

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УФИМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА НА КОРНЕВЫЕ СИСТЕМЫ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* MILL.)

Изучены особенности формирования и строения корневых систем липы мелколистной в условиях нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра методами среза, бура и монолитов. Показано, что при усилении загрязнения увеличивается корненасыщенность почвы и изменяется фракционный состав корневой системы. Проведена сравнительная характеристика различных методов исследования.

Ключевые слова: техногенез, нефтехимическое загрязнение, масса корней, длина корней, метод среза, метод бура, метод монолитов, фракционный состав, адаптационная реакция, санитарно-защитные насаждения.

R.A. Seydafarov

PETROCHEMICAL POLLUTION INFLUENCE IN THE UFA INDUSTRIAL CENTER ON THE ROOT SYSTEMS OF *TILIA CORDATA* (*TILIA CORDATA* MILL.)

The characteristics of Tilia Cordata formation and root system structure in the conditions of petrochemical pollution in the Ufa industrial center with the help of cutting, drill and monolith methods are studied. It is shown that in the conditions of pollution intensification the root mass increases and root system fractional composition changes. The comparative characteristic of different research methods is conducted.

Key words: techno-genesis, petrochemical pollution, root mass, root length, cutting method, drill method, monolith method, fractional composition, adaptive response, buffer plantations.

Введение. Согласно биогеографическим исследованиям, на территории Республики Башкортостан произрастает свыше 30 % липняков России. Причем большинство насаждений данного вида в индустриальных зонах относятся к спелому и перестойному возрасту [6]. Уфимский промышленный центр (УПЦ) относится к крупным промышленным центрам Предуралья, где имеет место смешанный тип загрязнения окружающей среды со значительной долей углеводородной составляющей [3]. В связи с этим актуален вопрос о создании санитарно-защитных насаждений в непосредственной близости от источников техногенных выбросов. Рост и развитие древесного растения в условиях техногенеза зависят во многом от его корневой системы [1, 2, 4–6, 8]. Ранее были исследованы особенности формирования корневых систем липы мелколистной приспевающего возраста [7]. Однако характеристика корневых систем других возрастов не была проведена.

Цель исследования. Изучение особенностей формирования и адаптационных реакций корневых систем липы мелколистной в условиях нефтехимического загрязнения. Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить влияние нефтехимического загрязнения на корненасыщенность почвы в насаждениях липы мелколистной.
2. Провести сравнительную характеристику различных методов исследования корневых систем на примере липы мелколистной.

Объектом исследования служили древостои и насаждения всех классов возраста (0–10 лет – молодняк, 11–20 лет – жердняк, 21–30 лет – средневозрастные, 31–40 лет – приспевающие, 41–50 лет – спелые, старше 50 лет – перестойные) [9], произрастающие в условиях многолетнего нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра.

Методика исследования. Район исследования, на основе литературных данных [8], был разделен на две зоны – сильного и слабого загрязнения (рис. 1). В каждой зоне были заложены пробные площади в древостоях липы мелколистной, охватывающие как водораздельное плато, так и пойму.

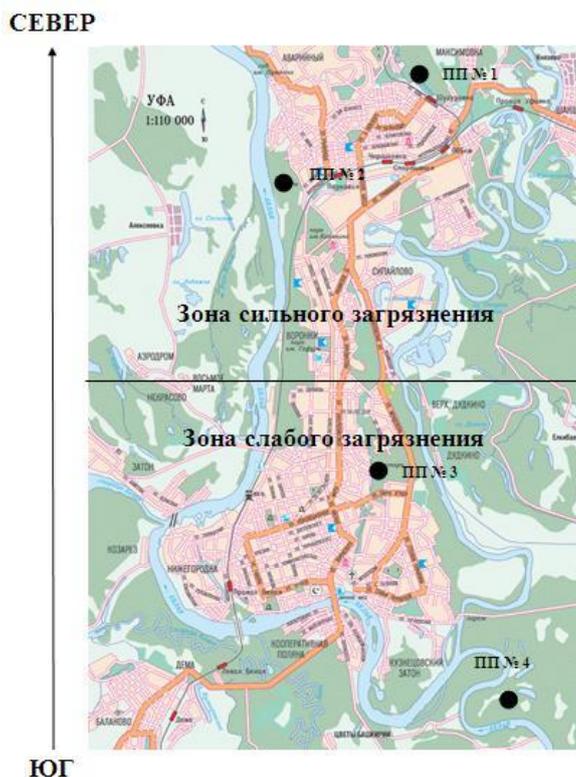


Рис. 1. Разделение района исследования на зоны загрязнения и расположение пробных площадей

Исследования проводились на модельных деревьях. Корневые системы деревьев приспевающего возраста изучались методами бура и монолитов. Применение двух методов исследования при изучении корневых систем только приспевающего возраста обусловлено как трудоемкостью процесса (изучение всех классов возраста двумя методами потребует нескольких или даже многих лет исследований), так и тем, что приспевающий возраст является критическим для формирования адаптаций у лиственных древесных растений к условиям произрастания: к данному возрасту вид либо окончательно приспосабливается к биотопу, либо начинается устойчивая дигрессия [10]. Корневые системы растений других классов возраста – только методом монолитов [7, 9].

