

при этом также можно получать в различном виде: свежие овощи и фрукты или различные варианты их переработки. Значительным преимуществом при выборе места строительства электростанции представляется близость месторождений угля, что позволит улучшить технико-экономические показатели проекта, повысить эффективность его создания и функционирования в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Electricity mix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ourworldindata.org/electricity-mix#fossil-fuels-what-share-of-electricity-comes-from-fossil-fuels>. Дата доступа: 22.02.2022.
2. Население Земли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://countrymeters.info/ru/World#population_clock. Дата доступа: 26.02.2022.
3. Statistical review of world energy 2021 – London. Statistical Review of World Energy? 2021. – 70th edition. – 72 p.
4. Францкевич Н.В. Перспективы применения электрогидродарной установки, для диспергирования бурого угля, в процессе производства водоугольного топлива / Н.В. Францкевич, А.В. Францкевич, А.Э. Юницкий, С.А. Арнаут // Энергетика Беларуси – 2021 : материалы Республиканской научно-практической конференции, Минск, 26 мая 2021 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2021. – С. 181–184.
5. Филиппова Е.Н. Оценка эффективности применения водоугольного топлива в качестве альтернативы каменному углю / Е.Н. Филиппова // NovaInfo. – 2016. – №47. – С. 61–66.

СНИЖЕНИЕ ПОТОКОВ ОСНОВНЫХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РАМКАХ ТРАНСПОРТНО-ИНФРАСТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ UST REDUCING MAIN GREENHOUSE GAS FLUXES IN UST TRANSPORT AND INFRASTRUCTURE SOLUTIONS

А. Э. Юницкий, С. В. Артюшевский, Н. С. Зыль, И. В. Налёттов, А. М. Павлюченко
A. E. Unitsky, S. V. Artyushevskiy, N. S. Zyl, I. V. Naletov, A. M. Pavlyuchenko

ЗАО «инжиниринговая компания ЮСТ», г. Минск, Республика Беларусь
a.pavlyuchenko@unitsky.com

Unitsky String Technologies Inc., Minsk, Republic of Belarus

В статье описаны основные преимущества струнного транспорта Юницкого (UST) над традиционными транспортными системами, в том числе применительно к экологической составляющей. На примере проведенного исследования представлено, каким образом применение струнного транспорта позволяет уменьшить естественные потоки CO₂, CH₄ и N₂O с за счёт использования подпутевого почвенного покрова для выращивания растений и сельскохозяйственных культур, на примере высадки подсолнечника клубненосного.

The article describes the major advantages of Unitsky String Transport (uST) over traditional transport systems, including as related to the environmental component. The example of the study describes in which way string transport allows to reduce the natural fluxes of CO₂, CH₄ and N₂O thanks to the under-track-structure soil cover allocated for growing plants and agricultural crops, as illustrated by the example of planting Jerusalem artichoke.

Ключевые слова: инжиниринговая компания ЮСТ, струнный транспорт, потоки CO₂, CH₄, N₂O, изменение климата.

Keywords: Unitsky String Technologies Inc., string transport, CO₂, CH₄, N₂O fluxes, climate change.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-328-332>

Развитая транспортная инфраструктура в значительной степени определяет инвестиционный потенциал стран (регионов) и является одним из важнейших факторов развития, который стимулирует экономику, товарооборот, развитие и внедрение технологий, увеличивает благосостояние в целом. Однако уже на этапе строительства автомобильных дорог и железнодорожных путей проявляются негативные аспекты, значительно ухудшающие окружающую среду. Например, при покрытии природной поверхности искусственным дорожным полотном происходит преобразование естественного покрова в искусственную поверхность, что приводит к уничтожению произрастающей растительности, изменению рельефа и гидрологии почв, миграции диких животных и т.д. Перечисленные факторы увеличивают природные потоки основных парниковых газов (углекислого газа и метана), которые вместе с выхлопными газами движущегося транспорта оказывают критическую нагрузку на климат, что проявляется в повышении среднегодовых по планете температур, таянии ледников, окислении вод мирового океана и гибели экосистем в целом.

