

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/ZOCF4313>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университете

<https://doi.org/10.48081/SQZP6550>

**\*Д. Еділхан<sup>1</sup>, А. В. Нефтісов<sup>2</sup>, С. А. Құсдаулетов<sup>3</sup>,  
Д. К. Бисенғалиева<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Astana IT University, Республика Казахстан, г. Нур-Султан

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА**

*Аннотация. Загрязнение воздуха представляет собой комплексную проблему, которую необходимо рассматривать с разных сторон. Проблема атмосферного воздуха особенно остро стоит в крупных городах страны, где сосредоточено много людей и наблюдаются самые высокие риски ухудшения здоровья. Предлагается уникальная разработка для решения проблем воздуха в крупных городах и положительного вклада в устойчивое и здоровое городское развитие. Разрабатывается пилотный прототип биотехнологической системы – фильтра с использованием мха сфагнума как естественного очистителя. Данное решение действует как воздушный фильтр, поглощает мелкую пыль, очищает воздух и создает благоприятное пространство для окружающих. Предлагаемое решение включает в себя необходимые автоматизированные системы, поддерживающие жизнеспособность выбранного типа предприятия в режиме реального времени. Данные предложенные системы автоматически обеспечивают необходимую температуру, влажность, тень и другие необходимые условия. Системы управления должны работать в постоянном режиме, так как в противном случае это может негативно сказаться на живых растениях. В рамках исследования, была сформулирована многопараметрическая система управления, которая доказала свою высокую эффективность для решения экологических проблем и улучшения качества жизни горожан.*

*Ключевые слова: Биофильтр, умный город, системы управления, автоматизированные системы, мох.*

## **Введение**

Загрязнение воздуха представляет собой смесь опасных веществ как антропогенного, так и природного происхождения.

Загрязнение воздуха – одна из главных проблем 21 века, и вопросы улучшения качества воздуха актуальны. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), загрязнение воздуха представляет собой серьезный риск для здоровья окружающей среды и может иметь негативные последствия для миллионов людей. Например, в нынешнее время 9 из 10 человек дышат загрязненным воздухом, превышающим установленные мировые нормы. Данный факт является причиной ежегодного 7 млн случаев смерти [1]. Проблема загрязнения атмосферного воздуха особенно остро стоит в крупных городах, где сосредоточено много людей и наблюдаются самые высокие риски ухудшения здоровья. Это приводит к тому, что горожане страдают от стресса, рака и аллергии, вызванных загрязнением воздуха [2].

Большие города в развивающихся странах, как правило, имеют более высокий уровень загрязнения воздуха, чем города в развитых странах. По данным ВОЗ, одними из самых загрязненных городов мира являются Карачи (Пакистан), Нью-Дели (Индия), Пекин (Китай), Лима (Перу) и Каир (Египет). Однако многие развитые страны также имеют проблемы с загрязнением воздуха. Лос-Анджелес, штат Калифорния, называют Смог-сити [3].

Загрязнение воздуха представляет собой известную экологическую опасность для здоровья. Воздействие загрязнения воздуха связано с окислительным стрессом и воспалением в клетках человека, что может заложить основу для хронических заболеваний и рака. В 2013 году Международное агентство по изучению рака ВОЗ классифицировало загрязнение воздуха как канцероген для человека [3].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), более 80 % населения мира дышит воздухом, превышающим установленные мировые нормы. Уровень загрязнения воздуха в глобальном масштабе повысился на 8 % [4].

## **Материалы и методы**

Методами исследования в рамках статьи являются проведение эксперимента с выбранным видом мхов и создание пилотного прототипа биотехнологического фильтра, внутри которого будут созданы все условия для поддержки жизнедеятельности мха с учётом климата города Нур-Султан. Эксперименты по биотехнологическому фильтру включают работы по проектированию, разработке и вводу в промышленную эксплуатацию биотехнологической системы – фильтра с использованием автоматизированных систем управления компонентами фильтра, а также наблюдение и анализ за показателями систем (культивирование растительной

культуры – мха, создание поддерживающих систем, анализ работы фильтра) как в лабораторных, так и в реальных условиях.

