УДК 58.02:581.442: 502.3.

ОЦЕНКА РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ПРОМЗОНЫ Г. КЕМЕРОВО

ESTIMATION OF GROWTH PROCESSES IN WOODY PLANTS IN THE CONDITIONS PREVAILING INFLUENCE EMISSIONS INDUSTRIAL ZONE KEMEROVO

©Легощина О. М.
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
Институт экологии человека
г. Кемерово, Россия, legoshchina@mail.ru
©Legoshchina O.
Federal Research Centre Coal and Coal Chemistry of SB RAS,
Institute of Human Ecology
Kemerovo, Russia, legoshchina@mail.ru
©Неверова О. А.
д–р. биол. наук
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
Институт экологии человека,
г. Кемерово, Россия, nev11@yandex.ru
©Neverova O.
Dr. habil.
Federal Research Centre Coal and Coal Chemistry of SB RAS
Institute of Human Ecology
Kemerovo, Russia, nev11@yandex.ru
©Быков А. А.
канд. физ.–мат. наук
Институт вычислительных технологий (Кемеровский филиал) СО РАН
г. Кемерово, Россия, bukov@icc.kemsc.ru
©Bykov A.
PhD
Institute of Computational Technologies SB RAS
Kemerovo, Russia, bykov@ict.sbras.ru

Аннотация. Изучен годичный прирост боковых побегов у трех древесных пород (березы повислой, рябины сибирской и ели сибирской) произрастающих в зоне доминирующего влияния промышленных выбросов. Установлена прямая зависимость между комплексным показателем загрязнения атмосферы и годичным приростом бокового побега исследуемых растений вблизи источника выбросов. Результаты исследований показали, что древесные растения отличаются интенсивностью ростовых процессов в условиях влияния промышленных выбросов.

Abstract. Studied the annual growth of side shoots in three tree species (birch, mountain ash and spruce) growing in the area of dominant influence of industrial emissions. A direct relationship between the complex index of air pollution, and annual growth of side shoots explored plants near the source of emission. The results showed that different intensity of woody plants growth processes under the influence of industrial emissions.

Ключевые слова: промышленные выбросы, древесные растения, годичный побег, комплексный показатель загрязнения атмосферы.

Keywords: industrial emissions, woody plants, annual shoot, complex index of air pollution.

Интенсивное развитие промышленности в городах приводит к загрязнению окружающей среды и важное значение приобретает изучение комплексного воздействия антропогенных факторов на растительные организмы, и, в частности, на древесные растения, произрастающие в условиях техногенного загрязнения.

Одним из важнейших этапов развития древесных растений, определяющих успешность адаптации к условиям среды, является период роста побегов. В этот период в тканях растений наблюдается значительное повышение интенсивности обмена веществ. Прирост исключительно чувствителен к условиям загрязненности воздуха. Следовательно, динамика роста побегов может быть использована для изучения характера приспособительной реакции растений и выявления пределов устойчивости древесных растений, произрастающих в условиях промышленного загрязнения. Это является ключевым моментом в вопросах создания эффективной системы озеленения вокруг промышленных зон.

Цель исследования — дать оценку ростовым процессам древесных растений, произрастающих в условиях влияния выбросов промзоны г. Кемерово.

Город Кемерово является крупным промышленным центром, где мощным источником загрязнения атмосферного воздуха является промзона, включающая Кемеровскую ГРЭС, КОАО «Химпром», ОАО «Кокс». Промзона расположена на границе Центрального и Заводского районов города в непосредственной близости к жилым кварталам. Приоритетными выбросами данных промышленных объектов являются оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, полиароматические углеводороды, в том числе бенз(а)пирен и взвешенные вещества.

