», которое активно развивается в последнее время.

В статье рассмотрена возможность, целесообразность и примеры использования водорослей в качестве сырья для производства энергетических ресурсов: концепцию дома нового поколения «BIQ house», который питается энергией, вырабатываемой из микроводорослей, находящихся в его панелях; производство нефти, газа и масел в специализированных установках-реакторах. Кроме того, рассмотрены различные способы выращивания биомассы, необходимой для получения биотоплива, и возможность использования таких технологий в Украине.

Ключевые слова: «синяя экономика», биоэнергетика, водоросли, биомасса, биотопливо, BIQ house, биореакторы.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/0453-8307.5/2015.51937>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Людство завжди потребувало, потребує і буде потребувати для свого комфортного існування енергетичні ресурси. При цьому, в процесі еволюції світового суспільства потреба в цих ресурсах значно зростає. Разом з тим, якщо на початку науково-технічного прогресу головною метою був видобуток енергії будь-яким чином, то згодом, коли людство почуло перші дзвіночки з боку екологічної ситуації, почало еволюціонувати і мислення людини щодо необхідності змін в області енергетики. З'являється так звана «The Green Economy» («Зелена економіка») з її аксіомами про

те, що все на поверхні Землі є взаємопов'язаним, що неможливо нескінченно розширювати сферу впливу в обмеженому просторі та неможливо вимагати задоволення нескінченно зростаючих потреб в умовах обмеженості ресурсів. Її головна концепція – збереження благополуччя суспільства за рахунок ефективного використання природних ресурсів, а також забезпечення повернення продуктів кінцевого користування у виробничий цикл. Тобто, «Зелена економіка» спрямована на економне споживання нафти і газу та раціональне використання невичерпних ресурсів. Це був

перший крок в пробудженні свідомості людства по відношенню до того, що ми залишимо нащадкам. Але зрозуміло, що «Зелена економіка» має обмежені перспективи. Тому, в останнє десятиріччя починає динамічно розвивається новий напрямок – «The Blue Economy» («Синя економіка»). Сьогодні «Синя економіка» – це тип господарського мислення, який у своїй книзі «Синя Економіка: 10 років, 100 інновацій, 100 мільйонів робочих місць» пропонує бельгійський підприємець Гюнтер Паулі. Згідно з думкою Г. Паулі, людство може знайти достатньо прості й дешеві рішення в умовах обмежених ресурсів, не завдаючи шкоди довкіллю, просто уважніше придивившись до того, як все влаштовано в природі. Мета «Синьої економіки» – знайти інноваційні рішення, які є безпечними для довкілля і суспільства. На даний час цьому напрямку присвячені сотні публікацій і патентів, розроблено нові технології, створено сотні науково-виробничих компаній у різних країнах світу.

Так, одним з дуже важливих напрямів «Синьої економіки» є глибока промислова переробка водоростей з морських, річкових, озерних і штучних водоймищ з метою отримання широкого асортименту цінних продуктів. На сьогоднішній день важко перелічити всі області застосування водоростей у повсякденному житті сучасного світу [1-5]. Це і медицина, косметологія, тваринництво і навіть космічний простір. Але найбільше розповсюдження водорості знайшли у харчуванні. З них виготовляють корисні БАДи або додають до страв в оригінальному вигляді, оскільки вони мають гарні смакові якості та містять повноцінний білок, який легко засвоюється.

Окремим напрямом їх використання, на який сьогодні треба звернути увагу, є біоенергетика. Найбільш актуальним в даний час є розробка підходів до промислового виробництва біопалив «третього» покоління, заснованих саме на використанні біомаси водоростей. Розглянемо фактори, які вказують на доцільність використання водоростей як сировини [6]:

1. Водорості є джерелом масел, протеїнів, вуглеводів, а також відмінною сировиною для виробництва заміниці природного газу та інших енергетичних продуктів.

2. Енергетичний потенціал водоростей в 50-100 разів перевищує потенціал олійних культур (ріпаку, соняшнику), які є відомою сировиною для отримання біодизелю. Відомо, що на один гектар соняшник дає 0,8 тонн масла, ріпак – 1 тону, а мікроводорість хлорела – 79,3 тонни.

