

2. Даукш, И. А. Методологические аспекты анализа внешнеэкономического развития фармацевтического рынка Республики Беларусь / И. А. Даукш // Научные труды Республиканского института высшей школы. — 2021. — Вып. 20, ч. 2. — С. 169—178.
3. Балашов, А. И. Инновационное развитие фармацевтической отрасли как инструмент обеспечения лекарственной безопасности страны / А. И. Балашов // Национальные интересы. Приоритеты и безопасность. — 2011. - № 26. — С. 58-63.
4. Импортозамещение в Республике Беларусь: методы анализа и направления совершенствования: [монография] / Е. А. Червинский. - Мн : Беларуская навука, 2015. - 196 с.

УДК 630

Ч.И. Кашкарова

Уфимский государственный нефтяной технический университет
Уфа, Россия

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА МЕТОДОМ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

***Аннотация.** В данной статье рассматривается оценка депонирования углерода на степном участке методом турбулентных пульсаций по данным измерений потоков парниковых газов эколого-климатической станции EddyCovariance.*

C.I. Kashkarova

Ufa State Petroleum Technological University
Ufa, Russia

MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH ON ASSESSMENT OF CARBON DEPOSITION BY THE METHOD OF TURBULENT PULSATIONS

***Abstract.** This article examines the assessment of carbon sequestration in a steppe area using the turbulent pulsation method based on greenhouse gas flux measurements from the EddyCovariance ecological and climate station.*

Степные биомы представляют собой засушливые экосистемы умеренного пояса, в которых растительный покров образован главным

образом разными типами трав, среди которых самое видное место занимают дерновинные злаки. Благодаря тому, что под степной растительностью сформированы самые плодородные почвы (черноземы и каштановые), огромные пространства степей (за исключением опустыненных степных экосистем) сегодня распаханы, а нераспаханные площади используются под выпас или сенокосы. Менее 1 % степных экосистем России сохраняется в рамках особо охраняемых природных территорий. И это наименьшая доля среди всех типов экосистем в стране.

Особенность депонирования углерода в степных экосистемах – долговременность его запаса и высокая надежность связывания, поскольку основная часть углерода сохраняется в почве, где его подвижность невелика и возможность эмиссии в ненарушенных экосистемах минимальна.

Целью работы является исследование и изучение материалов и методов исследований по оценке депонирования углерода методом турбулентных пульсаций на участке Евразийского карбонового полигона «Ковыльная степь» в д. Курятмасово Давлекановского района Республики Башкортостан.

В 2023 году на участке Евразийского карбонового полигона «Ковыльная степь» была запущена первая установка для автоматического измерения потоков парниковых газов методом Eddy Covariance (турбулентных пульсаций) (рис. 1).



Рис. 1 - Эколого-климатическая станция Eddy Covariance

Набор приборов на рис. 1 типичен для пульсационного эксперимента: трехмерный акустический анемометр, газоанализатор

открытого типа, и иногда, воздухозаборная трубка для газоанализатора закрытого типа и термопара из тонкой проволоки.

Датчики, измеряющие концентрацию газов и температуру, должны быть расположены около акустического анемометра или немного ниже его, но не слишком близко, чтобы не создавать препятствий для естественного течения воздуха через анемометр. Сами приборы должны быть смонтированы так, чтобы минимально нарушать воздушный поток, поступающий к акустическому анемометру. При этом, разделение по горизонтали между анемометром и другими датчиками должно быть минимальным, около 10-15 см, и желательно не больше 20-25 см [1]. Газоанализатор открытого типа нужно немного наклонить, чтобы на приборе не накапливались дождевая вода или снег.

Акустический анемометр измеряет скорость звука в воздухе, используя кратковременный импульс ультразвуковых волн, испускаемый излучателем. Приемник затем перехватывает дошедший до него сигнал. Далее приемник и излучатель меняются ролями и импульс повторяется. Если известно расстояние между излучателем и приемником, по задержке между временем испускания импульса и временем регистрации сигнала можно рассчитать скорость звука. Эта полученная скорость звука реально представляет собой скорость звука плюс или минус скорость ветра. Скорость ветра рассчитывается из разницы между измеренной скоростью прохождения сигнала в двух противоположных направлениях. Скорость звука в неподвижном воздухе хорошо известна и зависит главным образом от температуры, а в меньшей степени от влажности воздуха и его газового состава. Акустическую температуру также можно вычислить из скорости звука, измеренной анемометром. Современные малоинерционные приборы измеряют концентрацию углекислого газа и водяного пара по поглощению лучей в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра. Для измерения концентрации метана и других газов используются лазерные газоанализаторы, характеристики которых позволяют измерять концентрации с высокой частотой и достаточным разрешением, требующимися для пульсационного метода.

Данные измерений потоков парниковых газов записываются в режиме онлайн и передаются на сервер ФГБОУ ВО «УГНТУ». Далее осуществляется обработка этих данных в программном обеспечении EddyPro. EddyPro предоставляет широкий спектр возможностей для вывода и всесторонней обработки экспериментальных данных. Программное обеспечение построено на проверенной и хорошо зарекомендовавшей себя платформе IMESS с простым интуитивно

понятным интерфейсом.