На сегодняшний день среди существующих на рынке транспортных систем с точки зрения экологической составляющей ряд очевидных преимуществ имеет струнный транспорт Юницкого (UST). В отличие от традиционных транспортных решений, в которых передовые экологические разработки интегрируются и вынуждены приспособливаться к имеющимся конструктивным и техническим особенностям, комплексы UST изначально разрабатываются с учётом всех актуальных мировых требований [1]. Данная транспортная система представляет собой струнную рельсовую путевую структуру на опорах, по которому осуществляют движение рельсовые электромобили (рис. 1), которые благодаря простоте конструкции (отсутствие массивных приводов, мощных рам, тяжёлых ходовых тележек и колёсных пар) отличаются низким расходом конструкционных материалов на изготовление и не требуют значительных затрат на их производство.

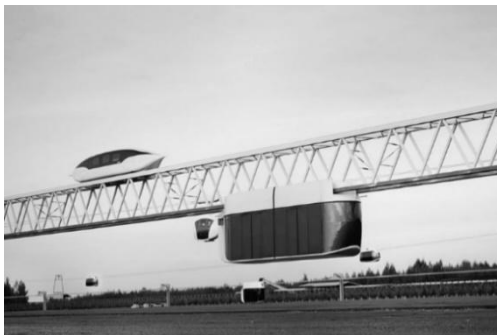


Рисунок 1 – Различные типы подвижного UST (ЭкоТехноПарк, г. Марьино Горка, Беларусь, 2020 г.)

Ключевой особенностью системы являются преднапряжённые элементы – струны, которые находятся в корпусе рельса и натянуты для обеспечения повышенной несущей способности пролётных строений и компенсации температурных деформаций [2]. Благодаря такому натяжению струнных рельсов, неразрезной по длине конструкции путевой структуры и отсутствию деформационных температурных швов на транспортную эстакаду расходуется незначительный объём строительных материалов. Сами струны жёстко прикреплены к анкерным опорам, установленным с шагом 3–5 км, а путевая структура поддерживается промежуточными опорами, размещёнными через 50–500 м и более, что обеспечивает минимальный объём земляных работ и землеотвод под строительство путевой структуры, не нарушает гидрологию почв (движение поверхностных и грунтовых вод), как это происходит при строительстве автомобильных и железных дорог. При этом сохраняется ландшафт под эстакадой путевой структуры, так как не нужно прокладывать дорогу по поверхности земли, что исключает необходимость создания земляных насыпей, выемок, тоннелей, мостов, путепроводов, многоуровневых развязок и водопропускных сооружений, а также предоставляет возможность упрощённого совмещения транспортной системы с воздушными и кабельными линиями электропередач и линиями связи [3]. Кроме того, сохраняются пути миграции диких животных.

Таким образом, за счёт уменьшения ресурсоёмкости, малого энергопотребления и упрощённой интеграции с линиями электропередач и связи, UST уже на данном этапе позволяет сокращать экологическую нагрузку в сравнении с традиционными видами транспортных систем. Также существенным преимуществом является сохранение естественного почвенного покрова, на котором можно развивать сопутствующую инфраструктуру либо использовать их для развития сельского хозяйства. В результате, одним из эффективных вариантов использования земельного покрова с целью уменьшения выбросов парниковых газов является высадка растений и сельскохозяйственных культур (рис. 2).



Рисунок 2 – Вариант использования ЗАО «Струнные технологии» земельного покрова под рельсо-струнной транспортной эстакадой (ЭкоТехноПарк, г. Марьино Горка, Беларусь, 2021 г.)

В частности, в этой связи в рамках проводимого исследования был рассчитан эффект снижения выбросов основных парниковых газов на примере подсолнечника клубненосного, или топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*) как одного из возможных вариантов внедряемых агрокультур.

