

Интегральная оценка качества атмосферного воздуха г. Казани по данным химического и биологического мониторинга

Н.Ю. Степанова, профессор, д-р биол. наук^{1,2}

Г.В. Демина, доцент, канд. биол. наук²

Л.В. Новикова, аспирант²

Д.В. Грашина, аспирант¹

¹Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

²Казанский (Приволжский) федеральный университет

e-mail: step090660@yandex.ru, deminagv@mail.ru

Ключевые слова:

загрязнение атмосферного воздуха, замедленная флуоресценция, ель колючая *Picea pungens*.

Представлена оценка качества атмосферного воздуха г. Казани по химическим показателям и по уровню ингибирования фотосинтетической активности ели колючей *Picea pungens*. Показано, что качество атмосферного воздуха по химическим показателям колеблется от высокого до очень высокого уровня загрязнения, наибольший вклад в загрязнение вносит повышенное содержание пыли, оксида углерода, диоксида азота и формальдегида. Показатели замедленной флуоресценции ели колючей *Picea pungens* являются хорошими индикаторами загрязнения атмосферного воздуха, выявлена сильная корреляционная связь между содержанием в воздухе оксида углерода, диоксида азота, пыли и показателями замедленной флуоресценции.

1. Введение

Загрязнение окружающей среды является острой экологической проблемой, особенно в городских и промышленных районах. Воздействие токсикантов приводит к значительному ухудшению состояния и даже к гибели растительности [1, 2]. В настоящее время в исследованиях фотосинтеза широко используются методы, основанные на измерении и анализе замедленной флуоресценции хлорофилла [3, 4, 5]. Интегральность флуоресцентных показателей позволяет использовать их для получения разнообразных данных о функционировании фотосинтетического аппарата растений и изучения действия различных факторов на фотосинтез. Удобными объектами для изучения влияния условий обитания являются хвойные растения, в первую очередь, за счет возможности круглогодичных наблюдений.

В связи с этим целью данной работы была оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Казани по данным химического мониторинга и по показателям замедленной флуоресценции хлорофилла ели колючей *Picea pungens*.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха определялся по значениям максимально разовых суточных концентраций загрязняющих веществ [6] за период с сентября 2012 г. по февраль 2013 г. ($n = 77$) на стационарных постах наблюдения за загрязнениями (ПНЗ). Оценку качества воздуха проводили по суммарному индексу СИ ($СИ = C_i / ПДК_{м.р.}$) и НП (частота встречаемости превышений индивидуального загрязняющего вещества над $ПДК_{м.р.}$ %).

2. Материалы и методы

Для характеристики влияния загрязненного воздуха на растения была выбрана ель колючая *Picea pungens*, произрастающая в непосредственной близости от пунктов наблюдения за химическим загрязнением. Для анализа брали ветки с хвоей второго года, расположенные выше 1 м от земли. С помощью флуориметра «Фотон 10» регистрировали параметры

замедленной флуоресценции ЗФв и ЗФн при возбуждении светом сначала высокой, а затем низкой интенсивности, а также их отношение $V/N = ЗФв/ЗФн$ [7].

3. Результаты и обсуждение

Загрязнение атмосферного воздуха г. Казани по данным химического мониторинга.

Среди различных компонентов среды атмосферный воздух является наиболее динамической средой, взаимодействующей со всеми остальными компонентами. Наибольшие значения максимально разового содержания пыли, оксида углерода, диоксида углерода и формальдегида отмечались на постах, расположенных рядом с наиболее оживленными автодорогами города: ул. Татарстан, ул. Правобулачная и ул. Декабристов. Необходимо отметить большой разброс данных для специфических показателей (фенол, ацетон, ксилол, хлорбензол, толуол, бензол, тетрахлолметан, хлороформ и др.), что, вероятнее всего, связано с неравномерностью поступления этих соединений в атмосферный воздух с выбросами промышленных предприятий.

Если оценивать уровень загрязнения атмосферного воздуха по суммарному индексу (СИ), то наиболее благополучная ситуация наблюдалась на ул. Лаврентьева (СИ = 1,3) и ул. Дубравная (СИ = 1,4), что соответствовало состоянию низкого уровня загрязнения. На остальных пунктах наблюдения зафиксирован повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха с увеличением значений СИ в ряду: ул. Декабристов (СИ = 2,0) — парк им. М. Горького (СИ = 2,5) — ул. 8 Марта (СИ = 2,6) — ул. Татарстан (СИ = 3,4) — ул. Правобулачная (СИ = 4,8). Наибольшие превышения отмечались по диоксиду азота, формальдегиду и пыли.

