

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ДУБОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*Quercus robur* L.) В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© 2014 К.З. Аминова, Р.В. Уразгильдин, Р.Р. Сулейманов

Институт биологии Уфимского научного центра Российской академии наук, г. Уфа

Поступила 04.02.2014

В статье рассмотрена геохимическая характеристика почв в условиях промышленного загрязнения и выявлены количественные данные, характеризующие степень аккумуляции тяжелых металлов (ТМ) в листьях дуба, что является актуальным в связи с ежегодным сокращением площади дубрав и сильно ослабленным состоянием дуба в зоне интенсивного многолетнего техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра (УПЦ)).

Ключевые слова: почвенный покров, тяжелые металлы, промышленное загрязнение, дуб черешчатый

Загрязнение окружающей среды, в особенности химическими веществами – один из наиболее сильных факторов разрушения компонентов биосферы [1, 2]. Поступление ТМ в атмосферу, почву и воду в токсических концентрациях имеет преимущественно техногенный характер [3, 4]. Растения являются промежуточным резервуаром, через который ТМ переходят из почв, воздуха и воды в животных и человека. Почва, выполняя функцию защитного барьера гидросферы, атмосферы и литосферы, является аккумулятором загрязняющих веществ [1, 2, 5, 6]. В последнее время в связи с развитием промышленности усиливается загрязнение окружающей среды ТМ в масштабах, которые несвойственны природе [1, 3, 4]. В силу этого возращение их содержания в окружающей среде становится серьезной экологической проблемой современности [1, 2, 4, 5, 6]. На характер перераспределения ТМ в профиле почв оказывает влияние комплекс почвенных факторов: гранулометрический состав почв, реакция среды, содержание органического вещества, катион обменная способность, наличие геохимических барьеров, дренаж (водный режим) [1, 3, 6].

Нефть представляет собой сложную смесь жидких органических веществ, в которых растворены различные твердые углеводороды и смолистые вещества [7, 8]. Кроме того, часто в ней растворены и сопутствующие нефти газообразные углеводороды. В работах различных авторов указывается наличие ТМ в составе нефти. Наряду с традиционными загрязнителями (углеводороды, минерализованная пластовая вода, химреагенты и т.п.) при добыче нефти возникает вероятность загрязнения окружающей среды токсичными микроэлементами, в первую очередь ТМ [5, 9]. На примере нефтяных месторождений Урало-Поволжья показано, что значительная часть до-

бываемых в составе продукции скважин токсических элементов попадает в окружающую среду при авариях и сжигании углеводородного топлива [9]. ТМ могут поступать в окружающую среду в составе отходов (отработанных масел, смазки и т.д.). Таким образом, в окружающей среде происходит двойное загрязнение: нефтью и ТМ [7, 9, 10, 11].

Цель работы – охарактеризовать эколого-геохимические особенности почв дубовых древостоев и аккумуляцию ТМ (Cu, Cd, Zn, Fe Pb) в почвах древостоев и в листьях дуба черешчатого в условиях промышленного загрязнения.

Задачи:

- дать сравнительное описание почв дубовых древостоев в районе исследования и выявить их геохимические особенности
- дать сравнительную характеристику накопления ТМ в почвах древостоев дуба
- дать сравнительную характеристику накопления ТМ в листьях дуба черешчатого
- охарактеризовать степень транслокации ТМ из почвы в листья дуба черешчатого.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Отбор почвенных образцов для определения химических свойств почвы проводили методом «конверта» с каждого участка в соответствии с ГОСТ 17.4.2.01-81 и ГОСТ 17.4.3.01-85 [12, 13]. Почвенные образцы анализировались по параметрам: гранулометрический состав, содержание гумуса, pH водный, содержание щелочно-гидролизуемого азота, валового и подвижного фосфора, ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , нефтепродуктов, ТМ. Для оценки содержания ТМ почвенные образцы отбирались по 10 см слоям до глубины 1 м. Отбор листьев дуба для определения содержания ТМ проводили из нижней части кроны с южной стороны дерева рандомизированно. В условиях контрольно-аналитической лаборатории определялось содержание в пробах Cu, Cd, Zn, Fe, Pb методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. Метод основан на кислотной минерализации навески пробы и последующим атомно-

Аминова Клара Забировна, аспирант лаборатории лесоведения, klara-29@mail.ru; Уразгильдин Руслан Вилисович, кандидат биологических наук, доцент, ученый секретарь, ib@anrb.ru; Сулейманов Руслан Римович, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории почвоведения, soils@mail.ru

абсорбционном определении поглощения каждого элемента при введении в пламя ацетилен-воздух градуировочных растворов и анализируемых проб [14].