Для исследования влияния выращивания топинамбура на потоки парниковых газов как процесса снижения отрицательного воздействия на климат предпочтение было отдано камерному методу как наиболее эффективному и простому в реализации, позволяющему локализовать исследуемый объект как источник обмена и точно измерить потоки CO_2 , CH_4 и N_2O [4]. В частности, в марте 2021 года на базе ЗАО «Струнные технологии» была оборудована измерительная площадка с тремя установленными почвенными рамками, на которых с помощью закрытых эмиссионных камер (тёмных и прозрачных) измерялись потоки концентраций CO_2 , CH_4 и N_2O .

Углекислый газ определялся в режиме реального времени с помощью инфракрасного газоанализатора LI-820 LI-COR, газовые пробы метана и закиси азота определялись на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1» («Хроматэк», Россия) с электрозахватным (ECD) и пламенно-ионизационным (FID) детекторами. Условия определения: газ-носитель – гелий марки А, расход газа носителя – 30 мл/мин, расход водорода – 25 мл/мин, расход воздуха – 250 мл/мин, колонки – насадочные, металл, 2 мм внутренний диаметр, длина 3 м, сорбент Hayesep Q (80/100), температура колонок – 80 °С, температура испарителей – 150 °С, температура детекторов – 200 и 280 °С. Калибровка хроматографа производилась по газовым стандартам на воздушном балансе в начале, через 12 проб и в конце измерений.

Измерения CO_2 проводились от рассвета (минимальная величина PAR) до пикового значения PAR в 12–14 часов в ясные дни, с минимальной облачностью. При измерении CO_2 эмиссионную камеру предварительно проветривали до равновесной концентрации углекислого газа в камере и атмосфере. Далее открытым основанием камера устанавливалась на рамку минимум на 3–5 минут, образуя герметичную систему, чего было достаточно для получения необходимого объёма данных для статистического обоснования достоверности результатов.

Концентрация CO_2 в камере измерялась с интервалом в 5 секунд, также каждые 5 секунд автоматически записывались время, температура внутри и снаружи камеры, PAR и порядковый номер измерения. Время экспозиции одного измерения зависело от скорости потока, но не превышало 10 минут, т. к. после этого времени в камере устанавливается равновесная концентрация CO_2 и искажается оценка потока. Для каждого измерения необходимы стабильные условия (амплитуда температур внутри камеры в пределах 1,5 °С, динамика PAR — не более 10 %). По окончании измерения запись данных отключалась, снималась и заново проветривалась камера.

При измерении потоков метана и закиси азота камера аналогичным образом устанавливалась на рамку открытым нижним основанием. Поток определялся по скорости изменения концентрации газов внутри камеры. Для этого из внутреннего пространства камеры через равные промежутки времени отбирались пробы воздуха в предварительно провакуумированные герметичные колбы (60 мл). За одно измерение отбиралось по 5 проб с интервалом в 5 минут, при этом параллельно фиксировались все температуры и давление.

Скорости потоков CO_2 , CH_4 и N_2O рассчитывались по закону идеального газа, основанному на изменении концентрации со временем в камере. Статистический анализ данных проводился с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel и TableCurve 2D. Скорости потоков метана и закиси азота и их статистическая обработка проводилась в программной среде R© с использованием пакета «Flux» и «CaTools». Статистическая обработка данными необходима для исключения помех, происходящих из-за турбулентности и колебания давления, вызванные установкой камеры, а также от увеличения сатурации и микроклиматических эффектов от накрытия камерой площадки.

Измерения проводились на протяжении 5-х месяцев (с мая по сентябрь 2021 года), в то время как потоки основных парниковых газов в остальные месяцы условно принимали равными нулю. Для расчёта годовой динамики потока CO_2 учитывались все ежемесячные суточные измерения концентрации диоксида углерода с каждой почвенной рамки. Результаты наблюдений показали, что в мае преобладала эмиссия CO_2 (0,8 т/га в год), в июне наблюдалось значительное поглощение диоксида углерода (–4,4 т/га в год), которое достигло пика в июле (–5,9 т/га в год) и начало постепенно снижаться до –5,6 т/га в год в августе и –5,1 т/га в год в сентябре.

