

мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00065. – DOI 10.1051/bioconf/20213700065. – EDN SNUNED.

5. Экологическая оценка пространственно-временной изменчивости почвенной эмиссии N<sub>2</sub>O на лесном участке природного заказника "Петровско-Разумовское" / М. В. Тихонова, А. С. Епихина, М. М. Визирская [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2013. – № 5. – С. 93-104. – EDN QIBNM.

УДК 574.4

## **ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПОТОКОВ УГЛЕРОДА, ВОДЫ И ТЕПЛА С ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ЛЕСА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ 2D СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ФУТПРИНТОВ ПОТОКОВ.**

*Манджи Осамах Басиль аспирант кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, osamahmanji@gmail.com*

*Серёгин Иван Андреевич ассистент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, iseregin@rgau-msha.ru*

*Ярославцев Алексей Михайлович доцент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yaroslavtsevam@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** В статье представлены результаты сезонного мониторинга за потоками углерода, воды и тепла методом турбулентных пульсаций на территории городского леса в условиях города Москвы.

**Ключевые слова:** Метод турбулентных пульсаций, эвапотранспирация, потоки тепла, городской лес.

Метод турбулентных пульсаций активно используется для оценки вертикальных потоков тепла и парниковых газов на границе экосистема – атмосфера. Исходно метод подразумевал его использование только на обширных однородных поверхностях, но активное развитие моделей футпринта позволило применять метод турбулентных пульсаций для сложных неоднородных поверхностей, подобных городским. Под футпринтом (footprint, след) понимают часть пространства, которая вносит вклад в турбулентное измерение потока в определенный момент времени, при определенных атмосферных условиях и характеристик поверхности самого участка.

Шмид (2002) показал, что, начиная с 1972 года, применение концепции футпринта увеличивалось по экспоненте[1]. С тех пор модели футпринта используются для планирования и проектирования новых вышек турбулентных пульсаций и применяются для большинства подобных наблюдений по всему миру.

Длительное время для обработки полученных данных по методу турбулентных пульсаций использовали одномерную модель расчета футприта потока, разделяя территорию вокруг вышки на сектора, где основным фактором выступала роза ветров.

Главной особенностью данной статьи является применение 2D-footprint модели [2] для оценки потоков углерода, воды и тепла [5]. Данный метод основывается на двумерной параметризации прогноза следа потока (FFP), основанной на новом подходе к масштабированию поперечного распределения следа потока и на улучшенной версии параметризации следа [3].

В непосредственной близости от станции расположена селитебная зона Тимирязевского района Москвы, представленная нехарактерной 2-3 этажной застройкой с большим количеством деревьев на территории. Растительность в лесу и селитебе представлена дубом черешчатым (*Quercus robur*), липой мелколистной (*Tilia cordata*), лиственницей сибирской (*Larix sibirica*), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и березой повислой (*Betula pendula*) [4].

Измерения проводились на станции турбулентных пульсаций установленной в Лесной Опытной Даче Тимирязевской академии высотой 35 метров. Измерение и направление потоков детектировалось при помощи газоанализатора закрытого типа LI-COR LI-7200 и ультразвукового 3-осевого анемометра Gill Windmaster. Вычисления проводились в ПО EddyPro 7 и Tovi

В данной статье представлены оценка внутрисуточной динамики эвапотранспирации, потоков CO<sub>2</sub> и теплового потока в условиях селитеба и городского леса путем разделения потоков с помощью моделирования двумерного футпринта по Кьюн [2]. Поток относили к городу или селитебу, если более 80% потока собиралась этой территории, при более равном разделении потоки отбрасывались.