Для изучения корневых систем методом бура использовали стандартный почвенный бур диаметром 4 см (площадь сечения – 12,56 см², объем получаемых монолитов – 125,6 см³) с 10-кратной повторностью взятия монолитов.

Для изучения корневых систем методом монолитов заложены 24 почвенные траншеи (размерами 1,0x1,0 м): по две на каждой пробной площади (водораздельное плато и пойма). Для исследования корневых систем использовали монолиты размером 10x10x10 см объемом 1000 см³, извлекаемые при помощи куба-корнереза. Выборку корней проводили пинцетом с последующей отмывкой корней водой на ситах с диаметром ячеек 0,5 мм. Вес корней определялся в воздушно-сухом состоянии на лабораторных весах Zaklasy mechaniki precyzyjnej (Gdansk, Poland) с точностью до 0,01 г, длина корней диаметром более 1 мм определялась штангенциркулем, длина корней диаметром менее 1 мм – математическим способом [7]

Метод монолитов достаточно трудоемок и требует временных затрат. В наших исследованиях на раскопку одной траншеи 1x1 м, извлечение всех моноблоков (100 шт. по 1000 см³ каждый) и закапывание траншеи уходило более 8–10 часов. Метод бура рекомендуется к применению при необходимости быстрого получения данных, но он позволяет проследить лишь общие особенности строения корневых систем.

Корни в зависимости от их диаметра делили на три группы: до 1 мм (поглощающие, или сосущие), 1–3 мм (полускелетные) и свыше 3 мм (скелетные) [9].

Длину полускелетных и скелетных корней измеряли штангенциркулем с точностью до 0,01 см. Длину корней диаметром до 1 мм определяли математическим способом [7, 9].

Содержание токсикантов в корнях определяли атомно-абсорбционным методом [5, 7].

Полученные результаты обрабатывались общепринятыми статистическими методами с применением программы Excel 7.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование корневых систем липы мелколистной методом бура

Установлен факт увеличения общей массы корней при усилении степени промышленного загрязнения. Указанная особенность проявляется и на водораздельном плато (9676,4 и 6155,0 г/10⁻¹ м³), и в пойме (8852,9 и 6573,8 г/10⁻¹ м³). При усилении загрязнения вне зависимости от положения в рельефе увеличивается масса поглощающих корней и масса скелетных. Масса полускелетных корней при аналогичном изменении уровня загрязнения увеличивается на плато и уменьшается в пойме.

Установлен факт увеличения общей длины корней при усилении степени промышленного загрязнения. Указанная особенность проявляется и на водораздельном плато (1189994,4 и 801531,0 см/10⁻¹ м³), и в пойме (1224745,1 и 601369,1 см/10⁻¹ м³).

Исследование корневых систем липы мелколистной методом монолитов

Исследованы корневые системы липы мелколистной всех классов возраста.

Общая масса корней варьирует от 173,2 до 12156,72 г/10⁻¹ м³. Характерно, что в зоне сильного загрязнения происходит увеличение массы корней по мере взросления липы. В зоне слабого загрязнения подобная особенность прослеживается лишь до 50 лет. У перестойных деревьев происходит некоторое уменьшение данного параметра (табл. 1).

Основная масса корней в зоне сильного загрязнения сосредоточена на глубине 20–60 см: ПП № 1 – 81,5 %; ПП № 2 – 80,0 %. В зоне слабого загрязнения в условиях водораздела аналогичный показатель приурочен к слою 10–60 см (ПП № 3 – 80,5 %), в пойме – к интервалу 10–50 см (ПП № 4 – 76,3 %). Корненасыщенность слоя почвы 0–50 см заметно превосходит таковую слоя 50–100 см: ПП № 1 – 68,5 %; ПП № 2 – 65,6; ПП № 3 – 73,8; ПП № 4 – 79,1 %.