#### Загрязнение воздуха в Казахстане

В соответствии с рекомендациями Органов здравоохранения качество воздуха в Казахстане считается умеренно небезопасным. Самые последние данные показывают, что среднегодовая концентрация PM<sub>2,5</sub> в крупных городах страны (Алматы и Нур-Султан), составляет 14 мкг/м<sup>3</sup>, что превышает рекомендуемый максимум в 10 мкг/м<sup>3</sup> [5].

На качество воздуха в Казахстане могут влиять добывающие отрасли, такие как нефть, уголь, железо, свинец, сельскохозяйственная промышленность и выбросы транспортных средств. Имеющиеся данные показывают, что в Алматы стабильно высокий уровень загрязнения воздуха.

В глобальном рейтинге IQAir загрязнения воздуха на 2020 год Казахстан занимает 32-позицию. Министерство экологии, геологии и природных ресурсов озвучивало список городов с самым грязным воздухом. Лидерами антирейтинга являются мегаполисы: Нур-Султан, Алматы и Шымкент [5].

Исходя из рассмотренных выше опасений, загрязнение воздуха представляет собой комплексную проблему, на которую необходимо взглянуть с разных углов. Необходим контроль и прогнозирование уровня загрязнения воздуха, чтобы принимать комплексные меры по защите окружающей среды и здоровья человека.

Многие страны пытаются вносить изменения, чтобы улучшить качество воздуха. В нынешнее время глобальное движение по борьбе с загрязнением воздуха набирает обороты, к решению проблемы объединяются страны, исследователи, новаторы, стартапы, презентуя систему решения и технологии, которые позволяют очистить воздух.

Одним из таких примеров является Green City Solutions, немецкая стартап-компания, занимающаяся услугами в области зеленых технологий, является разработчиком интеллектуального устройства City Tree в Германии. Компания уделяет большое внимание использованию растения под названием мох и развивающейся технологии, называемой Интернетом вещей. City Tree буквально сочетает в себе возможности биологии и простоту автоматизированной технологии Интернета вещей (IoT) в реальной жизни. CityTrees — это небольшое устройство, занимающее всего 3,5 квадратных метра. Однако это устройство выполняет работу, эквивалентную 275 деревьям (небольшой лес), в плане поглощения выбросов углерода в окружающей местности [6].

В решении проблем загрязнения атмосферного воздуха в городах необходимо использовать нестандартные подходы, в ряде случаев с использованием в основе информационно-коммуникационных технологий.

В качестве решения можно рассмотреть пилотного прототипа биотехнологической системы – фильтра. В рамках проведенных исследовательских работ, в качестве основной растительной культуры, как основы для естественного фильтра, выбран мох – сфагнум. Разрабатываемое решение действует как воздушный фильтр, поглощает мелкую пыль, очищает воздух и создаёт благоприятное пространство.

Отличительной особенностью нашей системы по сравнению с системой City Trees является: 1. Выбор культуры, наиболее адаптированной к местному климату; 2. Расположение ферм (как по вертикали, так и по горизонтали); 3. Схема автоматизированных вспомогательных систем, работающих при более высоких перепадах температур, обеспечивающих необходимые условия для работы биофильтра.

### **Результаты и обсуждение**

Создание биотехнологического фильтра может сыграть существенную роль в Нур-Султане, который всегда попадает в рейтинги городов с худшим качеством воздуха в мире [7]. Реализация проекта позволит не только значительно улучшить качество воздуха на прилегающей территории, но и создать высокую культуру у горожан, тем самым повысив общий комфорт и привлекательность места проживания.

Установка одного биофильтра заменит посадку множества взрослых деревьев, что при правильном подходе и масштабировании окажет значительное влияние в долгосрочной перспективе.

### **Выбор растительных культур**

Основным естественным фильтром в биотехнологической системе – фильтра будет мох общей площадью более 14 квадратных метров, расположенный на вертикальных и горизонтальных стеллажах.

