

ISSN 1684-6435

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ



4(232)2020

К статье Ю. Л. Ткаченко, И. С. Щербаковой, С. Д. Морозова,  
М. Ю. Горбенко, Н. Н. Литвинова, Е. А. Ратуева

«О РЕАЛИЗУЕМОМ В ШВЕЦИИ ПРОЕКТЕ АВТОНОМНОГО МОДУЛЯ  
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЮДЕЙ»



Летающий ветрогенератор Wing 7



Ветрогенератор Пиготта

Рис. 3. Получение энергии от ветрогенератора: слева – проект 2016 г.; справа – проект CLB

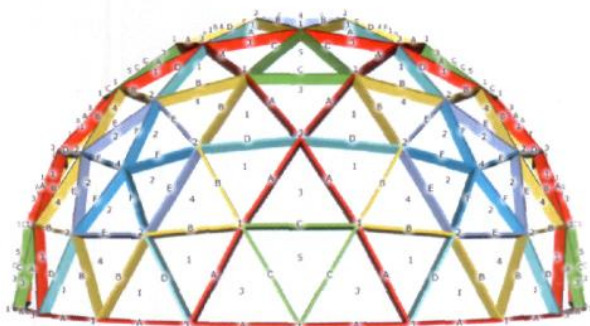
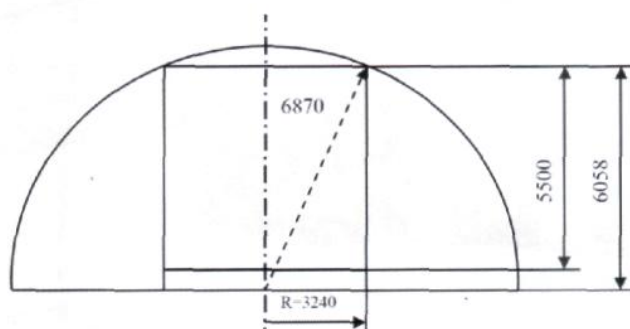


Рис. 4. Купольное сооружение модуля: слева – проект 2016 г.; справа – проект CLB



Центральный цилиндрический  
аэропонный фитотрон – люминостаг

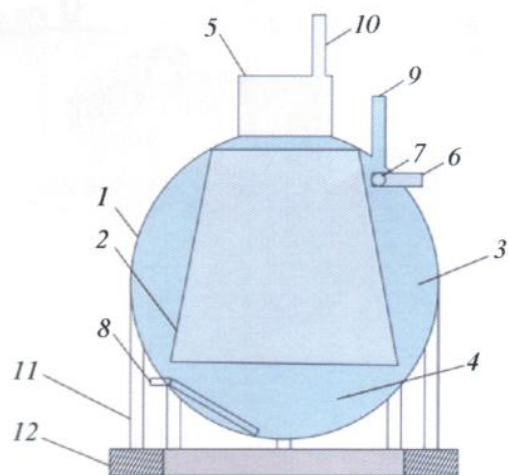


Аэропонные башни

Рис. 5. Фитотрон для производства растительного питания: слева – проект 2016 г.; справа – проект CLB

К статье Ю. Л. Ткаченко, И. С. Щербаковой, С. Д. Морозова,  
М. Ю. Горбенко, Н. Н. Литвинова, Е. А. Ратуева

«О РЕАЛИЗУЕМОМ В ШВЕЦИИ ПРОЕКТЕ АВТОНОМНОГО МОДУЛЯ  
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЮДЕЙ»



Сферический метантенк



Цилиндрический метантенк

Рис. 6. Метантенк-биореактор для организации замкнутого водооборота:

слева – проект 2016 г.: 1 – резервуар; 2 – перегородка для разделения зон брожения; 3 – внешняя камера первой фазы сбраживания; 4 – внутренняя камера второй фазы сбраживания; 5 – газосборная горловина; 6 – патрубок, подающий органический раствор; 7 – система распределения раствора; 8 – патрубок отвода осадка; 9, 10 – патрубки для отвода газов; 11 – опорные стойки; 12 – основание; справа – проект CLB

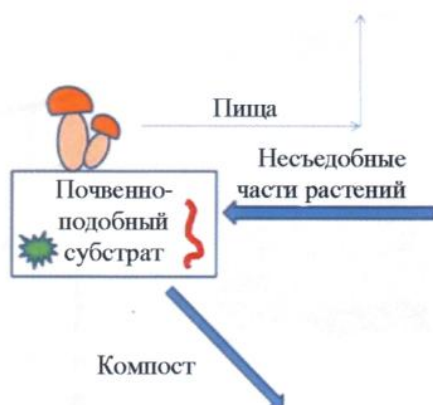


Рис. 7. Использование метода биокomпостирования органических отходов для получения почвоподобного субстрата и выращивания растительного питания: слева – проект 2016 г.; справа – проект CLB



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

**Редакционный совет:**

АГОШКОВ А. И., д.т.н., проф.  
 ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,  
 д.т.н., проф.  
 ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,  
 д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)  
 КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,  
 проф.  
 ПЛЮЩИКОВ В. Г., д.с.-х.н., проф.  
 ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.  
 РОДИН В. Е., д.т.н., проф.  
 ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.  
 УШАКОВ И. Б., акад. РАН,  
 д.м.н., проф.  
 ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,  
 д.т.н., проф.  
 ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН,  
 д.м.н., проф.  
 АНТОНОВ Б. И.  
 (директор издательства)

**Главный редактор**

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

**Зам. главного редактора**

ПОЧТАРЕВА А. В.