Материал и методика

Для исследований было выбрано шесть площадок наблюдения (ПН), расположенных в градиенте техногенных выбросов от промзоны по преобладающему юго–западному направлению ветров: ПН 1 — сквер у проходной ГРЭС; ПН 2 — Парк им. Горького; ПН 3 — территория станции Юннатов; ПН 4 — территория санатория «Журавлик»; ПН 5 — сквер им. Шахтеров; ПН 6 — двор сельской больницы. Расстояние от ПН 1 по прямой линии составляет: до 2 ПН — 1 км, до 3 — 3 км, до 4 — 4 км, до 5 — 4,5 км, до 6 — 6,5.

Исследования проведены в летний период 2013 г. Для оценки среднего за длительный период загрязнения атмосферы г. Кемерово использован специальный модуль программного комплекса ЭРА, который согласован ГГО им. А. И. Воейкова (С–Петербург, Россия) на соответствие краткосрочной модели [1] и долгосрочной модели [2]. Комплекс ЭРА может быть применен для нормативных расчетов загрязнения атмосферы (подробнее см. www.logos-plus.ru) и позволяет использовать стандартные нормативные базы данных, накопленные в форматах программного комплекса ЭРА, отработанный интерфейс и все текстовые и графические возможности по представлению результатов (включая построение на цифровых и растровых картах). Для линейных и площадных источников используется процедура интегрирования с шагом, зависящим от удаления точки от источника, а шаг выбирается из условия не превышения вычислительной погрешности уровня 3%.

Основное соотношение для вычисления средней за длительный период концентрации С в точки с полярными координатами (r,φ) относительно источника имеет следующий общий вид:

$$C(r,\varphi)=\frac{p_1(\varphi)M}{r}\int_0^\infty du\int_0^\infty d\lambda\, p_2(u)\,p_3(\lambda)\,q(r,u,\varphi,\lambda,H_e), \qquad (1)$$

где М (г/сек) средний за период осреднения выброс источника, а расшифровка обозначений и формулы для подынтегральной функции q и эффективной высоты источника H_e представлены в [1]. В состав выражения (1) входят три функции, представляющие

плотности распределения: направление ветра $p_1(\varphi)$; скорость ветра $p_2(u)$; безразмерный параметр λ интенсивности турбулентного перемешивания $p_3(\lambda)$. Для нормативных расчетов эти распределения, определяющие режим долговременного загрязнения атмосферы в окрестности источника, запрашиваются вместе с остальными необходимыми параметрами в ГГО им. А. И. Воейкова. Функция $p_1(\varphi)$ получается из стандартной 8-и румбовой розы ветров путем интерполяции, вид которой определен в [2].

При расчете учтены данные инвентаризации из материалов сводного тома ПДВ г. Кемерово [3] приоритетных выбросов предприятий промзоны – оксидов азота, диоксида серы, оксида углерода, бенз(а)пирена и взвешенных веществ (зола, сажа и др.).

В процессе моделирования рассчитывался условный безразмерный комплексный показатель (КП) суммарного среднегодового загрязнения атмосферы

$$КП= C_1/ ПДК\ c_1 + C_2/ ПДК\ c_2 + ...+ C_n/ПДКc_n,$$

где С — среднегодовая приземная концентрация, ПДКс — среднесуточная ПДК, а индексы 1, 2, 3, ...n относятся к вышеперечисленным загрязняющим веществам. Данный показатель не является нормативным гигиеническим критерием, поскольку далеко не все учтенные вещества обладают эффектом однонаправленного воздействия на человека. Он носит смысл «суммарной техногенной нагрузки», создаваемой промышленностью посредством атмосферного переноса загрязнения на ту или иную территорию города.

Объектами исследований явились три вида древесных растений: *Betula pendula* Roth, *Pecea obovata* Ledeb., *Sorbus sibirica* Hedl. средневозрастного генеративного состояния, произрастающие в градиенте техногенного загрязнения зоне действия выбросов предприятий промзоны. Для исследований использовали по 5 деревьев с каждой ПН, у которых метили по 10 ветвей нижней трети кроны по периметру. Годичный прирост боковых побегов в длину измеряли каждые 10 дней с помощью железной линейки с точностью до 0,1 см. При статистической обработке данных применяли программу Statistica 6.0. Достоверность отличий морфометрических параметров определяли по t–критерию Стьюдента, при уровне значимости 0,05.