По показателю НП повышенный уровень загрязнения воздуха отмечался на ул. Дубравная (НП=9), на остальных пунктах наблюдения зафиксирован высо-

кий уровень, на ул. Правобулачная — очень высокий уровень загрязнения. По мере увеличения значений показателя НП пункты наблюдения составляют последовательность: ул. Дубравная (НП = 9) — ул. 8 Марта (НП = 27) — Парк им. М. Горького (НП = 36) — ул. Декабристов (НП = 36) — ул. Лаврентьева (НП = 36) — ул. Татарстан (НП = 45) — ул. Правобулачная (НП = 100).

*Показатели замедленной флуоресценции хвои ели колючей *Picea pungens*.*

Известна высокая чувствительность хвойных растений к различным видам загрязнений, что обуславливает их широкое использование в качестве биоиндикаторов при оценке качества окружающей среды [8]. Во многих случаях устойчивость фотосинтетического аппарата, регистрируемая методом замедленной флуоресценции (ЗФ), коррелирует с общей устойчивостью растительного организма к тому или иному фактору [9]. Показатели ЗФ хвои ели в конце вегетационного сезона и в период покоя отличались значительно, что отражает интенсивность протекающих процессов фотосинтеза. Подобные сезонные закономерности показателей ЗФ хвойных растений отмечают и другие авторы [10].

На рис. 1–3 приведены показатели ЗФв, ЗФн, В/Н в вегетационный сезон и период покоя по пунктам наблюдения: 1 — ул. Татарстан, 2 — ул. Лаврентьева, 3 — ул. 8 Марта, 4 — Парк им. Горького, 5 — ул. Дубравная, 6 — ул. Декабристов, 7 — ул. Правобулачная, 8 — фон (лесхоз Алексеевского района РТ).

Показатели ЗФв и В/Н имели большие значения в более чистых районах. Значения ЗФ хвои ели в Парке им. М. Горького почти не отличались от аналогичных значений хвои ели, произрастающей в контрольном районе (лесхоз Алексеевского района РТ), что было выявлено в ходе анализа методом непараметрической статистики по критерию Вилкоксона (парный). В дальнейшем показатели ЗФ хвои ели из Парка им. М. Горького использовались как контрольные.

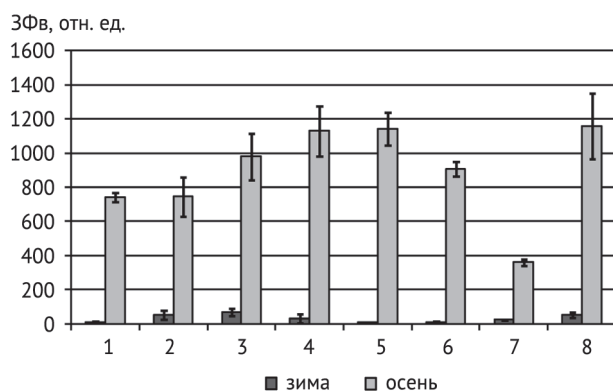


Рис. 1. Показатель ЗФв в вегетационный сезон и период покоя по пунктам наблюдения

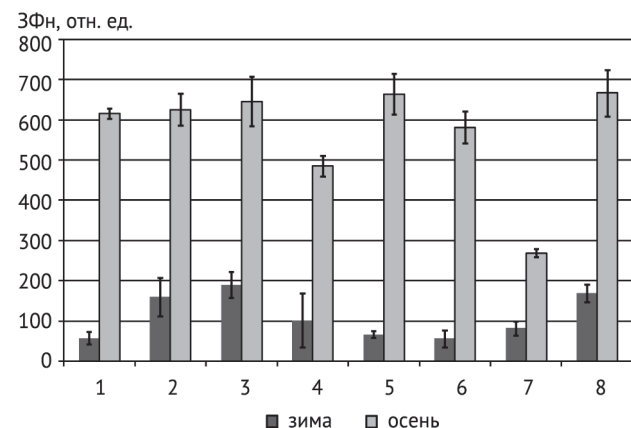


Рис. 2. Показатель ЗФн в вегетационный сезон и период покоя по пунктам наблюдения

Таблица 1

Расположение ПНЗ	Парк им. М. Горького	
	зимний период	вегетационный период
Ул. Декабристов	0,008	0,021
Ул. 8 Марта	0,091	0,042
Ул. Дубравная	0,079	0,136
Ул. Татарстан	0,004	0,009
Ул. Правобулачная	0,003	0,014
Ул. Лаврентьева	0,001	0,025