Отдел мохообразных является многочисленной группой среди высших растений, по количеству видов занимают второе место после цветковых растений. В Средней Азии и Казахстане зарегистрировано около тысячи таксонов мохообразных, многие из них играют важную роль в сложении фитоценозов и имеют практическое значение [8].

Мхи – это простые плотные комковатые растения, которые обычно растут в тени. Принято считать, что мхи – это плохо развитые растения, которые можно использовать только в декоративных целях, однако это далеко не так.

Мох не производит загрязняющих веществ. Мхи не нуждаются в почвенных добавках для роста. Мхи обладают природной антибиотической способностью бороться почти со всеми болезнями растений. Опытные сборщики мха отметили, что причиной моховой болезни обычно могут быть такие ошибки, как невнимательность или чрезмерный полив [9].

Мхи играют важную роль в нескольких экосистемных процессах, которые протекают веками - образование и таяние вечной мерзлоты, накопление торфа, развитие микрорельефа - и существует потребность в исследованиях, которые улучшат наше понимание медленных, долгосрочных динамических процессов [10].

### **Основная концепция биофильтра**

Общая концепция биофильтра сочетает естественную фильтрацию воздуха через вертикальные и горизонтальные полки с растительной культурой – мхом сфагнумом. Система включает в себя стеклянную крышку с двух передних сторон и экраны для цифровой презентации с двух других сторон. На экранах будет отображаться общая информация из фильтра и результаты визуализации данных. Конструкция биофильтра выглядит так, как показано на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Общая конструкция биофильтра

Как показано, вертикальные полки со мхом расположены на лицевых сторонах и закрыты стеклом. На поверхность стекла наносится специальное антивандальное покрытие для защиты стекла от механических повреждений. Для удобства монтажа и сборки стеклянная поверхность разделена на четыре блока. По бокам расположены два экрана для вывода информации с фильтра и результатов визуализации данных, логотип вуза на верхней стороне и место для входа воздуха с одной стороны, и для выхода с другой стороны. Вокруг фильтра есть скамья на 360 градусов. Наличие скамейки обусловлено идеей создания вокруг фильтра пространства, где горожане могут проводить свободное время. Общая высота фильтра составляет 2,8 метра, а ширина и длина – 2 метра. Скамейка имеет высоту 45 сантиметров и длину более 3 метров, что позволяет разместить на одной стороне скамейки более трех человек. Вся конструкция изготовлена из легких материалов, таких

как алюминий для основной рамы, дерево для скамеек. Солнечная панель расположена в верхней части фильтра, чтобы можно было использовать солнечную энергию, необходимую для некоторых внутренних компонентов фильтра.



Рисунок 2 – Дизайн биотехнологической системы – фильтра расположенный на площади

#### Описание автоматизированных систем

В Таблице 1 представлен список подсистем, необходимых для биофильтра. Это необходимо, чтобы выстроить последовательность всех происходящих взаимосвязанных процессов.

Таблица 1 – Список подсистем

| № | Названия подсистем                                   | Оборудование                                       |
|---|--|--|
| 1 | Управление всасыванием воздуха                       | Датчики качества воздуха + температуры + влажности |
| 2 | Фильтрация   | Электростатический фильтр                          |
| 3 | Зона подготовки воздуха (обогрев/охлаждение воздуха) | Тепловая завеса/сплит-система                      |
| 4 | Освещение  | Фитолампы + таймер                                 |
| 5 | Питание/полив  | Насос, капельный полив + таймер                    |
| 6 | Уровень влажности                                    | Увлажнитель + датчик влажности                     |
| 7 | Обогрев зоны роста мха                               | Инфракрасные обогреватели + регулятор температуры  |
| 8 | Зона подготовки вытяжного воздуха                    | Рекуператор  |
| 9 | Управление выходным воздухом                         | Датчики качества воздуха                           |
|   |  |  |

На Рисунке 3 представлена карта происходящих процессов. Эта карта была разработана на основе списка запланированных подсистем, которые позволят биофильтру правильно функционировать. На рисунке можно проследить путь последовательности очистки воздуха. Карта

позволяет определить перечень параметров, которые необходимо измерять, регистрировать и регулировать для функционирования биофильтра.