Результаты и их обсуждение

Значения комплексного показателя загрязнения атмосферы (КПЗА) на ПН представлены в Таблице. Данные Таблицы показывают, что значения КПЗА распределяются в порядке убывания при удалении от промзоны.

Существенная разница между значениями КПЗА отмечается между 1–4 ПН — на расстоянии 4 км от источников выбросов. Так от 1 к 4 ПН значения КП распределяются следующим образом: 17,97>10,43>8,13>6,87. По мере удаления от промзоны, начиная с 4 по 6 ПН (на расстоянии от 4 до 6 км от источников выбросов) существенных различий в значениях КПЗА не наблюдается, данный показатель варьирует в пределах 6,87–6,21.

Анализ экспериментальных данных показал наличие достоверных различий в длине годичного прироста у трех видов древесных растений (ели сибирской, березы повислой и рябины сибирской) при сравнении насаждений, произрастающих в различных условиях влияния выбросов промзоны.

Установлено увеличение линейного прироста боковых побегов у древесных растений, произрастающих на ПН вблизи промзоны.

Исследованиями выявлено, что у ели в начале вегетации (31 мая) процесс роста боковых побегов на всех ПН был существенно ускорен (в среднем в 2 раза), что продолжалось до 10 июня, после этой даты интенсивность прироста существенно падала, и к 8 июля рост боковых побегов практически прекращался на всех ПН.

Таблица.

ЗНАЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ (КПЗА) НА ИССЛЕДУЕМЫХ ПЛОЩАДКАХ НАБЛЮДЕНИЯ

№ п/п	*Название площадок наблюдения*	*Значение КПЗА*
1	сквер у проходной ГРЭС (ул. Станционная, 17)	17,968
2	парк им. Горького (вблизи спорткомплекса)	10,429
3	территория станции Юннатов (пр. Шахтеров, 10)	8,132
4	территория санатория «Журавлик» (ул. Терешковой, 7)	6,87
5	сквер им. Шахтеров (между пр. Шахтеров и ул. Институтской)	6,281
6	двор сельской больницы (ул. Авроры, 12)	6,208

Анализ полученных данных показал достоверное удлинение годичных побегов у ели сибирской в насаждениях на 1 и 2ПН (вблизи промзоны), где в среднем за вегетацию значения возрастали на 66–77% и на 54–57% соответственно в сравнении с 6ПН (самая удаленная от промзоны) (Рисунок 1).

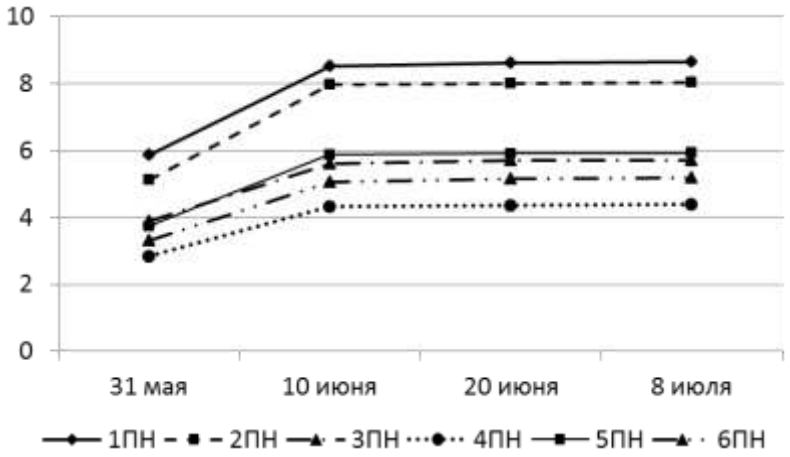

Рисунок 1. Годичный прирост бокового побега ели сибирской на ПН в условиях влияния промзоны г. Кемерово

У рябины процесс роста боковых побегов происходил приблизительно с одинаковой интенсивностью в течение всего вегетационного периода. Установлено, достоверное удлинение годичного побега у рябины сибирской в насаждениях на 1ПН, где в среднем за период наблюдений значения были выше на 14–25%, чем на 6ПН (самая удаленная от промзоны) (Рисунок 2).