Таблица 1

Корненасыщенность почвы в насаждениях липы мелколистной в условиях Уфимского промышленного центра, г/10⁻¹ м³

Номер ПП	Возраст, лет					
	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	Старше 50
Зона сильного загрязнения						
1 (плато)	260,6±11,3	848,8±11,9	2546,4±13,0	8697,6±44,4	14785,9±12,7	12156,7±85,1
2 (пойма)	173,2±21,7	629,6±21,5	2329,7±11,5	9031,3±51,2	12643,8±18,0	13000,1±16,7
Зона слабого загрязнения						
3 (плато)	391,1±10,1	1099,1±32,1	1758,6±16,5	7797,3±27,9	9356,7±37,2	9099,4±54,2
4 (пойма)	290,2±13,2	1341,6±24,9	1878,2±22,7	7866,6±30,4	9439,8±31,4	9085,6±38,7

Общая длина корней изменяется от 6014,6 до 1785005,3 см/м². В обеих зонах загрязнения общая длина корней увеличивается по мере взросления деревьев. В зоне сильного загрязнения наибольшая корненасыщенность почвы по длине сосредоточена в двух верхних слоях: ПП № 1 – 36,6 %; ПП № 2 – 34,9 %. В зоне слабого загрязнения аналогичный показатель характерен для глубины 0–30 см: ПП № 3 – 38,8 %; ПП № 4 – 46,4 %. Корненасыщенность почвы в верхней половине почвенного разреза превосходит таковую половину в его нижней половине: ПП № 1 – 58,5 %; ПП № 2 – 55,3 %; ПП № 3 – 55,4 %; ПП № 4 – 71,3 % (табл. 2).

Таблица 2

Корненасыщенность почвы в насаждениях липы мелколистной в условиях Уфимского промышленного центра, см/10⁻¹ м³

Номер ПП	Возраст, лет					
	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	Старше 50
Зона сильного загрязнения						
1 (плато)	6014±128	27271±119	122723±217	1189994±191	1430702±149	1432642±292
2 (пойма)	8063±141	34973±125	172456±188	1224744±241	1814061,4±122	1785005±161
Зона слабого загрязнения						
3 (плато)	9130±2,7	41246±214	85502±291	801530±119	888472±407	872926±201
4 (пойма)	12261±401	50114±330	125130±133	601369±174	1125823±315	1301118±129

Аккумуляционная способность корневых систем липы мелколистной

До 20-летнего возраста корневые системы липы крайне плохо накапливают экскалаты в корнях. Начиная со среднего возраста генеративного состояния, происходит резкое увеличение аккумуляционной способности полускелетных и в особенности скелетных корней.

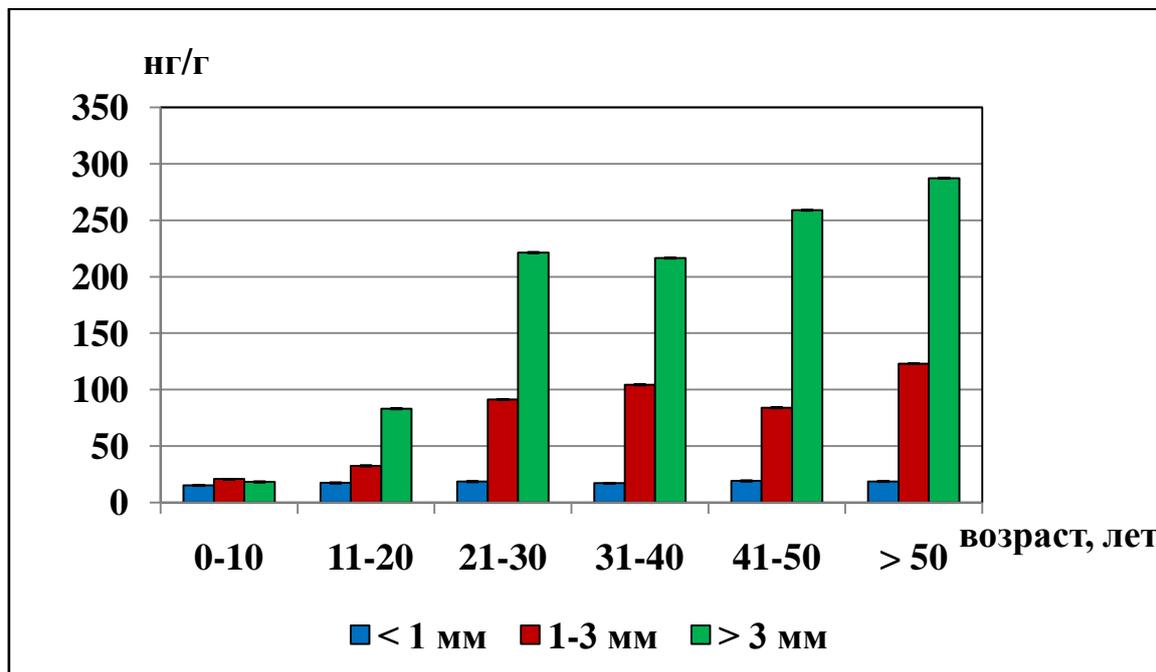


Рис. 2. Содержание бензапирена в корнях липы мелколистной, нг/г

В зоне слабого загрязнения концентрация бензапирена в корнях в 8–10 раз меньше, чем в зоне сильного.