Рисунок 3 – Карта процесса

На рисунке 4 представлена предварительная схема автоматизации биофильтра. По карте происходящих процессов на схеме представлено ведущее оборудование: электростатический фильтр, вентилятор, нагревательно-охлаждающее устройство, биофильтровальная, рекуператор. На входе воздуха в установку установлено семь датчиков, отвечающих за измерение температуры, влажности, концентрации газов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , уровня запыленности  $\text{PM}_{2,5}$  и  $\text{PM}_{10}$ . После прохождения через электростатический фильтр и устройство нагрева/охлаждения устанавливаются два датчика: температуры и влажности. Здесь планируется контур регулирования температуры. Управление перейдет к устройству нагрева/охлаждения. Далее, пройдя помещение биофильтра, подготовленный воздух снова измеряется на температуру и влажность. Следующие семь датчиков устанавливаются за рекуператором, что снижает разницу температур между вытяжным воздухом из биофильтра и окружающим наружным воздухом. На уровне рекуператора необходим контур регулирования как температуры, так и качества очистки воздуха за счет изменения интенсивности откачки воздуха.

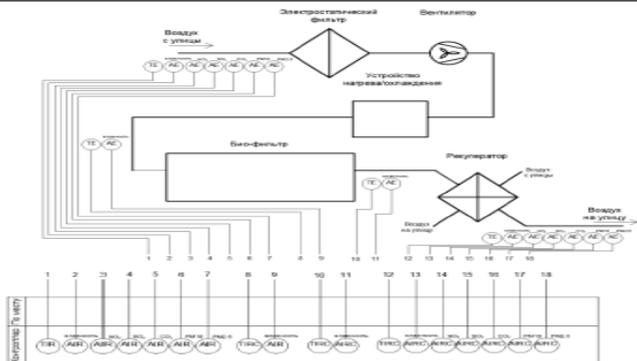


Рисунок 4 – Функциональная система автоматизации биофильтра

Полевой уровень будет использоваться в качестве уровней, применяемых в разрабатываемом решении: датчики, реле, исполнительные механизмы. Уровень контроллера планируется построить на базе программируемого логического контроллера. Связь между полевым уровнем и контроллером будет проводной. Датчики будут подключены к аналоговым входам, а исполнительные механизмы – к дискретным выходам. При необходимости плавной регулировки привода (вентилятора или др.) можно рассмотреть возможность подключения к аналоговому выходу. Информация от контроллера будет передаваться на верхний уровень благодаря облачному решению. Веб-платформа будет использоваться в качестве верхнего уровня.

Задача автоматизированного управления биотехнологического фильтра

В этом разделе представлена постановка задачи управления и стратегия решения на основе иерархической структуры управления с тремя основными уровнями: оптимизация процесса, многопараметрический и регулирующий контроль.

Как указано в предыдущем разделе, в автоматизированной системе биофильтрации представлены два контура управления. Рассмотрим первый контур управления, связанный с регулированием температуры и влажности воздуха после прохождения через электростатический фильтр и устройство нагрева/охлаждения. В этой части мы формулируем первую задачу управления как следующую задачу оптимизации модели прогнозирующего управления (МПУ) с дискретным временем:

$$\min_{x[\cdot], u[\cdot], p} \sum_{k=0}^{N-1} \|h(k, x_k, u_k, p) - \eta_k\|_Q^2 + \|m(x_{N-1}, p, N-1) - \mu\|_P^2 \quad (1)$$

При условии:

$$x(k = 0) = x_0 \quad (1)$$

$$\forall k \in [k = 0, N - 1]: \quad 0 = f(k, x_k, x_{k+1}, u_k, p) \quad (3)$$

$$0 = r(x_{N-1}, p, N - 1) \quad (5)$$

где  $k$ ,  $x_k$ ,  $u$ ,  $p$  и  $N-1$  представляют собой момент выборки, ремённые состояния, управляющий входной сигнал, время – постоянный параметр и временной горизонт задачи прогнозирующего управления модели соответственно. Здесь ссылается на температуру и влажность воздуха как на переменные состояния, ток/напряжение – на управляющие переменные. Следующие функции  $f$ ,  $s$  и  $r$  обозначают уравнения модели, путь и терминальные ограничения соответственно.