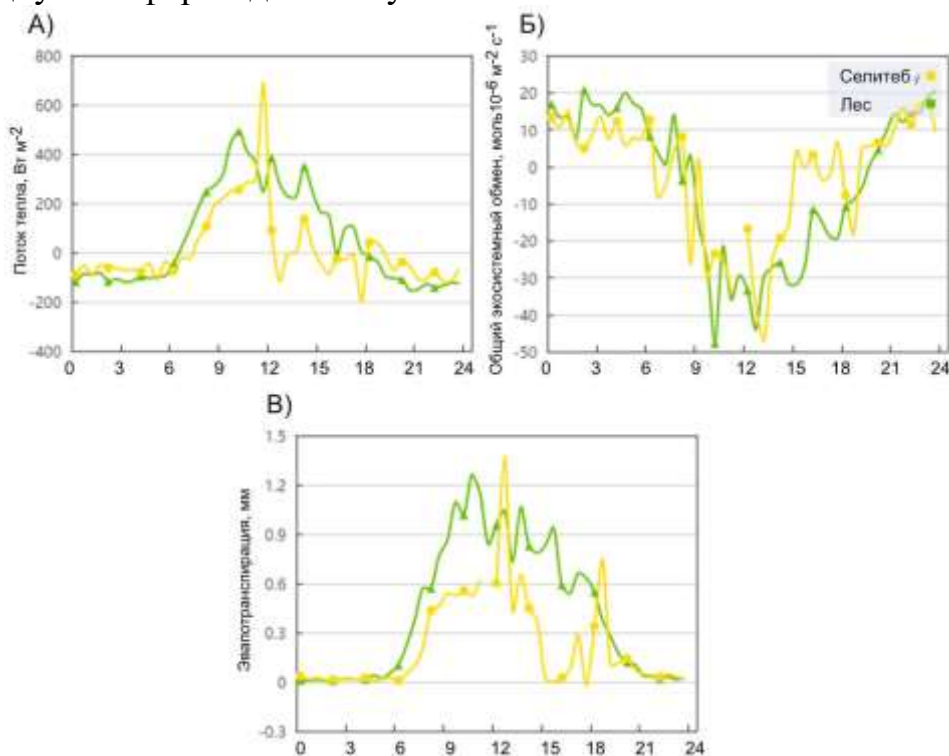
### **Результаты**

Результат представлен на рисунке 1. Желтая линия на графиках показывает данные для селитеба, а зеленая линия - для городского леса.

Анализ результатов показал незначительные различия между условиями селитеба и городского леса. При этом в городском лесу наблюдалось более высокое значение эвапотранспирации и более низкие значения потоков CO<sub>2</sub> и теплового потока по сравнению с селитебом. Эти результаты являются важным шагом в изучении влияния городской среды на природную среду и предоставляют базу для развития более устойчивых городских экосистем.

В ночные и вечерние часы (с 20 до 5 часов утра) транспирация принимала минимальные значения, близкие к нулю, как в городских, так и лесных условиях. В связи с минимальной радиации и скоростями ветра в это время суток. Основные отличия наблюдались в период максимальной солнечной радиации, с 7 до 18-00, в течение этого периода транспирация в лесу была в 1,5-2 раза выше чем в городе, достигая пика различия в период с 10 до 12 ч. Что предположительно можно объяснить более высокой плотностью растительности в лесу. Динамика транспирации в городских условиях имеет два нехарактерных пика в районе 13 и 19 часов, а также нехарактерные

значения близкие к нулю с 15 до 17 часов. Авторы предполагают, что наблюдаемые аномалии являются выпадами в связи с очень малым количеством измерений, пришедшихся на город в эти часы (см данные по турбулентности). Соответственно эвапотранспирация в городских условиях имеет сходную по форме динамику с лесной



**Рис. 1. Внутрисуточная динамика потоков тепла (А, углекислого газа (Б и эвапотранспирации (В, в условиях селитеба (желтая линия) и городского леса (зеленая линия)**

В ночные и вечерние часы (с 23 до 4 часов утра) потоки  $\text{CO}_2$  в атмосферу держались в диапазоне от 10 до 20  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ , как в городских, так и лесных условиях. Что логично объясняется отсутствием фотосинтеза в ночное время суток. Основные отличия наблюдались в период после максимальной фотосинтетической активности растений, которая наблюдалась в районе 10-12 часов утра. В период с 14 до 18 часов отрицательны потоки резко падали до 0 и потом восстанавливались до значений характерных для леса. Данный период характеризуется максимальной активностью, как работников лесной опытной дачи, которые используют несколько единиц тяжелой техники в непосредственной близости от вышки, так и максимальным трафиком на близлежащий, что давало большой вклад в положительные потоки  $\text{CO}_2$  и могло вызвать подобную аномалию в динамике.