Для выявления различий между показателями ЗФ хвои из разных пунктов наблюдения на следующем этапе было проведено их сравнение с помощью метода непараметрической статистики по критерию Вилкоксона (табл. 1), который показал, что в вегетационный период показатели ЗФ хвои только с ул. Дубравная достоверно не отличаются от контроля (значения $p > 0,05$). На всех остальных станциях наблюдения отмечалось замедление флуоресценции в ответ на загрязнение атмосферного воздуха (данные достоверно отличались от контрольных значений, что подтверждается значениями $p < 0,05$). В зимний период показатели ЗФ хвои с ул. Дубравная и ул. 8 Марта достоверно не отличались от аналогичных значений в контроле (значения $p > 0,05$).

Для выявления причинно-следственных связей между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и интенсивностью фотосинтеза хвои ели был про-

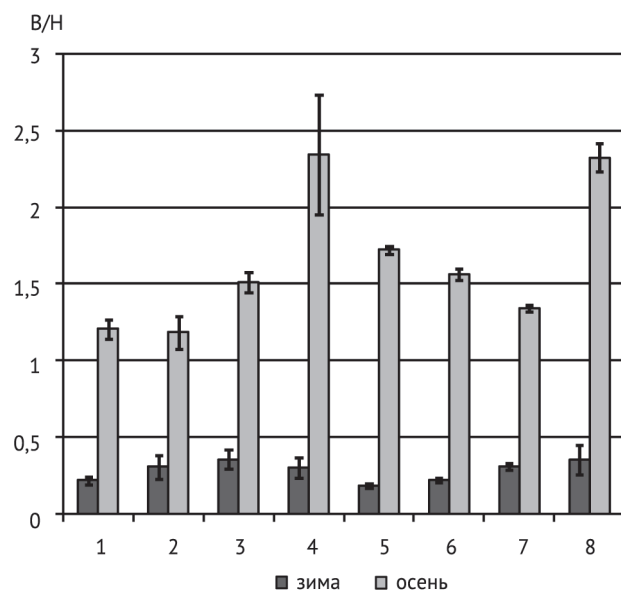


Рис. 3. Показатель В/Н в вегетационный сезон и период покоя по пунктам наблюдения

Таблица 2

Матрица попарных корреляций по критерию Пирсона

Показатель	ЗФв.о	ЗФн.о	В/Но	ЗФв.з	ЗФн.з	В/Нз
Диоксид азота	-0,82	-0,88	-0,23	-0,37	-0,33	-0,52
Оксид углерода	-0,76	-0,65	-0,38	-0,63	-0,57	-0,84
Пыль	-0,40	-0,22	-0,31	-0,74	-0,71	-0,88
СИ	-0,72	-0,79	-0,19	-0,28	-0,22	-0,53
НП, %	-0,90	-0,91	-0,31	-0,44	-0,42	-0,48

веден корреляционный анализ (табл. 2). Он показал наличие достоверной зависимости между показателями ЗФ (y) в высоком свете в период вегетации и содержанием в воздухе загрязняющего вещества (x): диоксида азота ($y = -5820,9x + 1360,4$; $R^2 = 0,68$), оксида углерода ($y = -1024,2x + 1992,5$; $R^2 = 0,58$), а также для В/Н (y) в зимний период: оксида углерода ($y = -0,2625x + 0,5634$; $R^2 = 0,71$), пыли ($y = -1,3151x + 0,4231$; $R^2 = 0,78$). Еще более выраженная корреляционная зависимость с показателями ЗФ наблюдалась при использовании значений СИ и НП, но только в вегетационный период при наибольшей фотосинтетической активности.

В табл. 2 использованы обозначения: показатели замедленной флуоресценции в высоком и низком свете в осенних (вегетационный сезон) ЗФв.о, ЗФн.о и зимних пробах ЗФв.з, ЗФн.з; отношение показателей ЗФ к ЗФн в осенних (вегетационный сезон) и зимних пробах В/Но, В/Нз, соответственно.

4. Заключение

Наиболее высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха и значительный уровень ингибирования фотосинтетической активности ели *Picea pungens* отмечен для улиц с высокой интенсивностью движения автотранспорта.