**Редакционная коллегия:**

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.  
 ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.  
 ВОРОБЬЕВ Д. В., д.м.н., проф.  
 ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.  
 (Польша)  
 ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.  
 КИРСАНОВ В. В., д.т.н., проф.  
 КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.  
 КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,  
 проф.  
 КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,  
 проф.  
 КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.  
 МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.  
 МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.  
 МАТЮШИН А. В., д.т.н.  
 МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.  
 МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.  
 РОДИН Г. А., д.т.н., проф.  
 СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.  
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.  
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.  
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

4(232)  
2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ

- Филипова Н. С., Волохина А. Т., Глебова Е. В. Анализ влияния различных факторов на статистические показатели производственного травматизма на объектах ТЭК ..... 3  
 Краснов А. А., Сыромятникова Л. И. Медико-социальные аспекты охраны психического здоровья будущих специалистов опасных профессий ..... 11  
 Каспрук Л. И. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности в аспекте профилактической работы медицинского персонала с женским населением ... 15

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Титова Т. С., Ахтямов Р. Г., Елизарьев А. Н., Ефременко В. В., Чуенко А. С. Анализ опасности и разработка устройства для повышения безопасности железнодорожного транспорта ..... 20

### ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Харин В. В., Кондашов А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю. Пожарная безопасность жилых домов в зависимости от их этажности ..... 25

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Ткаченко Ю. Л., Щербакова И. С., Морозов С. Д., Горбенко М. Ю., Литвинов Н. Н., Ратуев Е. А. О реализуемом в Швеции проекте автономного модуля для обеспечения жизнедеятельности людей ..... 30  
 Бобович Б. Б., Попова Е. В. Утилизация автокомпонентов из пластмасс ..... 37  
 Семенова Н. В., Ашвиц И. В., Кашева К. А., Похиленко А. Ю. Оценка сформированности экологической грамотности студентов ..... 41

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Котломин Н. Е., Ревазов А. М. Оценка влияния активных тектонических разломов на подземные трубопроводы ..... 45  
 Монашков В. В., Малаян К. Р. Повышение уровня безопасности газового хозяйства жилищно-коммунального сектора ..... 48

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Томаков М. В., Томаков В. И. Профилактика лесных пожаров на территории Курской области ..... 52

### ОБРАЗОВАНИЕ

- Ковалева-Кривоносова Т. Л. Анализ подготовки управленцев, отвечающей требованиям международного стандарта ISO 45001:2018 ..... 61

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, так как он включен в Международную базу данных Chemical Abstracts. Журнал также индексируется в Российском индексе научного цитирования.



# LIFE SAFETY

## BEZOPASNOST' ZHIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since  
January 2001

4(232)  
2020

### Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)  
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,  
Dr. Sci. (Tech.)  
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)  
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)  
PLYUSHCHIKOV V. G.,  
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)  
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)  
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)  
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)  
USHAKOV I. B., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Med.)  
FEDOROV M. P., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Tech.)  
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Med.)  
ANTONOV B. I.

### Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

### Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

### Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)  
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
VOROBYEV D. V., Dr. Sci. (Med.)  
ZABOROVSKIY T. (Poland),  
Dr. Sci. (Tech.)  
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)  
KIRSANOV V. V., Dr. Sci. (Tech.)  
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)  
KRASNOGORSKAYA N. N.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
KSENOFONTOV B. S.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)  
MARTYNYUK V. Ph.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)  
MIRMOVICH E. G.,  
Cand. Sci. (Phys.-Math.)  
RODIN G. A., Dr. Sci. (Tech.)  
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)  
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)  
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)  
SHVARTSBURG L. E.,  
Dr. Sci. (Tech.)

## CONTENTS

### LABOUR AND HEALTH PROTECTION

- Filipova N. S., Volokhina A. T., Glebova E. V.** Analysis of the Influence of Various Factors on Statistical Indicators of Industrial Injuries at the Fuel and Energy Facilities ..... 3  
**Krasnov A. A., Syromiatnikova L. I.** Medical and Social Aspects of Protecting the Mental Health of Future Specialists in Dangerous Professions ..... 11  
**Kaspruk L. I.** Medical and Biological Bases of Life Safety in the Aspect of Preventive Work of Medical Personnel with the Female Population ..... 15

### INDUSTRIAL SAFETY

- Titova T. S., Akhtyamov R. G., Elizariyev A. N., Efremenko V. V., Chuyenko A. S.** Hazard Analysis and Development of Railway Transport Safety Device ..... 20

### FIRE SAFETY

- Kharin V. V., Kondashov A. A., Bobrinev E. V., Udavtsova E. Yu.** Fire Safety of Residential Buildings Depending on their Number of Storeys ..... 25

