

заключается в том, что оно может быть применено для расчета ежедневных значение средних температур вегетационных периодов (для всех лет) как для черноземов выщелоченных с суглинистой, так и тяжелосуглинистой структурой, на различных глубинах почвенного профиля.

Коэффициент детерминации равен 0,97. Данная величина указывает на сильную зависимость между независимыми переменными t_{min} , t_{max} и фактической средней температурой почвы на различных почвенных слоях с различной почвенной структурой.

Уравнение регрессии построено по 2300 исходным данным и проверено на независимой выборке данных 2008–2010 гг. Погрешность расчетов представлена в таблице.

Таблица – Апробация уравнения на тестовых годах

Год Слой	2007	2008	2009	2010	Ср. знач. абс. погр.
0	1,1	1,3	1	1,8	1,3
10	1,3	0,7	3,5	1,5	1,75
20	0,9	0,9	2,6	1,2	1,4
40	1,1	0,8	1,5	0,7	1,025
80	0,5	0,9	0,5	0,5	0,6
120	0,7	1,2	0,4	0,4	0,675
Ср. знач.	0,9	1	1,6	1	1,125

Как видно из результатов, уравнение дает вполне приемлемую погрешность и может быть использовано в практических задачах.

Библиографический список

1. Хворова Л.А. Математические модели в теории и практике точного земледелия // Известия Алтайского Государственного университета. – 2011. – №2. – С. 123–128.
2. Хворова Л.А. Модель теплового режима почвы в пространственно-дифференцированных технологиях точного земледелия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. – №4 (128). – С. 101–106.
3. Боярская А.В., Хворова Л.А. Восстановление характеристик теплового режима почв в одномерных и двумерных задачах с границей раздела // Омский научный вестник. – 2015. – № 3 (143). – С. 293–296.
4. Боярская А.В., Хворова Л.А. Определение характеристик теплового режима почв в одномерных и двумерных задачах с границей раздела // Вестник АлтГПУ. – 2015. – № 25. – С. 12–15.
5. Хворова Л.А. Численное решение задачи теплового режима почвы // Сб.: Европейская наука и техника. – 2013. – С. 424–426.
6. Хворова Л.А. Гавриловская Н.В., Лопатин Н.Н. Применение информационных технологий, математических методов и моделей для обработки и анализа многомерных данных // Известия АГУ. – 2006. – №1. – С. 83–88.

УДК 58.02

Изменение концентрации пигментов в листьях березы повислой, как показателя условий произрастания г. Барнаула

С.М. Тымко¹, М.М. Силантьева²

¹Центр гигиены и эпидемиологии, г. Барнаул;

²АлтГУ, г. Барнаул

Растения в городской среде подвергаются действию загрязняющих факторов. И способность приспособиться, адаптироваться к стрессовым воздействиям и сохранить свой жизненный потенциал, является их защитно-приспособительным механизмом.

У древесных растений наиболее чувствительным органом является лист, так как он подвержен действию токсических веществ. Рост листа находится в прямой зависимости от степени загазованности местообитания, чем выше загрязнение, тем меньше морфометрические параметры листа и больше изменение его пигментного состава [1].

Наблюдения за качеством атмосферного воздуха в г. Барнауле проводятся с декабря 1968 г., с этого времени была организована сеть постов наблюдений, на которых начались измерения концентраций вредных веществ в атмосфере городов. В настоящее время в г. Барнауле наблюдения проводятся на 5 стационарных постах за 9 примесями (взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид и оксид азота, сероводород, сажа, фенол, формальдегид), с периодичностью отбора проб 6 дней в неделю, 3 раза в сутки, а кроме того, определяется содержание бенз(а)пирена и тяжелых металлов. В аварийных ситуациях определяются так же хлор и аммиак [2].

Несмотря на уменьшение в последние годы суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за счет спада производства, средний уровень загрязнения воздуха г. Барнаула остается высоким. Это обусловлено значительным объемом выбросов (от автотранспорта и предприятий), неблагоприятными метеоусловиями, а также нерациональным планированием размещения предприятий, жилых районов и магистралей города и общим неудовлетворенным санитарно-гигиеническим состоянием городских территорий [3].