Суточные измерения CO_2 (рис. 3) проводились от рассвета; в июне в 5:40 наблюдалась эмиссия углекислого газа со скоростями 0,256, 0,263 и 0,255 г/м²/ч соответственно. В это время происходит плавное и равномерное увеличение как концентрации углекислого газа, так и потока фотосинтетически активной радиации. Зафиксированных величин PAR пока недостаточно для преобладания процесса фотосинтеза топинамбура над эмиссией углекислого газа. Однако уже в 6:15 наступает момент равновесия и его смещения при превышении величины PAR в 152 $\mu\text{моль/м}^2/\text{с}$ концентрация углекислого газа начинает снижаться. Далее при увеличении потока фотосинтетически активной радиации происходит ещё более интенсивное поглощение CO_2 со скоростями –0,713, –0,703 и –0,720 г/м²/ч.

На исследуемых площадках с мая по сентябрь эмиссия метана (рис. 4) была незначительной. Полученные сведения объясняются тем, что данные площадки подверглись воздействию со стороны человека и в результате почва стала более насыщена кислородом, вследствие чего доминирование окисления метана превратило данную территорию в незначительные стоки атмосферного метана.

Учитывая низкие количественные значения естественной эмиссии закиси азота, время для исследования было подобрано с учётом того, чтобы оно совпадало с условиями, при которых возможен максимальный поток данного парникового газа (после резких возрастных уровней грунтовых вод в сочетании с устоявшейся положительной температурой и высокой влажностью) [5]. Тем не менее, потоки N_2O на исследуемых площадках были незначительны (рис. 5) и находились в области фонового значения (331,1 молекул на миллиард).