### ECOLOGICAL SAFETY

- Tkachenko Y. L., Sherbakova I. S., Morozov S. D., Gorbenko M. Yu., Litvinov N. N., Ratuev E. A.** On the Project of an Autonomous Module for People's Life Support being Implemented in Sweden ..... 30  
**Bobovich B. B., Popova E. V.** Recycling of Automotive Components from Plastics ..... 37  
**Semenova N. V., Ashvic I. V., Kasheva K. A., Pohilenko A. Yu.** Comparative Analysis of Environmental Literacy of Students ..... 41

### EMERGENCY

- Kotlomin N. E., Revazov A. M.** Assessment of the Influence of Active Tectonic Faults on Underground Pipelines ..... 45  
**Monashkov V. V., Malajin K. R.** Improving the Security of the Gas Sector in the Housing and Communal Sector ..... 48

### REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

- Tomakov M. V., Tomakov V. I.** Prevention of Forest Fires in the Kursk region ..... 52

### EDUCATION

- Kovaleva-Krivososova T. L.** Analysis of Management Training that Meets the Requirements of the International Standard ISO 45001:2018 ..... 61

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: [bjd@novtex.ru](mailto:bjd@novtex.ru)

УДК 602.44

**Ю. Л. Ткаченко**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, e-mail: Tkachenko\_Y\_L@bmstu.ru,  
**И. С. Щербакова**, ст. преп., **С. Д. Морозов**, ст. преп.,  
**М. Ю. Горбенко**, магистрант, **Н. Н. Литвинов**, магистрант, **Е. А. Ратуев**, студент,  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

## О реализуемом в Швеции проекте автономного модуля для обеспечения жизнедеятельности людей

*Освещено участие студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана и других университетов из стран СНГ в реализации проекта автономного энерго- и экологонезависимого модуля, предназначенного для обеспечения жизнедеятельности людей путем организации замкнутого ресурсного цикла внутри купольного сооружения. Приведено сравнение технических решений, применяемых при строительстве модуля Closed Loop Baltic (CLB) в экологическом поселении Сюдербин (Suderbyn Ecovillage), расположенном на шведском острове Готланд, находящемся в Балтийском море, и проекта автономного жилого модуля, разработанного студентами МГТУ им. Н. Э. Баумана в 2016 г. Описаны виды работ, проводившихся студентами, оборудование, проектированием которого они занимались. Рассмотрены изученные студентами теоретические вопросы экологии, связанные с проблемой улучшения экологического состояния Балтийского моря, осуществляемого путем исключения поступления соединений азота и фосфора с поверхностным стоком с сельскохозяйственных территорий, что способно предотвратить процесс дальнейшей эвтрофикации водной среды Балтики. Описана форма социальной организации при создании модуля CLB членами общины Сюдербина с привлечением волонтеров, в том числе — студентов, в рамках практикума по возобновляемым ресурсам "Renewability" европейской образовательной программы "Эразмус".*

**Ключевые слова:** искусственные экосистемы, замкнутый ресурсный цикл, агропоника, биокомпостирование, метановое сбраживание отходов, экология Балтийского региона, экопоселение Сюдербин, программа "Эразмус"

### Введение

В мае 2016 г. в журнале "Безопасность жизнедеятельности" вышла статья авторского коллектива кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана с участием студентов, обучавшихся по программе бакалавриата направления "Техносферная безопасность", в которой был описан проект автономного, энерго- и экологонезависимого модуля для обеспечения жизнедеятельности человека в условиях арктической природной среды [1], в то время воспринимаемого как фантастика. Однако спустя всего два года подобный проект уже реализуется на практике в экологическом поселении Сюдербин (Suderbyn Ecovillage), расположенном на шведском острове Готланд, находящемся в Балтийском море.

Проект 2016 г. предусматривал строительство модуля, позволяющего обеспечить жизнедеятельность людей на основе автономного энергообеспечения и замкнутости внутренних материальных потоков. Автономность модуля можно обеспечить за

счет местных энергетических ресурсов. Замкнутость потоков вещества в искусственной среде обитания обеспечивается за счет воспроизведения функций продуцентов, консументов и редуцентов, наподобие того, как это происходит в природных экосистемах. Поэтому такой модуль можно назвать искусственной экосистемой (ИЭС), схема замкнутого круговорота вещества внутри которой приведена на рис. 1.

Замкнутость по газообмену обеспечивается наличием в ИЭС культиваторов микроводорослей и фототрофного звена, включающего в себя высшие растения, а также компостированием органических отходов. Замкнутость по питанию обеспечивается путем постоянного воспроизводства в фототрофном звене ИЭС растительной пищи с добавками животных белков в виде консервированной пищи. Замкнутость по водообороту обеспечивается наличием биологической анаэробной системы очистки воды от органических загрязнений.