3. Водорості ростуть в 20-30 разів швидше наземних рослин (деякі види мікроводоростей можуть подвоювати свою біомасу кілька разів на добу).

4. Безвідходність виробництва – в процесі переробки сировини використовується вся біомаса водоростей.

5. Витрати на вирощування водоростей на порядки менше витрат на вирощування олійних

культур, особливо якщо врахувати, що використовується теплова енергія (для підігріву води в розпіднику у разі необхідності) і вуглекислий газ є побічними продуктами основного виробництва.

6. Відсутність у водоростей твердої оболонки і лігніну робить їх переробку в рідкі палива більш простою і ефективною.

7. Можливість вирощування водоростей у всіх водах (прісній, солоній, стічній та ін.). Тут також слід відзначити здатність водоростей очищати навколишнє середовище від забруднень, оскільки вони здатні використовувати для харчування забруднені нітратами і фосфатами стічні води, поглинати оксиди азоту, якими так багаті промислові викиди. В процесі своєї життєдіяльності водорості перетворюють шкідливі речовини, що знаходяться у воді, в корисну речовину – біомасу. При цьому забруднена стічна вода не впливає на їх ріст.

8. Можливість промислового вирощування водоростей в фотобіореакторах або відкритих системах.

9. Це нехарчова біомаса, тому їх використання в такій якості не впливає на фактор продовольчої безпеки.

10. Екологічний ефект: водорості не тільки зменшують викиди парникових газів CO₂ (вони поглинають до 90% вуглекислого газу), але і відновлюють склад атмосфери в процесі своєї життєдіяльності.

Одним з найпростіших прикладів використання водоростей як енергетичних ресурсів є будинок, що було побудовано у м. Гамбург, Німеччина [7]. BIQ house – спільний проект австрійською фірмою Splitterwerk при співробітництві з компаніями Arup, Colt International і Strategic Science Consult of Germany. Особливим цей будинок робить те, що його фасад з південно-східної і південно-західної сторін облицьований скляними панелями-біореакторами два сантиметри завтовшки, в яких знаходяться мікроводорості – жителі прилеглої річки Ельби. Такі панелі дозволяють не тільки виробляти енергію, але й захищають приміщення від прямих сонячних променів в літній час, а також сприяють зниженню рівня шуму. Концепція BIQ house побудована на тому, що на сонячному світлі мікроводорості добре ростуть і розмножуються. Одержувана природним чином біомаса направляється потім у спеціалізований біореактор з ферментами для отримання біогазу, який використовується для опалення та генерації електрики.

Компанія-розробник стверджує, що такі технології можна легко масштабувати на будівлі будь-яких розмірів. Такий підхід до проектування будинків дозволив би, крім усього іншого, вирішити і екологічну проблему великих міст – очистити повітря шляхом перетворення в процесі

свої життєдіяльності вуглекислого газу на кисень [8].



Рисунок 1 – Перший експериментальний будинок BIQ house, що генерує енергію за допомогою розташованих на його фасаді панелей з мікрводоростями (м. Гамбург, Німеччина)

Щодо технологій видобутку з водоростей біопалива – тут існує багато різних варіантів. Так, наприклад, вчені з Тихоокеанської національної північно-західної лабораторії Міністерства енергетики США пропонують перетворювати водорості на нафту, імітуючи природний процес за допомогою спеціалізованого реактора, в якій вводять гарячу воду під тиском 20,7 МПа і температурою 350 °C [9]. Розроблена ними технологія різко прискорює процес, тому менш ніж за годину з реактору отримують нафту і невелику кількість біогазу, з якого можна отримувати метан.

В Японії Tokyo Gas і NEDO для отримання метану запропонували технологію бродіння біомаси морських водоростей із застосуванням мікроорганізмів [10]. Видобутий з водоростей метан направляється в газовий двигун, що обертає електричний генератор. Розробниками заявлено, що така установка переробляє 1 тону водоростей у день, з виходом метану – 20 тис. літрів. Потужність генератора такої установки складає 10 кВт, що достатньо для живлення 20 будинків.