Цельнокройная (не предусматривающая избыточных операций) обработка файлов GHG от систем изучения параметров атмосферы, производства LI-COR. Поддержка разнообразных типов файлов.

В программу интегрирована опция онлайн помощи (включает в себя: обучающую литературу, обучающее видео и возможность запроса технической поддержки у экспертов компании LI-COR).

В программу встроен широкий спектр возможностей для обработки полученных данных, в том числе: коррекции АЧХ, оценка вероятной зоны покрытия, оценка случайной ошибки и качества маркировки. Пример работы в программе представлен на рис. 2.

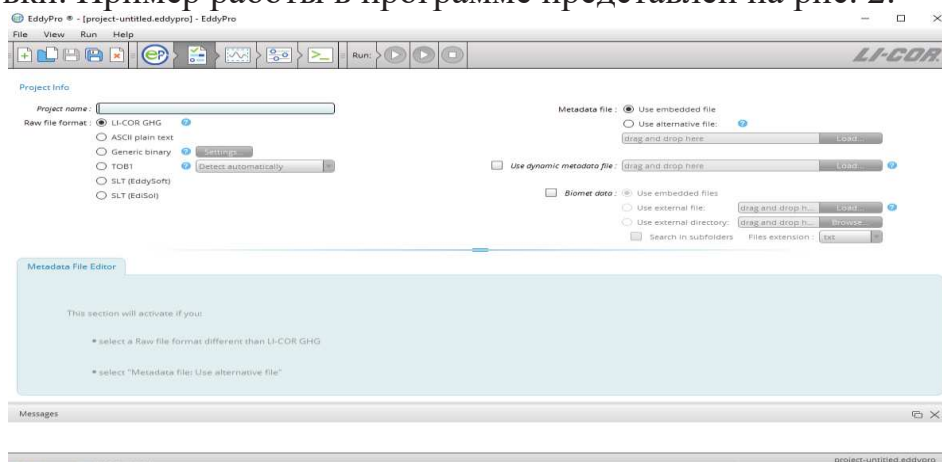


Рис. 2 - Программное обеспечение EddyPro

После обработки в программном обеспечении EddyPro должны получиться выходные данные в формате exel (fluxnet, full_output, biomet, metadata) (рис. 3).

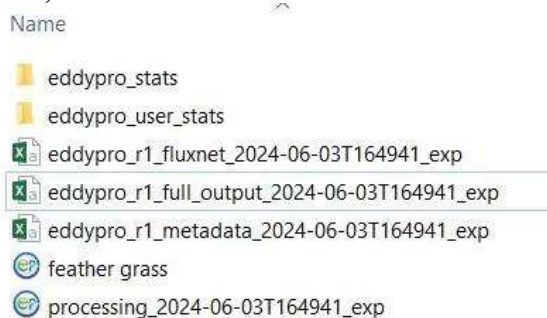


Рис. 3 - Выходные данные после обработки в программном обеспечении EddyPro

EddyPro является программным продуктом с открытым кодом, разработанным и поддерживаемым компанией LI-COR. Данное программное обеспечение было разработано в рамках проекта ECO₂S (the Eddy Covariance Community Software project), который являлся подпроектом в составе глобального проекта IMECC – EU (Infrastructure

for Measurement of the European Carbon Cycle), занимавшегося развитием инфраструктуры для изучения цикла углерода на территории Евросоюза.

Метод турбулентных пульсаций (МТП), или пульсационных наблюдений (eddy covariance), позволяет осуществлять пространственно интегрированные оценки потоков импульса, тепла, водяного пара, CO₂, а также любых потоков вещества в турбулентной атмосфере на основе измерений. Иногда метод также называют просто пульсационным методом. В исследованиях приземного слоя атмосферы метод широко используется в последние 30 лет. Благодаря детальной проработке методологии и усовершенствованию приборов метод может применяться как в фундаментальных, так и в прикладных исследованиях [2].

Метод турбулентных пульсаций (Eddy Covariance, EC) в его современном виде служит для расчёта только турбулентных вертикальных потоков, предполагает множество допущений и требует высококачественных и дорогих приборов. В тоже время с помощью метода можно получить оценки потоков по измерениям на экосистемном уровне в реальных условиях.

Список использованных источников

1. Raupach, M.R. The influence of topography on meteorological variables and surface-atmosphere interactions / M.R. Raupach, J.J. Finnigan, // Journal of Hydrology. – 2017. - 190:182-213.

2. Burba, G. Eddy Covariance Method for Scientific, Industrial, Agricultural and Regulatory Applications: a Field Book on Measuring Ecosystem Gas Exchange and Areal Emission Rates / G. Burba // LI-COR Biosciences, Lincoln, USA. – 2015. - 331 pp.

УДК 630*431.3+630*431.1

Г.Я. Климчик, О.Г. Бельчина

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

СОСТОЯНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСАХ ИВАЦЕВИЧСКОГО ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА

Аннотация. Проведен анализ состояния лесного фонда Ивацевичского опытного лесхоза по возможности возникновения лесных пожаров. Сделан анализ