Такой модуль с автономным энергоснабжением, например от ветровых источников, обеспечит не

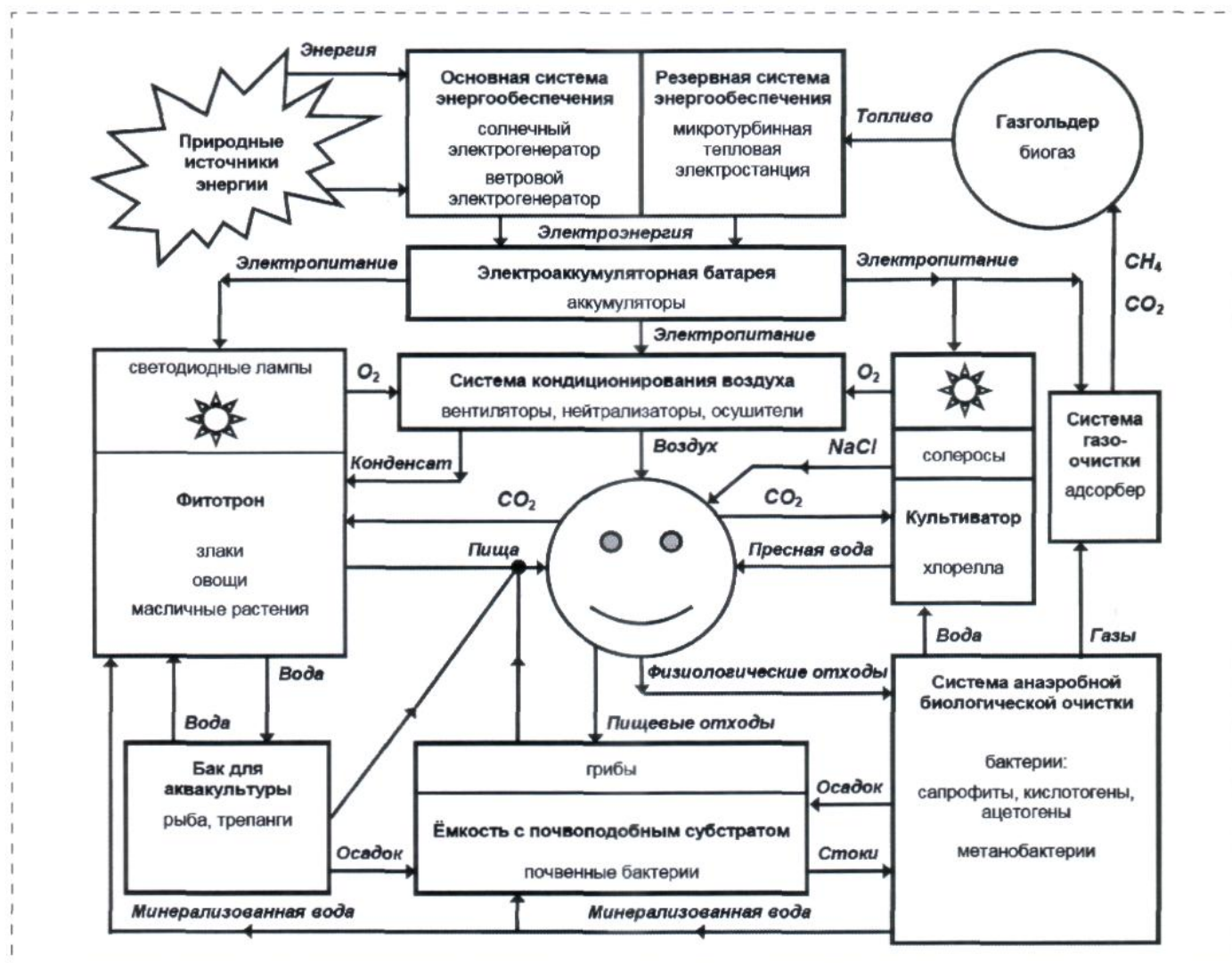


Рис. 1. Схема потоков вещества и энергии в автономном жилом модуле

только безопасное и комфортное проживание людей в благоприятной среде, но и нулевой уровень эмиссии загрязняющих веществ и антропогенного воздействия на окружающую природную среду, что позволит сберечь уникальные экологические системы. Поэтому выбор проекта ИЭС для реализации в Швеции был обоснован необходимостью сохранения и восстановления экосистем Балтийского моря.

### Цель проекта.

#### Улучшение экологического состояния Балтики

Балтийский регион отличается многоукладностью способов хозяйствования, так как его побережье поделено между девятью странами: Россией, Данией, Финляндией, Германией, Швецией, Польшей, Эстонией, Латвией и Литвой. Кроме того, согласно данным, приведенным в работе [2],

некоторые страны владеют несколькими приморскими регионами, различающимися по своему морехозяйственному потенциалу. Это Россия (Финский залив и Калининградское взморье), Швеция (Гёталандское побережье и западный берег Ботнического залива), Финляндия (Южное побережье и восточный берег Ботнического залива). Такая пестрота политико-административного и экономического деления побережья и вод Балтийского моря обусловила отсутствие в данном регионе единого государственного природоохранного механизма. Это, в свою очередь, привело к серьезному нарушению экосистем Балтики.