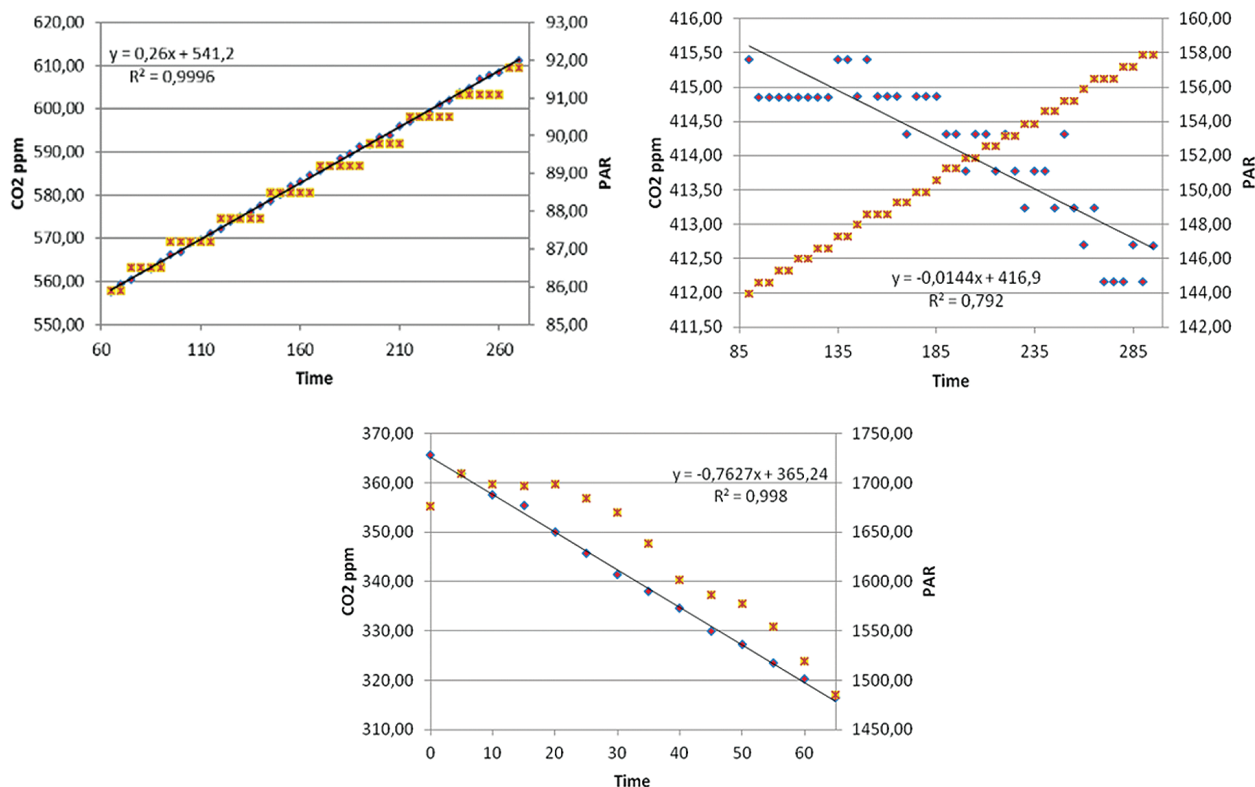


Рисунок 3 – Динамика потоков CO_2 топинамбура (точками отмечена концентрация CO_2 , символом «ж» – PAR)

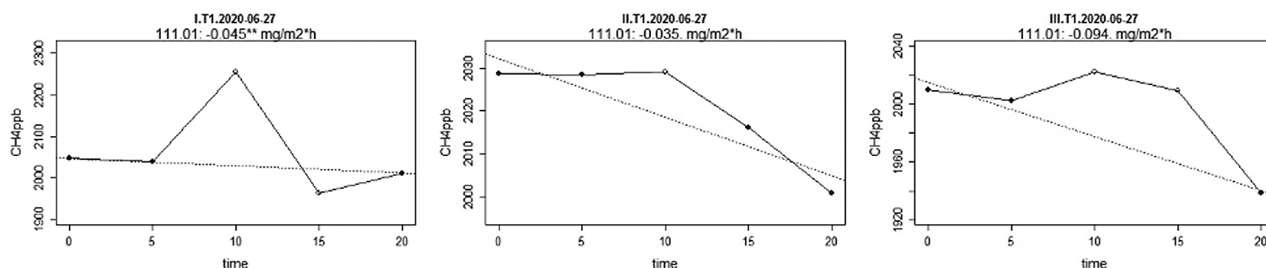


Рисунок 4 – Динамика эмиссии метана

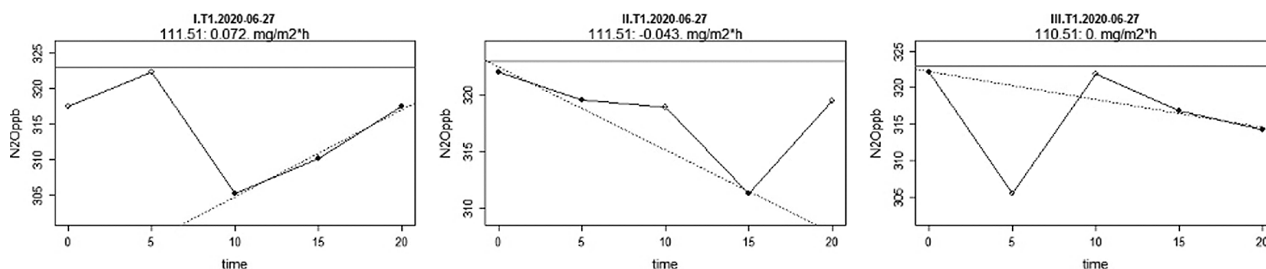


Рисунок 5 – Динамика эмиссии N_2O

Таким образом, струнный транспорт Юницкого (UST), характеризующийся передовыми конструктивными особенностями и техническими решениями, низкой ресурсоёмкостью и энергозатратностью, позволяет сохранять естественный земельный покров, который может использоваться для выращивания агрокультур. На примере рассмотренной агрокультуры – топинамбура – обеспечивается поглощение около 4 т/га в год (что соответствует 1 км протяжённостью дороги) CO_2 , при этом не загрязняется окружающая среда и не увеличиваются естественные потоки CH_4 и N_2O , что является благоприятным фактором для климата и экологии в целом.