Функция стоимости, уравнение (1), имеет квадратную форму. Основными причинами выбора этой формы являются выпуклость и одинаковая пенализация положительных и отрицательных отклонений контролируемых выходных переменных от их эталонов. В дополнение к этому включение как входного сигнала, так и контролируемой переменной позволяет нам присвоить относительную важность минимизации усилий по управлению по сравнению с минимизацией эталонной ошибки отслеживания путем соответствующей настройки значений в соответствующих весовых матрицах. На практике нас интересует отслеживание задачи МПУ (как сформулировано выше) с отслеживанием и терминальной ссылкой соответственно. МПУ реализуется в виде удаляющегося горизонта.

Относительно модели процесса биофильтрации, уравнение (3), решено использовать алгоритмы идентификации системы. Как только набор данных из экспериментов будет доступен, будет разработана и проверена модель системы, ориентированная на управление. Следует отметить, что задача оптимизации МПУ решается в режиме онлайн с учетом жестких ограничений (накладываемых условием 4) на температуру и влажность воздуха при заданных рабочих значениях и соответственно перед входом в биофильтр. Поскольку мы работаем с биологической системой (рост мха), наиболее важно поддерживать необходимые переменные, упомянутые выше, в рабочем режиме. В противном случае это будет вредно для мха, и он может даже погибнуть.

Включив терминальную стоимость в уравнение (1) и наложив уравнение терминальных ограничений (5), можно установить теоретические гарантии, такие как устойчивость по Ляпунову. Сначала определим оптимальную целевую функцию как  $J^*(x^*, u^*)$  (что является решением задачи МПУ). Давайте кратко рассмотрим функцию как  $V(x) \triangleq J^*(x^*, u^*)$  и далее будем определять ее кандидатом в функцию Ляпунова для нашей

системы управления с обратной связью. Используя подход, известный как нуль-терминальное ограничение, можно утверждать, что  $x_N$  является асимптотически устойчивой точкой равновесия для рассматриваемой замкнутой системы с заданной функцией Ляпунова  $V(x)$ .

Теперь перейдем ко второму контуру управления на уровне рекуператора, который связан с регулированием температуры и качества очистки воздуха путем изменения интенсивности циркуляции воздуха. Математически эту задачу управления можно сформулировать аналогично первому контуру управления, но с другой динамикой системы и ограничениями на переменные. Контроллеры МПУ численно реализованы с помощью улучшенных решателей оптимизации и специальных наборов инструментов, таких как набор инструментов ACADO. Этот инструментарий представляет собой программную среду и набор алгоритмов, реализованных на языке C++ для генерации кода специально для автоматического управления и динамической оптимизации.

### **Выводы**

Предлагаемое решение построения биотехнологической системы – фильтра имеет много положительных сторон. Растительная культура – мох сфагнум, который будет располагаться на общей площади более 14 квадратных метров по вертикали и горизонтали, будет эффективно очищать воздух, а автоматизированные системы, на которые делается основной фокус исследования, смогут поддерживать жизнедеятельность мхов на постоянной основе в любое время года.

Инвестиции в данный проект и долгосрочное развитие приведут к устойчивым городам с более счастливыми и здоровыми людьми. В рамках исследования мы рассмотрели существенные доказательства, чтобы лучше понять ощутимые и реальные преимущества, которые приносит предлагаемая разработка. Несмотря на некоторые соображения, биотехнологическая система является реальным решением многих проблем общества. Результаты могут быть полезными в долгосрочной перспективе.

### **Благодарности**

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (грант № BR10965311 «Разработка интеллектуальных информационно-телекоммуникационных систем для городской инфраструктуры: транспорт, экология, энергетика и аналитика данных в концепции Smart City»).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Как загрязнение воздуха разрушает наше здоровье. Всемирная Организация Здравоохранения [Электронный ресурс].