Наиболее существенный вклад в ухудшение экологии Балтийского моря вносят находящиеся вблизи побережья индустриально развитые районы, густонаселенные города и интенсивно используемые сельхозугодья, на которых применяются удобрения с аммонийным азотом, нитратами и



фосфатами [3]. Ежегодно с коммунальными стоками городов и жидкими отходами промышленных предприятий, а также со смывом удобрений с полей в воды Балтики попадают сотни тысяч тонн азота и десятки тысяч тонн фосфора. Высокие суммарные концентрации азота и фосфора в Балтийском море вызывают эвтрофикацию — спонтанный неконтролируемый рост простейших синезеленых водорослей. Эвтрофикация приводит к снижению концентрации кислорода в воде. Нехватка кислорода в свою очередь лимитирует рост и развитие других морских организмов, что уничтожает пищевые ресурсы для развития зоопланктона и рыб. Это приводит к деградации и упрощению водных экосистем и утрате аборигенной ихтиофауны. Из-за этого биогенные органические вещества не полностью поглощаются живыми организмами и разлагаются в воде, выделяя губительный для морских обитателей сероводород. В настоящее время концентрация газа в сероводородных зонах на дне крупнейших впадин Балтийского моря (Борнхольмской, Готландской и Гданьской) уже настолько велика, что там не могут существовать никакие живые организмы [3].

Чтобы предотвратить окончательное уничтожение экосистемы Балтийского моря, в 1992 году Хельсинской комиссией (ХЕЛКОМ) была подготовлена новая Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря, которая учитывала изменения на политической карте, произошедшие в результате распада Советского Союза. Россия ратифицировала эту Конвенцию в 1998 г., а 15 ноября 2007 г. в Кракове (Польша) министры охраны окружающей среды стран — членов ХЕЛКОМ приняли "План действий по Балтийскому морю" (ПДБМ). Этот план предусматривает внедрение жестких требований по удалению биогенных элементов из сточных вод и установление квот на сброс биогенных элементов для каждой страны Балтийского региона [4].

Важной составляющей ПДБМ является увеличение инвестиций в науку и образование, как инструмент развития Балтийского региона и способ улучшения состояния охраны окружающей среды. Механизмом реализации данного пункта плана стало участие университетов стран региона Балтийского моря — Швеции, Германии, Финляндии, Польши, Литвы в Программе Европейской комиссии "Эразмус". Целью этой программы является повышение качества высшего образования, а также установление диалога культур посредством академической мобильности и сотрудничества между европейскими университетами и университетами других стран [5]. Приоритетные проекты "Эразмус" ориентированы на

подготовку специалистов для решения вопросов охраны окружающей среды.

Осенью 2018 г. по программе сотрудничества университетов "Эразмус" и ее партнерским программам в Швеции проводился учебно-лабораторный практикум по возобновляемым ресурсам "Renewability". В рамках этого практикума осуществлялось строительство автономного модуля, включающего в себя фитотроны для производства растительного питания и систему биологической очистки коммунальных стоков. Реализация подобного проекта в промышленных масштабах способна исключить поступление соединений азота и фосфора с поверхностным стоком от сельскохозяйственных территорий и тем самым предотвратить процесс дальнейшей эвтрофикации водной среды Балтики. Один из авторов данной статьи — Никита Николаевич Литвинов прошел конкурсный отбор и был зачислен в международную команду студентов, принявших участие в практикуме по возобновляемым ресурсам "Renewability".

#### **Место проведения практикума — поселение Сюдербин, Швеция**

Экологическое поселение Сюдербин расположено на шведском острове Готланд в Балтийском море к югу от столицы провинции — города Висби, население которого составляет 20 тыс. чел. Сюдербин исторически был первым экопоселением в Швеции. Основала его супружеская пара Холл (Роберт и Ингрид), которые стали первыми постоянными жителями вместе со своими двумя детьми-подростками. Территория поселения составляет 5 гектаров.

Задачей экопоселенцев изначально была отработка технологий устойчивого сельского хозяйства (пермакультуры), создание многолетних лесных насаждений, изучение съедобных дикоросов и организация жизни по принципу бытового минимализма, осознанного труда, заботы об окружающей среде. В настоящее время на территории экопоселения, кроме основателей, постоянно проживают на условиях аренды домов еще 10 семей, образующих общину поселения. Постоянная община в экопоселении представляет собой идейно сплоченную группу из 30 человек, в том числе детей, не связанных какой-либо духовной или политической идеологией, а только принципами пермакультуры и бережного отношения к природе. На территории также имеется здание для размещения группы численностью до 20 волонтеров, пребывание которых ограничивается сроком в один месяц. В Сюдербине имеется обширная библиотека и зал с компьютерами в свободном





Рис. 2. Участники учебно-лабораторного практикума "Renewability" (крайний справа — Н. Н. Литвинов)

доступе для поиска в Интернете информации по решению возникающих инженерных и технологических проблем.

Все это позволило Сюдербину стать базой для реализации проектов в сфере экологического обучения, разрабатываемых различными образовательными организациями. Учебно-лабораторный практикум по возобновляемым ресурсам "Renewability" проходил в Сюдербине с 5 сентября по 5 октября 2018 года и был организован сотрудничеством Университетов — участников Программы "Эразмус" [6].

На рис. 2 показана русскоязычная часть команды волонтеров, которые прошли конкурсный отбор для участия в программе "Renewability". Н. Н. Литвинов представил собственный экологический проект "Концепция экотехносферного демонстратора".