Сравнительная характеристика различных методов исследования корневых систем липы мелколистной

Установлено, что метод бура по сравнению с методом монолитов в большинстве случаев дает завышенные данные по массе и особенно – по длине корней. Данные метода бура по общей массе корней завышены в среднем в 1,9 раза, по длине корней – в 5,2 раза. Наиболее завышены данные по массе и длине поглощающих корней (в среднем более чем в 5 раз), наименее – по скелетным корням (в среднем в 2,8 раза). Данные метода бура по массе и длине полускелетных корней завышены в среднем в 4,6 раза.

Связано это, по-видимому, с тем, что при «бурении» корни могут втаскиваться в бур из соседних слоев почвы, в результате чего извлекаются корни данного слоя и соседних. Кроме того, не всегда удастся «пробурить» там, где расположен скелетный корень значительной толщины, и приходится «бурить заново».

Установлено, что корневые системы разных возрастов липы отличаются своеобразием адаптационных реакций на загрязнение. Для деревьев в возрасте молодняка и жердняка характерно уменьшение корненасыщенности при усилении загрязнения. Для данных возрастных групп отмечено также увеличение доли полускелетных корней в общей структуре фракционного состава (с 15 до 28 %). В то же время, начиная с 20-летнего возраста, происходит увеличение корненасыщенности почвы в зоне загрязнения по сравнению с зоной контроля. Одновременно происходят изменения фракционного состава корней: увеличивается доля поглощающих (с 22 до 33 %) и скелетных (с 41 до 57 %) на фоне уменьшения процентного содержания полускелетных (с 37 до 10 %).

Не выявлено существенных различий в массе и длине корней в зависимости от геоморфологических условий: корненасыщенность на водораздельном плато и в пойме примерно одинаковая. Показательно, что отмечена корреляция между увеличением корненасыщенности и изменением фракционного состава корневых систем липы – с одной стороны, и накоплением токсикантов (бензапирена) – с другой.

Данные особенности могут рассматриваться в качестве видоспецифической реакции корневой системы липы мелколистной на нефтехимическое загрязнение окружающей среды. Увеличение доли поглощающих корней, по-видимому, связано с усилением сосущей функции корневой системы. Рост же корненасы-

ценности в отношении скелетных корней обусловлен накоплением токсикантов в их паренхимных клетках, что подтверждается данными химического анализа. Примечательно, что по мере взросления липы аккумуляционная способность усиливается. Данное обстоятельство исключительно важно в плане оценки перспективности использования липы мелколистной в качестве средостабилизирующего вида в условиях нефтехимического загрязнения. Указанные особенности формирования и строения корневой системы липы мелколистной являются адаптационной реакцией, направленной на компенсацию повреждений надземных вегетативных органов. Мощная корневая система обеспечивает выживание данного биологического вида в экстремальных техногенных лесорастительных условиях.

Выводы

1. Впервые для Башкирского Предуралья получены количественные данные, характеризующие степень развития и особенности формирования корневых систем липы мелколистной. При усилении нефтехимического загрязнения увеличивается корненасыщенность почвы. В условиях максимального уровня загрязнения возрастает доля поглощающих корней и скелетных корней на фоне уменьшения относительного содержания полускелетных корней.

2. Установлено, что аккумулирующая способность корневых систем липы мелколистной с возрастом увеличивается. Наибольшей способностью накапливать токсиканты характеризуются скелетные корни.

3. Показано, что при исследовании корневых систем липы мелколистной метод бура дает завышенные по сравнению с методом монолитов данные по массе, и особенно – по длине корней. Основное внимание при исследовании корневых систем рекомендуется уделять методу монолитов, а метод бура использовать в качестве вспомогательного.

4. В целом, липа мелколистная рекомендуется к использованию при создании санитарно-защитных насаждений в крупных промышленных центрах нефтехимического профиля.

Литература

1. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.
2. Гиниятуллин Р.Х. Средоочищающие функции тополя бальзамического и березы повислой в условиях промышленного загрязнения // Лесной вестник. – 2010. – №5. – С.10–14.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Башкортостан в 2009 году. – Уфа: АДИ-Пресс, 2009. – 301 с.
4. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наукова думка, 1978. – 246 с.
5. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрозкология и прогнозирование. – М.: Наука, 1985. – 117 с.
6. Леса Башкортостана / под. ред. А.Ф. Хайретдинова. – Уфа, 2004. – 400 с.
7. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева [и др.]. – СПб.: Изд-во НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
8. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – М.: Изд-во МГУЛ, 1998. – 191 с.
9. Рахтеенко И.Н. Корневые системы древесных и кустарничковых пород. – М.: Гослесбуиздат, 1952. – 106 с.
10. Сейдафаров Р.А. Эколого-биологические особенности липы мелколистной в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа: Изд-во Ин-та биологии УНЦ РАН, 2008. – 24 с.