Рассмотренный инновационный вид транспорта не нарушает природное пространство и в том числе позволяет сохранить естественные пути миграции диких животных. В результате, местность, через которую проходят рельсо-струнные дороги, может использоваться для ведения органического сельского хозяйства, что, в свою очередь, создаёт минимальную экологическую нагрузку на биосферу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юницкий, А. Э. Экологические аспекты струнного транспорта / А. Э. Юницкий, М. И. Цырлин // Инновационный транспорт. – 2020. – № 2. – С. 7–9.
2. *Unitsky A. String Transport Systems: On Earth and in Space* / A. Unitsky. – Silakrogs, PNB Print, 2019. – 560 p.
3. Юницкий, А. Э. Безопасность путей структур второго уровня на примере рельсо-струнных транспортных систем Юницкого / А. Э. Юницкий, С. В. Артюшевский // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 26–27 ноября, 2020 г.) : в 5 ч. Ч. 4 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 69–72.
4. *Drösler, M. Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany.* – 2005. – 182 p.
5. Кудеяров, В. Н. Агрогеохимические циклы углерода и азота в современной земледелии России / В. Н. Кудеяров // Агрохимия. – 2019. – №. 12. – С. 3–15.

УТИЛИЗАЦИЯ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ В КОНТЕКСТЕ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

PLASTIC WASTE UTILIZATION IN THE CONTEXT OF IMPROVING THE ENVIRONMENT

В. В. Плесканев^{1,2}, Е. В. Яблонский^{1,2}, Д. С. Мишлаков^{1,2}, П. К. Шалькевич^{1,2}
V. V. Pleskanev^{1,2}, E. V. Yablonsky^{1,2}, D. S. Mishlakov^{1,2}, P. K. Shalkevich^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ г. Минск, Республика Беларусь
shalkevich@iseu.by

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрены экологические аспекты утилизации пластика. Сформулированы условия, при которых возможно решение экологических проблем, связанных с переработкой и утилизацией пластмасс.

The environmental aspects of plastic recycling are considered. The conditions under which it is possible to solve environmental problems associated with the processing and disposal of plastics are formulated.

Ключевые слова: пластик, полимеры, экология.

Keywords: plastic, polymers, ecology.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-332-335>

В современном мире пластик используется человеком во многих отраслях: приборостроение, электроника, автомобилестроение и авиация, потребительские товары, сельскохозяйственная и пищевая промышленности, химическая и медицинская отрасли. Это обусловлено относительной дешевизной и легкостью производства пластмасс, стойкости к перепадам температур и воздействию ультрафиолета, устойчивости к воздействию коррозии и длительным сроком службы [1].

Пластик является органическим материалом, состоящим из синтетических полимеров, который характеризуется эластичностью и прочностью. Эти характеристики под давлением и нагреванием способны образовывать после охлаждения различные формы [2].

Согласно исследованиям самым распространенным видом пластикового мусора, который производит человечество, являются: одноразовая посуда, пакеты, упаковка, бутылки и различные емкости. Ежегодно только в Европе производят около 25 млн. тонн пластиковых отходов [3].

Виды пластика различаются по химическому составу, жесткости и жирности. Но главным фактором различия является поведение при нагревании [4]. Поэтому выделяют следующие виды пластмасс:

- термопласта – плавится при нагреве, при охлаждении принимает первоначальную форму;
- реактопласта – в процессе нагрева переходят в твердое нерастворимое состояние;
- эластомеры – вид пластмассы, обладающий высокоэластичными свойствами, присуща способность к обратимой деформации.

На основании изложенного выше, можно сделать вывод, что самым качественным видом пластика являются эластомеры.