Задачей этой группы участников практикума было строительство Closed Loop Baltic (CLB) — автономного замкнутого модуля, предназначенного для производства продуктов питания и энергии на основе инновационных, но низкотехнологичных решений, позволяющих исключить сток сельскохозяйственных загрязнителей, содержащих био-генные элементы в прибрежных районах Балтики и тем самым улучшить экологическое состояние моря, предотвратив дальнейшую эвтрофикацию и разрушение водных экосистем.

### **Сравнение проекта автономного модуля, спроектированного студентами МГТУ им. Н. Э. Баумана, и модуля, строящегося в Сюдербине**

Для строительства автономного модуля, предназначенного для обеспечения жизнедеятельности экопоселенцев на острове Готланд, были

использованы все предложения проекта МГТУ им. Н. Э. Баумана 2016 г. (кроме разведения хлопеллы и аквакультуры). Ниже представлены схемные решения проекта автономного модуля 2016 г. и их практическая реализация в CLB.

В проекте 2016 г. для получения энергии использовался ветрогенератор, так как для северных приморских регионов характерна частая повторяемость сильных ветров (рис. 3, слева — см. 2-ю стр. обложки). При строительстве модуля CLB был самостоятельно изготовлен и смонтирован ветрогенератор (рис. 3, справа — см. 2-ю стр. обложки) на основе конструкторского справочника Хью Пигготта (Hugh Piggott) [7]. Трехлопастной пропеллер с размахом лопасти 1,5 м, снабженный флюгером для ориентирования установки по ветру и размещенный на мачте высотой 9 м, укрепленной тремя проволочными растяжками, при самом сильном ветре обеспечивал генерацию до 2 кВт электрической мощности.

В качестве сооружения для размещения оборудования модуля в проекте 2016 г. предлагалось использовать широко известную конструкцию купола, разработанную Р. Бакминстером Фуллером (рис. 4, слева — см. 2-ю стр. обложки). Купол Фуллера состоит из симметричной сетки плоских элементов, наложенной на сферическую поверхность. Весь купол состоит из треугольных элементов пяти видов, поэтому такая купольная конструкция, называемая "Пентад", была реализована в проекте CLB (рис. 4, справа — см. 2-ю стр. обложки).

В проекте 2016 г. для обеспечения растительной части рациона жителей предлагалось использовать цилиндрический спиральный фитотрон со сдвигающимися гнездами для посадки растений, позволяющий организовать разновозрастный конвейер для выращивания методом аэропоники различных видов съедобных растений (рис. 5, слева — см. 2-ю стр. обложки). В проекте CLB также используется аэропоника, но вместо центрального фитотрона была выполнена установка нескольких аэропонных башен (рис. 5, справа — см. 2-ю стр. обложки). Аэропонная башня представляет собой трубу высотой от 4 до 7,5 м, наверх которой с помощью насоса поднимается смесь воды и жидкого удобрения, а далее раствор сверху стекает на корни растений, вставленных в эту трубу, тем самым доставляя питательные вещества и способствуя их более быстрому росту по сравнению с выращиванием растений в почве.

Так как разработка фитотрона в проекте CLB находилась еще на начальной стадии, то возникло много вопросов о том, какая конфигурация башен будет давать наилучшую эффективность и наибольшую простоту эксплуатации. Н. Н. Литвинов представил разработчикам концепцию проекта



2016 г. и протестировал ее работоспособность во время пребывания в экопоселении. Результат подтвердил эффективность выбранного в 2016 г. технического решения, поэтому авторами проекта CLB в Сюдербине было принято решение о продолжении разработки схемы фитотрона на основе концепции проекта 2016 г. последующими группами участников учебно-лабораторного практикума.

Для организации замкнутого водооборота в автономном модуле проекта 2016 г. предлагалось использовать анаэробный метод очистки сточных вод от широкого спектра органических веществ. Анаэробный метод очистки осуществляется без доступа воздуха. Для переработки органических загрязнений применяется метановое брожение. Жидкие органические стоки сбрасываются анаэробными бактериями в специальных герметичных резервуарах-биореакторах, которые называются метантенками (рис. 6, слева — см. 3-ю стр. обложки).

Трансформация органических веществ в метантенках представляет собой сложный анаэробный биотехнологический процесс минерализации, осуществляемый в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Эти процессы представляют собой анаэробное брожение — частный случай непрямого окисления исходных и промежуточных веществ в бескислородных условиях. В процессе брожения сложные органические вещества последовательно гидролизуются, растворяются, превращаются в более простые компоненты, значительная часть которых затем переходит в газовую фазу, в раствор и в осадок — активный ил, который затем можно использовать для питания растений в фитотроне. Брожение называют метановым, так как оно осуществляется метанобразующими бактериями, а одним из основных конечных продуктов распада органических веществ является метан. Поэтому образующуюся при очистке воды смесь газов называют биогазом. Он состоит в основном из диоксида углерода и метана, поэтому подходит для использования в качестве топлива, например, для отопления зданий и приготовления пищи, для чего его нужно предварительно очистить от примесей сероводорода.