До більш традиційних технологій отримання біопалива з водоростей (спиртів, метану, біодизелю, водню з синтегазом, брикетів твердої біомаси) можна віднести екстракцію (в т.ч. ультразвукову), переетерифікацію, ферментацію, анаеробну переробку, газифікацію і сушку.

Але, зрозуміло, що на відміну від розглянутого вище будинку BIQ house, який сам в собі «вищує» водорості, промислове виробництво біопалива потребує іншої організації підготовки сировини. Тобто дуже важливим в такій ситуації є саме процес вирощування біомаси водоростей. Існують 3 способи вирощування

біомаси водоростей: у відкритих басейнах, в закритих басейнах та у фотобіореакторах [5].



Рисунок 2 – Ферма для вирощування водоростей компанії Sapphire Energy (Нью Мексіко, США)

У відкритих басейнах водорості вирощують в тих місцевостях, де це можливо за екологічними і кліматичними показниками (водорості потребують не нижче +15 °C). Такий спосіб застосовується в Болгарії, Італії, Ізраїлі, Мексиці, Чилі, Бразилії, Таїланді, Індії, Китаї, США (Каліфорнія), Середній Азії та Казахстані. Він більш економічний, але дає менше врожаю. Крім того, при такому способі дуже важко контролювати чистоту штамів мікроорганізмів.

Закриті системи культивування біомаси водоростей уявляють собою теплиці з фотосинтезуючими блоками, які розташовують зазвичай максимально близько до тепла і сонця. Такий спосіб вирощування біомаси використовується здебільшого в країнах з холодним кліматом.

Фотобіореактори забезпечують велику врожайність за короткий час та можуть використовуватись будь-де, незважаючи на екологічні та кліматичні умови. Крім того, вони дозволяють впливати на якість вирощуваної біомаси, а саме – на вміст масла у сировині. Бо, хоча водорості є високоефективними перетворювачами сонячної енергії у відновлювану біомасу, більшість відомих водоростей запасає сонячну енергію у вигляді цукрів, а не у вигляді необхідних масел (жирів або ліпідів), тобто триацилгліцеридів або фосфоліпідів [11]. При наявності світла, вуглекислого газу і деяких мікроелементів, більшість водоростей запасає у вигляді жирів всього близько 15-20% від своєї сухої ваги. Тільки за певних умов водорості здатні перемикаються на процес відомий як «ліпідний тригер» і запасати усередині своїх клітин продукти фотосинтезу у вигляді масел.



Рисунок 3 – Фотобіореактор для вирощування біомаси водоростей, Центр з видобутку та переробки водоростей (Атланта, США)

В фотобіореакторах є можливість створити найбільш сприятливі умови для культивування у біомасі саме тих речовин, які потрібні в тому чи іншому випадку. Вони дозволяють забезпечити водорості необхідними поживними речовинами, вуглекислим газом, стабільним значенням рН середовища, підтримкою осмотичності середовища, однорідністю складу середовища, забезпечують контроль та регулювання температури середовища.

Отже, на сьогодні відомо багато технологій отримання екологічного біопалива з біомаси водоростей. Наша країна має бути зацікавлена в таких розробках не тільки з боку покращення екологічного стану, але і з боку альтернативи традиційним джерелам енергії, зважаючи на енергетичну кризу, в якій ми зараз опинились. Відомо, що в Україні вже існують розробки в даній сфері. Першими з такою ініціативою виступили фахівці ВАТ «БіодизельДніпро» (м. Дніпропетровськ), якими було розроблено свою технологію і обладнання для виробництва мікроросточень та отримання масла для виготовлення біопалива [12].