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В Предуралье одним из самых крупных промышленных центров является УПЦ. Основная часть производственных предприятий сконцентрирована в северной части г. Уфы. Нефтехимический профиль производства обуславливают выброс в окружающую среду ряда газообразных токсических веществ, которые по удельному весу тяжелее воздуха и находятся в приземном слое атмосферы. В районе исследований условно выделены зоны сильного, слабого промышленного загрязнения и относительный контроль.

Объектами исследований служили почвенный покров древостоев и листья дуба черешчатого в условиях промышленного загрязнения, испытывающих на себе многолетнее интенсивное техногенное загрязнение. Исследуемый район находится в пределах лесостепной зоны. Основными ле-

сообразующими породами являются: дуб черешчатый, липа мелколистная, береза бородавчатая, клен остролистный, тополя, сосна обыкновенная, лиственница Сукачева, ель сибирская [16]. Древостои дуба на исследуемых пробных площадях представлены естественными низкополотными куртинами: полнота 0,8, класс бонитета II, средний диаметр 26 см, высота 18 м, средний возраст 61-70 лет, что соответствует средневозрастной группе возраста для твердолиственных пород. Тип леса – сухая кленово-липовая дубрава. Подрост густой, преимущественно клен и липа, подлесок редкий – рябина и лещина.

Почвообразующие породы УПЦ представлены делювиальными и элювиально-делювиальными отложениями. Состав почвенного покрова представлен черноземом выщелоченным, черноземом оподзоленным, темно-серой лесной почвой и серой лесной почвой с различным механическим составом (главным образом тяжелосуглинистым и глинистым) [15]. Приведем морфологические описания почвенных разрезов:

Разрез № 1. Зона сильного загрязнения (30 м от нефтеперерабатывающих заводов), естественный древостой дуба черешчатого, почва – серая лесная

А ₀ 0-2 см	Лесная подстилка, растительные остатки (частично разрушенные)
А ₁ 3-25 см	Темно-серый, сухой, средний суглинок, мелко-средне-ореховатый, включения корней, переход постепенный
А ₁ В 25-39 см	Серый, сухой, средний суглинок, мелко-ореховатый, включения корней и мелкой щебенки, гипса, вскипает от 10% соляной кислоты, переход постепенный
В 39-60 см	Серовато-коричневый, влажноватый, суглинок, мелко-средне комковатый, вскипает от 10% соляной кислоты, переход заметный
Д 60-80 см	Плотная щебенка гипса

Разрез № 2. Зона слабого загрязнения (селитебная зона), естественный древостой дуба черешчатого, почва – серая лесная

А ₀ 0-3 см	Лесная подстилка, опад растений
А ₁ 3-29 см	Темно-серый, сухой, средний суглинок, мелко-средне-ореховатый, включения корней, переход постепенный
А ₁ В 29-45 см	Серый, сухой, средний суглинок, мелко-средне-комковатый, включения корней, переход постепенный
В 45-72 см	Серовато-коричневый, влажноватый, средний суглинок, крупно-комковатый, вскипает от 10% соляной кислоты, переход постепенный
С 72-100 см	Светло-коричневый, влажный, тяжелый суглинок, бесструктурный, белоглазка карбонатов

Разрез № 3. Условный контроль (50 км южнее от нефтеперерабатывающих заводов), естественный древостой дуба черешчатого, почва – серая лесная