Именно такая система была реализована в модуле CLB (рис. 6, справа — см. 3-ю стр. обложки). Н. Н. Литвинов во время прохождения практикума занимался системой сбора и очистки биогаза. Было выявлено большое количество протечек и предприняты попытки устранения данных протечек. Далее было произведено проектирование и конструирование системы очистки биогаза от сероводорода и уменьшения его влажности для улучшения характеристик сжигания топлива.

По согласованию с постоянными жителями Сюдербина для заполнения системы очистки

была выбрана металлическая стружка, которая вступала в химическую реакцию с сероводородом. Этот способ используется в промышленности с 30-х годов XX века. В ходе реакции выделяется водород, который тоже является горючим компонентом биогаза:  $H_2S + Fe = FeS + H_2\uparrow$ .

Впоследствии стружка, превратившаяся в порошок сульфида железа, выгружалась через специальный технологический люк. В качестве адсорбента во второй ступени системы очистки были выбраны гранулы силикагеля для поглощения паров воды из биогаза. Оба вида наполнителей были загружены в цилиндрические емкости, связанные между собой системой труб. Далее очищенный газ закачивался в баллоны с помощью компрессора.

Биогазовый реактор-метантенк, утилизирующий органические отходы, не только вырабатывает биогаз, но и создает на выходе жидкое удобрение, которое используется в описанных выше аэропных башнях для выращивания съедобных растений.

В проекте 2016 г. для замыкания модуля по питанию предлагалось использовать твердые органические отходы для формирования гетеротрофного звена массообмена в виде почвоподобного субстрата. Имеющиеся экспериментальные данные показывают, что путем подбора видов почвенной биоты возможно в процессах биокомпостирования добиться быстрой гумификации органических отходов с образованием почвоподобного субстрата, пригодного, например, для выращивания грибов, с помощью которых можно разнообразить рацион жителей (рис. 7, слева — см. 3-ю стр. обложки).

В проекте CLB реализовано производство компоста по методике французского изобретателя Жан Пана (Jean Pain), который разработал биоэнергетическую систему на основе производства почвоподобного субстрата, при образовании которого выделяется очень много теплоты. Жан Пан исследовал процесс компостирования отходов, включающих в свой состав конский навоз и деревянные щепки. Протекающие в этой смеси биохимические реакции нагревают субстрат до 70 °С.

В Сюдербине была реализована схема Жан Пана по биокомпостированию твердых органических отходов (рис. 7, справа — см. 3-ю стр. обложки). Выделяющаяся при этом теплота передается воде в теплообменнике, находящемся внутри кучи почвоподобного субстрата. Теплая вода по трубам подается в купольное сооружение, в первую очередь для того, чтобы подогреть биогазовый реактор-метантенк до температуры, необходимой для поддержания оптимального процесса термофильного сбраживания жидких органических отходов, происходящего при температуре 50...55 °С.

### Заключение. Перспективы развития проекта и экологического образования

Как можно видеть на примере проекта CLB, потребность в разработке и реализации природоподобной техники и технологий исходит в первую очередь от общества, системы образования, а не от государства или транснациональных корпораций. Такая ситуация вызвана тем, что обеспечение нормальной жизнедеятельности и создание качественной среды обитания является высшим приоритетом для образованных и грамотных граждан, которые вынуждены жить в условиях непрерывно ухудшающегося качества окружающей среды, испытывая на себе все последствия современного глобального экологического кризиса. Для понимания принципов грамотного техносферного строительства необходимо введение всеобщего экологического образования и воспитания. Поэтому участие в реализации проектов, подобных описанному в статье проекту автономного модуля, может стать важным элементом в подготовке не только экологов, но и студентов других направлений, как технических, так и гуманитарных.

Практика успешного строительства образца автономного энерго- и экологонезависимого модуля для обеспечения жизнедеятельности общины экоселения Сюдербин самими жителями и волонтерами, привлекаемыми в рамках образовательных проектов содружеством нескольких университетов, подтверждает высказанную ранее гипотезу о том, что создать опытный образец автономного жилого модуля, описанного в проекте 2016 г., за счет своих средств вполне по силам объединению нескольких научных и образовательных организаций. Прецедент успешной апробации такой технико-технологической инновации, несомненно, даст старт процессу мировой экологической революции.

Как и все цивилизационные революции, экологическая начнется с создания новой техники и технологий, в данном случае — природоподобных, направленных на обеспечение безопасной жизнедеятельности человека и сохранение биосферы путем снижения антропогенной и техногенной нагрузки. Далее начавшийся процесс экологизации приведет к постепенному замещению губительной для природы планеты современной техносферы новой экотехносферой, построенной и функционирующей по тем же принципам, что и естественные экосистемы Земли. Таким образом, глобальный экологический кризис будет преодолен и человечество сможет продолжить свое развитие, но уже в полном соответствии с эволюционным вектором развития самой биосферы.