Фотосинтез является одним из самых чувствительных физиологических процессов к действию любых экологических и антропогенных факторов. Его показатели можно оценить при помощи метода спектрофотометрии. Известно, что древесные растения могут усваивать и вовлекать в метаболизм различные газообразные загрязнители, при этом в листьях наблюдается снижение уровня содержания пигментов [5].

Исследования проводились в летний период 2013–2015 гг. на территории г. Барнаула. Объект исследования: береза повислая 30–50 летнего возраста, произрастающая в непосредственной близости от локальных очагов загрязнения выбросами автотранспорта. Береза повислая – устойчивый вид и обладает высокой адаптационной способностью [4]. Выявлено, что у березы повислой степень негативного влияния выбросов автотранспорта на количественное содержание зеленых пигментов неодинакова в различные сроки наблюдений.

Для анализа в июне-августе отбирались листья без видимых повреждений, в трехкратной повторности, в 15 пунктах пробоотбора, расположенных в разных частях города. Содержание в листьях пигментов (хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов) определялось на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. При обработке данных использовался метод равных интервалов (программа QGIS).

За 3 года прослежена тенденция к уменьшению количества пигментов в листьях березы повислой от июня к сентябрю. При изучении пигментного состава листьев было установлено, что по мере увеличения уровня загрязнения среды существуют общие тенденции к уменьшению содержания хлорофиллов (*a* и *b*) и к увеличению содержания каротиноидов, особенно четко это отмечалось в сезонной динамике (от июня к сентябрю).

У древесных растений, произрастающих в локальных очагах загрязнения выбросами автотранспорта, в течение вегетации отмечалось снижение содержания всех пигментов, но в большей степени хлорофилла *b*, содержание которого можно использовать в качестве диагностического признака состояния растений.

Посредством применения метода равных интервалов пункты пробоотбора были классифицированы на 5 групп по степени концентрации хлорофилла *a* и *b*. В результате было выделено 5 «неблагоприятных» пунктов, для произрастания березы повислой и 3 наиболее «благоприятных» пункта.

Для соотнесения данных полученных в результате биоиндикации инструментальных наблюдений метеопостов была использована карта «Техногенное загрязнение атмосферного воздуха г. Барнаула» Алтайского краевого центра по гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (2006 г., 2014 г.). Согласно карте, на территории города выделяют 3 зоны: 1) с крайне неблагоприятной обстановкой, где суммарная составляющая загрязняющих воздух веществ (См) – 10 ПДК (*предельно допустимая концентрация*); 2) с весьма неблагоприятной обстановкой, с подзонами: См более 10 ПДК; См от 5 до 10 ПДК; См от 2 до 10 ПДК; 3) с неблагоприятной обстановкой с подзонами: См от 2 до 5 ПДК; См от 1 до 5 ПДК.

В условиях г. Барнаула в листьях березы повислой наиболее достоверно изменение по сезонам и в пунктах пробоотбора концентрации хлорофилла *b*, по сравнению с хлорофиллом *a* и каротиноидами.

Наиболее благоприятными для произрастания березы повислой оказались условия в пунктах пробоотбора: № 9 (Павловский тракт – Советской армии – *хл. b* – 4,1 мг/л), № 4 (Солнечная поляна – *хл. b* – 2,66 мг/л), № 14 (Речной вокзал– *хл. b* – 2,62 мг/л). В них установлены высокие показатели пигментов и минимальные изменения их концентрации в течение летнего сезона. Эти пункты пробоотбора соответствуют зонам: среднее загрязнение атмосферы (См от 1 до 5 ПДК); среднее загрязнение атмосферы выбросами (См от 2 до 5 ПДК).

Неблагоприятными для произрастания березы повислой оказались пункты пробоотбора: № 2 (пр. Космонавтов– *хл. b* – 1,37 мг/л), № 13 (Анатолия – Челюскинцев– *хл. b* – 1,66 мг/л). В этих точках города отмечена максимальная концентрация сажи и оксида углерода, превышающие санитарные нормы. Пункты пробоотбора находятся в зонах максимального загрязнения атмосферы (рисунок).