2 Хальчицкий, С. Е. Экологические факторы риска в онкологии // XXIV Международный биос-форум и молодежная биос-олимпиада – Санкт-Петербург, 2019.

3 Загрязнение воздуха. Национальное Географическое Общество [Электронный ресурс].

4 Уровни Загрязнения Воздуха Повышаются Во Многих Самых Бедных Городах Мира. Всемирная Организация Здравоохранения [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.who.int/ru/news/item/12-05-2016-air-pollution-levels-rising-in-many-of-the-world-s-poorest-cities>

5 Kazakhstan General Health Risks: Air Pollution. International Association for Medical Assistance for Travellers (IAMAT) [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.iamat.org/country/kazakhstan/risk/air-pollution>

6 Splittgerber, V. The CityTree: A vertical plant wall. WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2015.

7 Жители столицы задыхаются от смога. Inform Buro [Электронный ресурс]. – URL : <https://informburo.kz/stati/zhiteli-stolicy-zadyhayutsya-ot-smoga-gorod-tak-i-ne-gazificirovali>

8 Маматкулов, У. К., Байгилин, И. О., Нестерова, С.Г. Мохообразные Средней Азии и Казахстана. Алматы, 1998.– 232 с..

9 Klos, A., Ziembik, Z., Rajfur, M., Dolhańczuk-Śródka, A., Bochenek, Z., Bjerke, W., Tømmervik, H., Zagajewski, B., Ziółkowski, D., Jerz, D., Zielińska, M., Krems, P., Godyń, P., Marciniak, M., Świsłowski, P. Using moss and lichens in biomonitoring of heavy-metal contamination of forest areas in southern and north-eastern Poland // Science of the Total Environment – 2018. -Vol. 627. P. 438–449.

10 Gerdol, R., Bragazza, L., Marchesini, R., Medici, A., Pedrini, P., Benedetti, S., Bovolenta, A., Coppi, S., Use of moss (*Tortula muralis* Hedw.) for monitoring organic and inorganic air pollution in urban and rural sites in Northern Italy, Atmospheric Environment, Volume 36, Issue 25, 2002, ISSN 1352-2310.

## REFERENCES

1 Kak zagryaznenie vozduha razrushaet nashe zdorov'e. [How air pollution destroys our health] World Health Organization [Electronic resource].

2 Khalchitsky, S. (2019). Ekologicheskie faktory riska v onkologii. [Environmental risk factors in oncology] [Electronic resource].

3 Zagryaznenie vozduha [Air pollution] National Geographic Society [Electronic resource].

4 Urovni Zagryazneniya Vozduha Povyshayutsya Vo Mnogih Samyh Bednyh Gorodah Mira World Health Organization, [Air pollution levels are rising in many of the world's poorest cities] [Electronic resource] – URL: <https://www.who.int/ru/news/item/12-05-2016-air-pollution-levels-rising-in-many-of-the-worlds-poorest-cities>.

5 International Association for Medical Assistance for Travellers. Kazakhstan: Air pollution. IAMAT [Electronic resource] – URL: <https://www.iamat.org/country/kazakhstan/risk/air-pollution>.

6 Splittgerber, V. (2015, June 1). The CityTree: A vertical plant wall. WIT Transactions on Ecology and the Environment.

7 Zhiteli stolicy zadyhayutsya ot smoga. [Residents of the capital are suffocating from smog] Inform Buro [Electronic resource] – URL: <https://informburo.kz/stati/zhiteli-stolicy-zadyhayutsya-ot-smoga-gorod-tak-i-negazificirovali>.

8 Mamatkulov, U. K., Bajtilin, I. O., Nesterova, S. G. Mohoobraznye Srednej Azii i Kazahstana [Bryophytes of Central Asia and Kazakhstan]. Almaty, 1998. 232p.