Україна має весь необхідний потенціал для розвитку біопалива з водоростей, бо в нас є в достатній кількості промислових підприємств, де в

якості відходів виділяється вуглекислий газ, азот, фосфор, а стічні води багаті на важкі метали, які так полюбляють ці зелені організми. Все це, у сукупності з сонячним світлом, може бути дбайливо використано для подвійної користі – і нешкідливе паливо отримати, і воду з атмосферою очистити.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Singh, J.** 2010. *Renewable and sustainability energy*. Reviews 14 (2010), 2596-2610.
2. **Tamas Juracsek.** 2013. *Algae farming*. Overview 4/25/2013.
3. **Pauli, G.** The Blue Economy Case77, Fibre from Algae.
4. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://rusnor.org/pubs/articles/10690.htm> Дата звернення: 14.07.2015.
5. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://rusnor.org/pubs/articles/10752.htm> Дата звернення: 14.07.2015.
6. **Монсеев И.И., Тарасов В.Л., Трусков Л.И.** Эволюция биоэнергетики. Время водорослей // Химический журнал. – 2009. – № 12. - С. 24-29.
7. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://rus.newsru.ua/arch/world/17apr2013/greenhouse.html> Дата звернення: 14.07.2015.
8. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://spirulinalive.com.ua/articles/dom-iz-vodorosley.html> Дата звернення: 14.07.2015.
9. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://www.pnnl.gov/> Дата звернення: 14.07.2015.
10. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://www.membrana.ru/particle/10537> Дата звернення: 14.07.2015.
11. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://tech-life.org/technologies/273-algae-industry> Дата звернення: 14.07.2015.
12. [Електронний ресурс]. Код доступу: <http://bio-x.ru/articles/mikrovodorosli-istochnik-biotopliva> Дата звернення: 14.07.2015.

Отримана в редакції 04.08.2015, прийнята до друку 03.09.2015

O. A. Titlova ✉

Odessa National Academy of Food Technologies, 112, Kanatnaya str., Odessa, 65039, Ukraine

✉ e-mail: titlova@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4034-7159>

ALGAE AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

Today humanity is beginning to understand the consequences of ill-considered use of energy resources. In the last decade a new direction of the economy is actively developing – «The Blue Economy». Its aim is to find innovative solutions that are safe for the environment and society. Bioenergy is one of the directions of the «Blue Economy» which is actively developing lately. The article discusses the possibility, advisability and examples of the algae use as a feedstock for the energy resources production: the concept of a new generation of house – «BIQ house», which is powered by energy from microalgae which is in its panels; production of oil and gas in specialized reactors. The different ways of growing the biomass required to biofuels production and the use of such technologies in Ukraine are considered.

Key words: «The Blue economy», bio-energy, algae, biomass, biofuels, BIQ house, bioreactors.

REFERENCES

1. **Singh, J.** 2010. Renewable and sustainability energy. *Reviews* 14 (2010), 2596-2610.
2. **Tamas Juracsek.** Algae farming. Overview 4/25/2013.
3. **Pauli, G.** The Blue Economy Case77, Fibre from Algae.
4. [Electronic source]. Access: <http://rusnor.org/pubs/articles/10690.htm> Access date: 14 July 2015.
5. [Electronic source]. Access: <http://rusnor.org/pubs/articles/10752.htm> Access date: 14 July 2015.
6. **Moiseev, I. I., Tarasov, V. L., Trusov, L. I.** 2009. Evolution of bioenergy. Time algae. *The Chemical Journal*, No 12, 24-29.
7. [Electronic source]. Access: <http://rus.newsru.ua/arch/world/17apr2013/greenhouse.html> Access date: 14 July 2015.
8. [Electronic source]. Access: <http://spirulinaalive.com.ua/articles/dom-iz-vodorosley.html> Access date: 14 July 2015.
9. [Electronic source]. Access: <http://www.pnnl.gov/> Access date: 14 July 2015.
10. [Electronic source]. Access: <http://www.membrana.ru/particle/10537>
11. [Electronic source]. Access: <http://tech-life.org/technologies/273-algae-industry> Access date: 14 July 2015.
12. [Electronic source]. Access: <http://bio-x.ru/articles/mikrovodorosli-istochnik-biotopliva> Access date: 14 July 2015.

Received 04 August 2015

Approved 03 September 2015

Available in Internet 26.10.2015