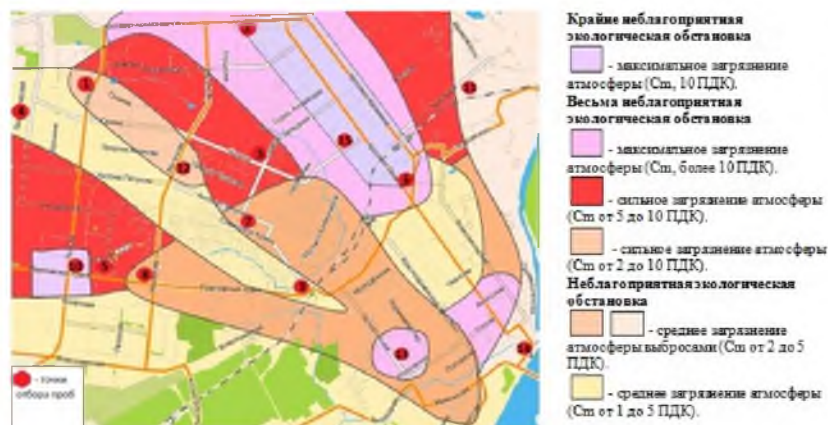


Рисунок – Техногенное загрязнение атмосферного воздуха г. Барнаула

Наиболее существенное влияние фитотоксикантов, оказывающих влияние на зеленые насаждения, установлено в пунктах пробоотбора: № 10 (Павловский тракт – Попова – *хл.в* – 1,45 мг/л), № 6 (пл. Октября – *хл.в* – 1,3 мг/л), № 15 (ул. Матросова – *хл.в* – 1,66 мг/л) (рис. 1). По данным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае» в этих точках города стабильно отмечается максимальная концентрация взвешенных веществ, диоксида серы и оксида углерода, превышающих санитарные нормы. В этих точках города большая загруженность автомобильным транспортом и малая проветриваемость территории из-за многоэтажных застроек. Фитотоксиканты приводят: к угнетению работы ферментативных систем, снижению содержания нуклеиновых кислот, белков, клетчатки, изменению активности ферментов, нарушению водного режима и сокращению работы фотосинтеза, что может привести к болезни и гибели растений.

В 8 пунктах пробоотбора выявлено незначительное изменение концентрации хлорофилла *b* по сравнению с точкой контроля. Они находятся в пределах зон сильного и среднего загрязнения атмосферы.

Таким образом, результаты изучения изменения фотосинтетических пигментов в листьях березы повислой, полученные за три года полностью коррелируют с зонированием г. Барнаула по загрязнению атмосферного воздуха и дополняют сведения об экологической ситуации и условиях произрастания древесных растений в городской среде.

Библиографический список

1. Хузина Г.Р. Влияние урбаноcреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестник Удмурского университета. – 2010. – Вып. 3.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2012 году». – Барнаул, 2013.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2014 году». – Барнаул, 2015.
4. Воскресенская О.Л., Воскресенский В.С., Сарбаева Е.В., Ягдарова О.А. Влияние ультрафиолетовой радиации и параметров микроклимата на содержание пигментов в листьях березы повислой, произрастающей в условиях города // Биология. Науки о Земле. – 2014. – Вып. 3.
5. Цандекова Л. Влияние выбросов автотранспорта на пигментный комплекс листьев древесных растений // Биологические ресурсы. – 2010. – № 174.

УДК 574.3

Мультирежимность моделей популяционной динамики

Е.Я. Фрисман¹, М.П. Кулаков¹, Г.П. Неверова²

¹Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан;

²Институт автоматики

и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток

«Золотой век» математической биологии начался в первой половине XX века феерическим всплеском работ, надолго определивших последующее развитие теоретической экологии и математической популяционной генетики, основы синтетической теории эволюции [1–6 и другие]. Математической базой этих работ были изящные модели, построенные на основе систем дифференциальных