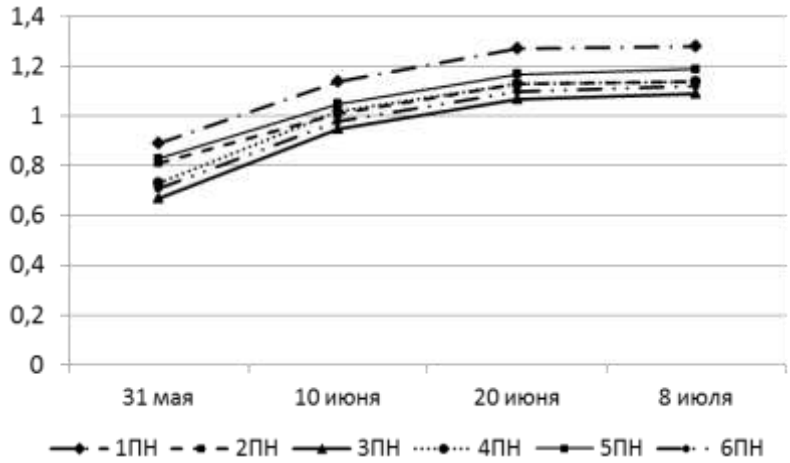

Рисунок. 2. Годичный прирост бокового побега рябины сибирской на ПН
в условиях влияния выбросов промзоны г. Кемерово

У боковых побегов березы период интенсивного роста был продолжительнее, чем у ели и рябины и длился до 20 июня. Отмечено, достоверное увеличение годичного прироста бокового побега у березы повислой в насаждениях на 1–3ПН, где значения в течение вегетационного периода на 30–116, 49–164 и 33–102% соответственно были выше, чем на 6ПН (самая удаленная от промзоны) (Рисунок 3).

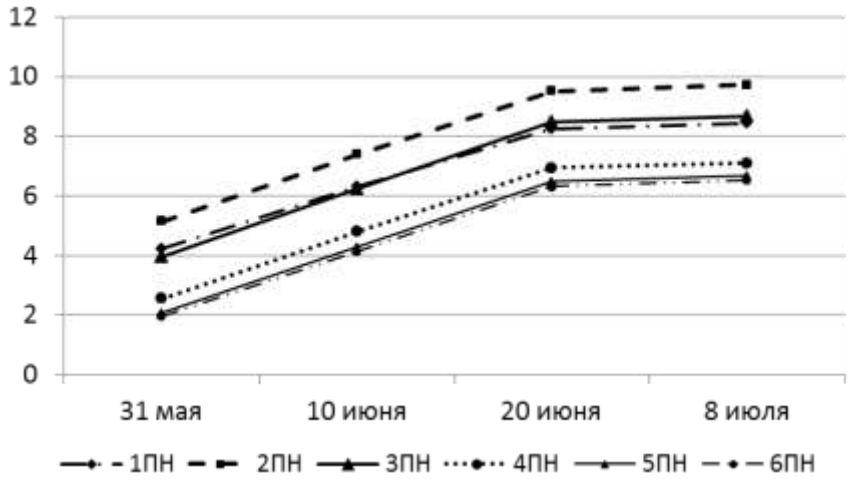

Рисунок.3. Годичный прирост бокового побега березы повислой на ПН
в условиях влияния выбросов промзоны г. Кемерово

