

УДК 504.064.2

ИССЛЕДОВАНИЕ АССИМИЛЯЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДРЕВЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ ЛЕТОМ 2021 ГОДА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ LIBELLIUM

Динкелакер Н.Ф.И. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»),

Аминов Н.С.О. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»),

Динкелакер Н.В. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Научные руководитель – доцент к.т.н. Агаханянц П.Ф.; (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Введение. Летние температурные аномалии, в том числе наблюдавшаяся в 2021 году в Северном полушарии, в т.ч. в Санкт-Петербурге, приводят к изменениям функционирования городских экосистем, в том числе в части образования углекислого газа. Это, в свою очередь, влияет не только на углеродные потоки в городских экосистемах и выделение парниковых газов, но непосредственно на концентрацию углекислого газа в среде обитания человека. Основным ассимилятором CO₂ в городских экосистемах являются зеленые насаждения, и, в первую очередь, их средообразующие элементы – деревья.

Эффективность поглощения углекислоты в процессе фотосинтеза различается у разных видов и сортов древесных насаждений, а также зависит от многих факторов, среди которых особенно важны абиотические условия и экологическое состояние растений. Ассимиляция углекислоты городскими древесными насаждениями происходит в условиях загрязненных сред (воздух, почва), что снижает ее эффективность. Аномальные погодные условия с повышенной температурой воздуха более чем на 5 градусов относительно климатической нормы, наблюдавшиеся в Санкт-Петербурге в июне-июле 2021 года, вызвали дополнительный стресс у растений, что не могло не отразиться на фотосинтетической активности. В настоящее время исследования влияния комплекса аномальных погодных условий на ассимиляционную активность зеленых насаждений фрагментарны и не позволяют сделать выводов об изменениях фиксации CO₂ зелеными насаждениями Санкт-Петербурга.

Цель исследования – изучить влияние климатической аномалии летнего сезона 2021 года в Санкт-Петербурге на ассимиляцию углекислого газа зелеными насаждениями. В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

1. Для измерения характеристик, указывающих на интенсивность фотосинтеза, были использованы устройства и датчики от компании Libellium и подключена экспериментальная камера для листьев разного размера в соответствии с общепринятыми стандартами измерения видимого фотосинтеза. Провести анализ полученных результатов, сопоставив с литературными данными по фотосинтезу исследуемых видов.

2. Исследовать максимальную суточную интенсивность ассимиляции углекислого газа у различных древесных пород в зеленых насаждениях Санкт-Петербурга в период аномальной жары и после нормализации температуры воздуха.

Основная часть. Температурные рекорды июня и июля 2021 года в Санкт-Петербурге сочетались с минимальным количеством осадков и очень ранним началом жаркого периода по сравнению с также аномальным 2010 годом. Стресс от высокой температуры воздуха деревья испытали в начале сезона, во время цветения большинства

видов, с не до конца сформированными листьями. Исследования были проведены в июне-августе 2021 года в Петроградском районе Санкт-Петербурга.

В качестве объектов были рассмотрены 6 видов деревьев (*Quercus robur L.*, *Tilia cordata L.*, *Fraxinus excelsior L.*, *Aesculus hippocastanum L.*, *Sorbus aucuparia L.*, *Salix alba*), представленные в различных условиях: бульвары, парковый массив, внутриквартальные зеленые зоны. Возраст исследованных деревьев составил 40-50 лет. Исследование фотосинтеза проводилось путем построения суточных кривых фотосинтеза в период аномально высокой температуры воздуха и после нормализации температуры воздуха. Камера для измерений интенсивности фотосинтеза была оснащена датчиками температуры, влажности и концентрации углекислого газа. Устройство Libellium Plug&Sense Environment PRO состоит из основной платы с микроконтроллером ATmega 1281, который участвует в управлении устройством; платы расширения для подключения датчиков для мониторинга (в нашем случае датчик углекислого газа), датчика температуры, влажности, давления; платы с модулем связи для передачи данных в сеть Интернет (в данной конфигурации 4G). Устройство Libellium Plug&Sense Environment PRO имеет автономный источник питания и является мобильным. В качестве системы хранения данных используется модуль для подключения карт памяти формата SD. Для работы данного устройства было разработано программное обеспечение, отвечающее требованиям метода измерения, также было разработано ПО для работы других систем (корректного хранения данных, передачи данных зафиксированных измерений и прочих функций).

Анализ результатов позволил установить, что в жаркий период максимальная фотосинтетическая активность всех рассмотренных видов падает, а у некоторых интенсивность фотосинтеза снижается практически до нуля (*Tilia cordata L.*). В листьях дуба *Quercus robur L.* при температуре воздуха более 34°C в дневное время наблюдался переход к дыханию с выделением углекислого газа. Исследования также показали различные способности видов к ассимиляции CO₂ при высоких температурах. После нормализации погодных условий они только частично восстановили фотосинтетическую активность. Максимальная фотосинтетическая активность была у деревьев в парковом массиве (Александровский парк), минимальная – в рядовых посадках на бульварах. Лимитирующая роль в этом процессе принадлежит влажности. При искусственно вызванном повышении влажности в камере выше 50 % интенсивность поглощения углекислоты листьями всех исследованных видов деревьев повышалась в течение 5-10 минут. Изменения в ассимиляции диоксида углерода городской растительностью, вызванные экстремально жаркой и сухой погодой, могут способствовать к повышению концентрации CO₂ в рекреационных зонах (парки) и в жилых кварталах.

Выводы. В результате проведенного исследования было выявлено, что длительные периоды жаркой и сухой погоды приводят к физиологическому стрессу у древесных видов городской растительности. В результате их важная экологическая функция – утилизация CO₂ – снижается, при экстремальных температурах (выше 34°C) и низкой влажности (менее 50%) у дуба отмечен переход к дыханию и интенсивному выделению углекислого газа. Этот эффект исчезает при повышении влажности воздуха. В жаркие периоды, которые могут участиться с изменением климата, в городском парковом хозяйстве необходимо внедрить практику мониторинга состояния растительности в части фотосинтеза (CO₂) для определения своевременности полива, что предотвратит расход кислорода городскими зелеными насаждениями. Для этого могут быть эффективно использованы системы на базе сенсорных датчиков Libellium.

Походня Е.И. (автор)

Подпись

Динкелакер Н.В. (научный руководитель)

Подпись