Выявлена существенная корреляционная связь между показателями ЗФ и содержанием в воздухе оксида углерода, диоксида азота, пыли. Показатели ЗФ ели *Picea pungens* рекомендуется использовать как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соболева О.М., Кондратенко Е.П., Пинчук Л.Г. Комплексная оценка состояния ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в г. Новокузнецке // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 7 (57). — С. 33–36.
2. Неверова О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Междисциплинар-

- ный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2010. Т. 1. № 1. — С. 82–92.
3. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Красноярск: Альтерпрес, 2002. — 188 с.
 4. Lichtenthaler H.K., Babani F., Langsdorf G. Chlorophyll fluorescence imaging of photosynthetic activity in sun and shade leaves of trees // *Photosynth. Res.* 2007. Vol. 93. P. 235–244
 5. Sarijeva G., Knapp M., Lichtenthaler H.K. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus* // *Journal of Plant Physiology.* 2007. Vol. 164, Is. 7. P. 950–955.
 6. Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан. <http://www.tatarmeteo.ru/>.
 7. Способ определения содержания фитотоксических веществ: пат. 2069851 Рос. Федерация. № 5054869/25; заявл. 15.07.1992; опубл. 27.11.1996, Бюл. № 33.
 8. Рожков А.С., Михайлова Т.А. Действие фотосодержащих эмиссий на хвойные деревья. — Новосибирск: Наука, 1989. — С. 156.
 9. Маторин Д.Н., Венедиктов П.С., Рубин А.В. Замедленная флуоресценция и ее использование для оценки состояния растительного организма // *Известия АН СССР. Серия биологическая.* 1985. № 4. — С. 9–13.
 10. Пахарькова Н.В. Замедленная флуоресценция хлорофилла хвойных в условиях техногенного загрязнения атмосферы: Автореферат диссертации ... канд. биол. наук. Красноярск, 2009. — 24 с.

Integrated Assessment of Kazan's Atmospheric Air Quality According to Chemical and Biological Monitoring

N.Yu. Stepanova, Professor, Doctor in Biology, Kazan National Technical Researching University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan (Volga Region) Federal University

G.V. Demina, Associate Professor, Ph.D. in Biology, Kazan (Volga Region) Federal University

L.V. Novikova, Graduate Student, Kazan (Volga Region) Federal University

D.V. Grashina, Graduate Student, Kazan National Technical Researching University named after A.N. Tupolev – KAI

*The paper presents the results related to complex assessment of Kazan city air quality by chemical indicators and by photosynthetic activity inhibition level of blue spruce (*Picea pungens*). It has been shown that on chemical indicators the air quality fluctuates from high to very high polluted level, and the greatest contribution to air pollution is made by dust, carbon oxide, nitrogen dioxide and formaldehyde. It has been shown that blue spruce's (*Picea pungens*) slowed-down fluorescence indexes are good indicators of atmospheric air pollution. A strong correlation has been revealed between the content of carbon oxide, nitrogen dioxide and dust in the air and the slowed-down fluorescence indexes.*

Keywords: air pollution, delay fluorescence, blue spruce *Picea pungens*.

Выставка «ВУЗПРОМЭКСПО-2013. Отечественная наука — основа индустриализации»

Выставка, организованная Минобрнауки России совместно с Минэкономразвития и Минпромторгом России, прошла в выставочном комплексе «Гостиный Двор» с 17 по 18 декабря 2013 г. Стратегические партнеры выставки — государственные корпорации «Ростех» и «Росатом». Мероприятие объединило ведущих ученых российской вузовской науки и лидеров отечественного крупного предпринимательства. Ведущие вузы страны представили свои последние разработки, полностью готовые к внедрению в массовое производство (а некоторые из них уже внедрены). В рамках выставки прошла панельная дискуссия «Росатом — корпорация знаний». Заместитель генерального директора — директор Блока по управлению инновациями Вячеслав Першуков представил систему управления знаниями, внедряемую в госкорпорации. Заместитель министра образования и науки Российской Федерации Людмила Огородова рассказала об основных направлениях государственной политики и шагах министерства по развитию рынка интеллектуальной собственности.

В рамках мероприятия между госкорпорацией «Росатом» и Министерством образования и науки Российской Федерации был подписан лицензионный договор на предоставление права использования технологий системы управления знаниями «Росатома» для безвозмездного распространения и использования в высших научно-образовательных учреждениях России. Внедрение системы управления знаниями в образовательных учреждениях ставит своей целью содействовать выявлению и сохранению знаний, обеспечивать сбор и хранение документированных знаний, а также доступ преподавателей и обучающихся к массиву знаний. Кроме того, система управления знаниями предусматривает создание инфраструктуры для взаимодействия сотрудников научно-исследовательских организаций, научных экспертов и управления правами на интеллектуальную собственность.

С января 2014 года Минобрнауки России начнет распространение продукта в ведущих вузах России.