### Список литературы

1. **Автономный модуль** для обеспечения безопасности жизнедеятельности в Арктике / Ю. Л. Ткаченко, А. А. Соколова, А. Д. Астраханцева и др. // Безопасность жизнедеятельности. — 2016. — № 5. — С. 33—38.
2. **Гогоберидзе, Г. Г.** Балтийское море: приморские регионы и их морехозяйственный потенциал / Г. Г. Гогоберидзе // Экономические стратегии. — 2009. — Т. 11. — № 8 (74). — С. 150—155.
3. **Мосин, О. В.** Основные экологические проблемы Балтийского моря и пути их решения / О. В. Мосин // Балтийский регион. — 2011. — № 1 (7). — С. 41—53.
4. **Коровин, Л. К.** План действий по Балтийскому морю — стратегический шаг к улучшению экологического состояния морской среды / Л. К. Коровин // Транспорт Российской Федерации. — 2007. — № 13 (13). — С. 61—62.
5. **Садецкая, А.** Программа "Эразмус мундус" как инструмент развития региона / А. Садецкая // Балтийский регион. — 2011. — № 3 (9). — С. 108—113.
6. **Renewability.** One-month learning laboratory in Suderbyn Ecovillage on renewable energy and community development for youth from Ukraine, Russia, Latvia, Italy and Spain. URL: <https://renewability.confetti.events> (дата обращения 10.01.2019).
7. **Hugh Piggott.** Windpower Workshop. Building Your Own Wind Turbine. Machynlleth UK: Centre for Alternative Technology, 1997. 159 p.

**Y. L. Tkachenko**, Associate Professor, e-mail: Tkachenko\_Y\_L@bmstu.ru,  
**I. S. Sherbakova**, Senior Lecturer, **S. D. Morozov**, Senior Lecturer,  
**M. Yu. Gorbenko**, Master Student, **N. N. Litvinov**, Master Student,  
**E. A. Ratuev**, Student, Bauman Moscow State Technical University

## On the Project of an Autonomous Module for People's Life Support being Implemented in Sweden

*The article describes the participation of students of Bauman Moscow State Technical University and other universities from the CIS countries in the implementation of the project of an autonomous energy and environmentally independent module designed to ensure the livelihoods of people by organizing a closed resource cycle inside the dome structure. A comparison is made of the technical solutions used in the construction of the Closed*



*Loop Baltic (CLB) module in the Suderbyn Ecovillage eco-settlement located on the Swedish island of Gotland in the Baltic Sea and the project of an autonomous residential module developed by students of the Bauman Moscow State Technical University, in 2016. Describes the types of work carried out by students, equipment, the design of which they were engaged, as well as their studied theoretical environmental issues related to the problem of improving the ecological status of the Baltic Sea by eliminating the flow of nitrogen and phosphorus compounds from surface runoff from agricultural areas, which would prevent further eutrophication of the Baltic aquatic environment. The social organizational form of creating the CLB module by the Syuderbin's community members with the involvement of volunteers, including students as part of the "Renewability" Workshop on the European educational program "Erasmus", is described.*

**Keywords:** artificial ecosystems, a closed resource cycle, aeroponics, bio-composting, methane fermentation of waste, the ecology of the Baltic region, the ecological settlement of Suderbin, the Erasmus program

### References

1. **Autonomous module** for life safety in the Arctic / Y. L. Tkachenko, A. A. Sokolova, A. D. Astrakhantseva et al. // *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2016. No. 5. P. 33–38.
2. **Gogoberidze G. G.** Baltic Sea: coastal regions and their marine economic potential. *Ekonomicheskie strategii*. 2009. Vol. 11. No. 8 (74). P. 150–155.
3. **Mosin O. V.** The main ecological problems of the Baltic Sea and their solutions. *Baltiiskij region*. 2011. No. 1 (7). P. 41–53.
4. **Korovin L. K.** Baltic Sea Action Plan — a strategic step towards improving the ecological state of the marine environment // *Transport Rossijskoj Federacii*. 2007. No. 13 (13). P. 61–62.
5. **Sadetskaya A.** The "Erasmus Mundus" program as a tool for regional development // *Baltiiskij region*. 2011. No. 3 (9). P. 108–113.
6. **Renewability.** One-month learning laboratory in Suderbyn Ecovillage on renewable energy and community development for youth from Ukraine, Russia, Latvia, Italy and Spain. URL: <https://renewability.confetti.events> (date of access 25.03.2019).
7. **Hugh Piggott.** Windpower Workshop. Building Your Own Wind Turbine. Machynlleth UK: Centre for Alternative Technology, 1997. 159 p.

## Информация

### Уважаемые авторы и подписчики журнала!

Обращаем ваше внимание, что на сайте ВАК РФ размещен документ, озаглавленный "Справочная информация об отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования и в соответствии с пунктом 5 правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее — Перечень), утвержденных приказом Минобрнауки России от 12 декабря 2016 г. № 1586 (зарегистрирован Минюстом России 26 апреля 2017 г., регистрационный № 46507), с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. № 99 (зарегистрирован Минюстом России 15 марта 2018 г., регистрационный № 50368), считаются включенными в Перечень. Журнал "Безопасность жизнедеятельности" включен в этот список (поз. 328, список от 24.07.2019). Считаю необходимым подчеркнуть, что текст п. 5 Правил формирования Перечня имеет продолжение: "по отраслям науки, соответствующим их профилю". Напомним, что еще до выхода первого номера журнала в январе 2001 г. в качестве основных тематических направлений профиля были определены вопросы безопасности деятельности человека, экологии и преподавания соответствующих дисциплин в высшей школе.