9 Klos, A., Ziembik, Z., Rajfur, M., Dolhańczuk-Śródka, A., Bochenek, Z., Bjerke, W., Tømmervik, H., Zagajewski B., Ziółkowski, D., Jerz D., Zielińska M., Krens P., Godyń, P., Marciniak, M., Świsłowski, P. Using moss and lichens in biomonitoring of heavy-metal contamination of forest areas in southern and north-eastern Poland // Science of the Total Environment – 2018. – Vol. 627. P. 438–449.

10 Gerdol, R., Bragazza, L., Marchesini, R., Medici, A., Pedrini, P., Benedetti, S., Bovolenta, A., Coppi, S. Use of moss (*Tortula muralis* Hedw.) for monitoring organic and inorganic air pollution in urban and rural sites in Northern Italy, Atmospheric Environment, Volume 36, Issue 25, 2002, ISSN 1352–2310.

Материал поступил в редакцию 13.06.22.

\* Д. Едилхан<sup>1</sup>, А. В. Нефтисов<sup>2</sup>, С. А. Кусдавлетов<sup>3</sup>, Д. К. Бисенғалиева<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Astana IT University, Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

Материал баспаға 13.06.22 түсті.

## **АУА ТАЗАЛАУҒА АРНАЛҒАН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СҮЗГІЛЕРДІҢ КОНЦЕПТУАЛДЫҚ ЖОБАСЫ**

*Атмосфераның ластануы – күрделі мәселе, оны әр түрлі көзқараспен шешу қажет. Атмосфералық ауа мәселесі әсіресе адамдар көп шоғырланған және денсаулықтың нашарлау қаупі жоғары ірі қалаларда өткір. Ірі қалалардағы мәселелерді шешу және тұрғындардың өмір сүру сапасын жақсарту үшін бірегей шешім ұсынылды. Биотехнологиялық жүйенің тәжірибелік үлгісі табиғи тазартқыш ретінде сфагнум мүкін пайдаланатын сүзгі әзірленуде. Ерітінді ауа сүзгісі ретінде әрекет етеді, ұсақ шаңды сіңіреді, ауаны тазартады және қолайлы кеңістік жасайды. Ұсынылған шешім нақты уақыт режимінде таңдалған кәсіпорын түрінің өміршеңдігін қолдайтын қажетті автоматтандырылған жүйелерді қамтиды. Бұл жүйелер қажетті температура, ылғалдылық, көлеңке және басқа да қажетті жағдайларды автоматты түрде қамтамасыз етеді. Басқару жүйелері үздіксіз жұмыс істеуі керек, әйтпесе ол тірі өсімдіктерге теріс әсер етуі мүмкін. Зерттеудің бір бөлігі ретінде көп параметрлі басқару жүйесі тұжырымдалды, ол осы мәселені шешуде жоғары тиімділігін көрсетті.*

*Кілтті сөздер: биосүзгі, смарт қала, басқару жүйелері, автоматтандырылған жүйелер, мүк.*

\* D. Yedilkhan<sup>1</sup>, A. Neftissov<sup>2</sup>, S. Kusdavletov<sup>3</sup>, D. Bissengaliyeva<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 13.06.22.

## **CONCEPTUAL PROJECT OF AUTOMATED BIOTECHNOLOGICAL FILTER FOR AIR CLEANING**

*Annotation. Air pollution is a complex problem that needs to be addressed from different perspectives. The problem of atmospheric air is especially acute in large cities, where many people are concentrated and where the highest risks of ill health are observed. A unique solution is proposed to solve problems in large cities and improve the quality of life of*

*citizens. A pilot prototype of a biotechnological system is being developed – a filter using sphagnum moss as a natural purifier. The solution acts as an air filter, absorbs fine dust, purifies the air and creates a favorable space. The proposed solution includes the necessary automated systems that support the viability of the selected type of enterprise in real time. These systems automatically provide the necessary temperature, humidity, shade and other necessary conditions. The control systems must operate continuously, as otherwise it may adversely affect the living plants. As part of the study, a multi-parameter control system was formulated, which proved to be highly effective in solving this problem.*

*Keywords: biofilter, smart city, control systems, automated systems, moss.*

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)