В ночные и вечерние часы (с 20 до 4 часов утра) значения теплового потока принимала минимальные значения, близкие к  $-100 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , как в городских, так и лесных условиях. Что являлось следствием того, что ночной воздух холоднее поверхности и экосистема начинает отдавать тепло, нагревая остывший ночной воздух. Основные отличия в динамике между селитебом и лесом наблюдались в период максимальной солнечной радиации, с 8 до 18:00, в

течение этого периода разница достигала 1,5-2 раза в пользу леса ниже чем в городе, достигая пика различия в период с 12 до 13 ч. Что предположительно можно объяснить более высокой теплоизлучением в город, Наличие большого количества железобетонных зданий и асфальтовых дорог в городе, которые поглощают и отражают тепло, добавляя к общему тепловому балансу города. Присутствие большого количества транспорта, который выделяет много тепла. Высокая плотность зданий в городе, что приводит к тому, что тепло заключается между зданиями и не может выйти наружу, в то время как в лесу тепло свободно циркулирует. Динамика теплового потока в городских условиях имеет два нехарактерных пика в районе 12 и 18 часов, а также нехарактерные значения близкие к нулю с 8 до 14 часов. Авторы предполагают, что наблюдаемые аномалии являются выпадами в связи с очень малым количеством измерений, пришедшихся на город в эти часы (см данные по турбулентности). Соответственно теплового потока в городских условиях имеет сходную по форме динамику с лесой

Результаты исследования показали, что использование 2d разбиения потоков может дать более подробную информацию о состоянии экосистем с большой неоднородностью подобных селитебу городов и городским лесам.

### **Библиографический список**

1. Schmid H. P. Footprint modeling for vegetation atmosphere exchange studies: a review and perspective //Agricultural and Forest Meteorology. – 2002. – Т. 113. – №. 1-4. – С. 159-183.
2. Kljun N. et al. A simple two-dimensional parameterisation for Flux Footprint Prediction (FFP) //Geoscientific Model Development. – 2015. – Т. 8. – №. 11. – С. 3695-3713.
3. Kljun N. et al. A simple parameterisation for flux footprint predictions //Boundary-Layer Meteorology. – 2004. – Т. 112. – С. 503-523.
4. Экологическая оценка пространственно-временной изменчивости почвенной эмиссии N<sub>2</sub>O на лесном участке природного заказника "Петровско-Разумовское" / М. В. Тихонова, А. С. Епихина, М. М. Визирская [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2013. – № 5. – С. 93-104. – EDN QIВНМ.
5. Тихонова, М. В. Экологическая оценка пространственно временного варьирования органических веществ в дерново -подзолистой почве на различных вариантах мезорельефа территории городского леса в Г. Москва / М. В. Тихонова, Е. Б. Таллер, А. В. Бузылев // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды: сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка, Пермь, 22–23 апреля 2021 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. – С. 110-113. – EDN PSKKSS.
6. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments / M. O. Andreae, P.

УДК 631.453:632.122

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НИТРИЛОТРИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ПРОЦЕССЕ ФИТОЭКСТРАКЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ СВИНЦОМ ПОЧВ**

*Одех Ияд, аспирант кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, [eyad.tetan@gmail.com](mailto:eyad.tetan@gmail.com)*

*Потапова Владислава Андреевна, инженер кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, [potapova@tim-stud.ru](mailto:potapova@tim-stud.ru)*

**Аннотация:** В статье рассматривается роль нескольких хелатирующих агентов в накоплении биомассы и росте растений фитозекстраторов почв, загрязнённых свинцом. В результате проведения вегетационного опыта выявлено, что добавление хелатирующих агентов положительно сказывалось на ростовых процессах и накоплении биомассы растений, в частности, нитрилотриуксусной кислоты.

**Ключевые слова:** экологическая оценка нитрилотриуксусной кислоты, свинец, экологическая оценка лимонной кислоты, почва, горчица сарептская.

Из-за антропогенных действий, таких как добыча полезных ископаемых, чрезмерное использование химических удобрений, длительное применение осадков сточных вод и выбросы транспортных средств, загрязнение тяжелыми металлами становится все более серьезной экологической проблемой во многих регионах мира. Загрязнение почв или сельскохозяйственных культур представляет риск для здоровья человека особенно в условиях повышенной пестроты почвенного покрова [2,6]. Одним из наиболее опасных тяжёлых металлов является свинец (Pb), который легко накапливается в почве, аккумулируется в биологических тканях и оказывает длительное негативное воздействие на здоровье человека. Его высокая токсичность влияет на рост растений и физиологические функции, которые связаны с пагубным воздействием на поглощение питательных веществ, дыхание, фотосинтез и образование антиоксидантных ферментов [6].

Среди хелатирующих агентов нами были выбраны лимонная кислота, нитрилотриуксусная кислота, которые обладают большей биоразлагаемостью и экологичностью по сравнению с неорганическими хелатирующими агентами [3,5,7].

Показаны хелатирующий потенциал и стимулирующая рост растений роль лимонной кислоты при воздействии тяжелых металлов, а именно Pb [6],