В научной литературе, особенно в последние годы, публикуются данные о том, что в условиях промышленного загрязнения у некоторых видов, являющихся довольно устойчивыми, может происходить удлинение годичного побега. Так И. Л. Бухарина в условиях г. Ижевска установила, что с увеличением техногенной нагрузки происходит удлинение годичного побега у ивы козьей, рябины обыкновенной, яблони ягодной, тополя бальзамического и березы повислой [4]. Н. В. Турмухаметова в условиях г. Йошкар–Ола определила, что в загрязненных условиях среды у старых генеративных деревьев *B. pendula* и *T. cordata* наблюдается увеличение прироста побегов и числа побегов следующего порядка без изменения числа метамеров у *B. pendula* и с изменением их числа у *T. cordata* [5].

Установлена положительная достоверная корреляционная связь между годичным приростом бокового побега во все сроки наблюдений и комплексным показателем загрязнения атмосферы (КПЗА) у ели ($r = 0,90; 0,85; 0,85; 0,85$; при $n = 18$, $p<0,05$), у рябины ($r = 0,69; 0,77; 0,79; 0,78$; при $n = 18$, $p<0,05$), у березы ($r = 0,64; 0,61; 0,54; 0,58$; при $n = 18$, $p<0,05$).

Выводы

Таким образом, выбросы промзоны вызывают стимуляцию роста годичного побега у древесных растений (березы, рябины и ели), что подтверждается данными корреляционного анализа. При этом удлинение годичного побега у древесных растений вблизи промзоны происходит за счет увеличения длины междоузлий.

Исследуемые древесные растения отличаются интенсивностью ростовых процессов в условиях влияния выбросов промзоны. Так береза имела более продолжительный период интенсивного роста в сравнении с елью, в то время как рябина характеризовалась одинаково низкими темпами роста в течение всего вегетативного периода.

Список литературы:

1. Методика расчета осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ (Дополнение к ОНД-86). СПб.: ГГО им. А. И. Воейкова. 2005. 15 с.

2. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 92 с.

3. Ажиганич Т. Е. Алексейченко Т. Г., Быков А. А. Проведение сводных расчетов загрязнения атмосферы г. Кемерово для нормирования выбросов и диагностических оценок. // «Экология города. Проблемы. Решения» – труды V городской научно-практической конференции. Кемерово, 2003. С. 41–45.

4. Бухарина И. Л. Поварницина Т. М., Ведерников К. Е. Эколого–биологический особенности древесных растений в урбанизованной среде: монография. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. 216 с.

5. Турмухаметова Н. В. Особенности морфогенеза побегов и феноритмов *Betula pendula* Roth и *Tilia cordata* Mill. в условиях городской среды: автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск, 2005. 19 с.

References:

1. Method of calculation averaged over a long period, concentrations of harmful substances emitted into the atmosphere (Supplement to the OND-86). Saint–Petersburg.: MSHO n. a. A. I. Voeykova. 2005. 15 p.

2. OND-86. The methodology for calculating the concentration in the air of harmful substances contained in industrial emissions. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 92 p .

3. Azhiganich T. E. Carrying summary calculations of air pollution in Kemerovo emission regulation and diagnostic assessments / T. E. Azhiganich, T. G. Alekseychenko, A. A. Bykov et al. “Ecology of the city. Problems. Solutions” — the works of the city V scientific–practical conference. Kemerovo. 2003. 41–45 p.

4. Bukharina I. L. Ecological and biological characteristics of woody plants in the urbanized medium: monograph / I. L. Bukharina, T. M. Povarnitsina, K. E. Vedernikova. Izhevsk, 2007. 216 p.

5. Turmuhametova N. V. Features of morphogenesis shoots and fenoritmov *Betula pendula* Roth and *Tilia cordata* Mill. in the urban environment: Author. dis. ... k. b. n. Novosibirsk, 2005. 19 p.

Работа поступила в редакцию
28.03.2016 г.

Принята к публикации
01.04.2016 г.