А 0-3 см	Лесная подстилка, растительные остатки.
А ₁ 3-24 см	Серый, сухой, средний суглинок, мелко-средне-ореховатый, переплетен корнями, переход постепенный
А ₁ В 24-37 см	Серый, сухой, средний суглинок, крупно-средне-ореховатый, переплетен корнями, переход постепенный
В 37-49 см	Серовато-коричневый, влажноватый, суглинок, средне-крупно комковатый, включения мелкой гальки, переход постепенный
С 49-110 см	Рыжевато-коричневый, влажноватый, тяжелый суглинок, плотный, бесструктурный, вскипает от 10% соляной кислоты с глубины 110 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования показали, что почвенный покров УПЦ представлен серыми лесными почвами, характеризующимися очень слабыми признаками оподзоливания и неглубоким залеганием карбонатов. По содержанию гумуса почвы всех зон относятся к среднегумусовым почвам 4-6% (табл. 1). В контроле степень гумусированности изменяется от 4,08% в горизонте A₁ и до 0,68% в горизонте С. В зоне слабого загрязнения степень гумусированности меняется от 3,90% в горизонте A₁ и до 0,89% в горизонте С. В зоне сильного загрязнения степень гумусированности несколько выше, чем в контроле и зоне слабого загрязнения – от 5,19% в горизонте A₁ и до 1,45% в горизонте В. Таким образом, при усилении степени загрязнения наблюдается увеличение степени гумусированности почвы.

Почвы УПЦ характеризуются относительно высоким содержанием щелочно-гидролизуемого азота. При усилении загрязнения отмечается увеличе-

ние щелочно-гидролизуемого азота: в гумусово-аккумулятивных горизонтах его содержание увеличивается от 294 мг/кг и 194 мг/кг в контроле и зоне слабого загрязнения до 364 мг/кг в зоне сильного загрязнения.

Анализы почв УПЦ показали, что почвы зоны сильного и слабого загрязнения характеризуются наличием в них нефтепродуктов. В зоне сильного загрязнения наибольшее содержание нефтепродуктов наблюдается в гумусово-аккумулятивном горизонте A₁ – до 580 мг/кг и наблюдается незначительное уменьшение по мере углубления – до 80 мг/кг на горизонте В. В зоне слабого загрязнения наибольшее содержание нефтепродуктов также наблюдается на поверхностных слоях почвы до 280 мг/кг на горизонте А и 150 мг/кг на горизонте АВ. В контроле содержания нефтепродуктов не обнаружено. Таким образом, при усилении степени загрязнения наблюдается увеличение содержания в почве нефтепродуктов примерно в 2 раза.

Таблица 1. Химические свойства почв дубовых насаждений на территории УПЦ

Район исследования	Горизонт, мощность, см	pH _{H2O}	Гумус, %	N, щел-гидр., мг/кг	P		Ca ²⁺ , мг-экв/100г почвы	Mg ²⁺ , мг-экв/100г почвы	Нефте-продукты, мг/кг
					Валовый, мг/кг	Подвижный, мг/100г почвы			
Контроль	A ₁ 0-24	6,18± 0,01*	4,08± 0,03	294± 0,58*	100,4± 0,76*	4,1± 0,15*	34± 1,16	11± 1,16	0
	A ₁ B 24-37	5,68± 0,006*	2,13± 0,04*	126± 1,15*	147,5± 0,54*	4,0± 0,12*	34± 1,0*	10± 1,53	0
	B 37-49	5,67± 0,006*	1,24± 0,05	70± 0,58	86,1± 0,12*	5,5± 0,17	34± 1,53*	13± 0,58	0
	C 49-100	7,22± 0,006	0,68± 0,06	56± 0,58	100,4± 0,12	4,6± 0,15	40± 2,5	13± 1,16	0
Зона слабого загрязнения	A ₁ 0-29	6,25± 0,01*	3,9± 0,17*	196± 1,73*	135,2± 0,15*	5,4± 0,08*	42± 2,01*	13± 1,53	280± 2,31*
	A ₁ B 29-45	6,56± 0,006*	2,88± 0,08	154± 1,73*	101,5± 0,07*	5,10± 0,15	49± 1,53	10± 1,16	150± 4,62*
	B 45-72	7,48± 0,006	1,35± 0,04	70± 1,73	106,6± 0,06*	5,3± 0,08	47± 1,53	10± 2,01	Следы
	C 72-100	7,61± 0,006	0,89± 0,02	56± 1,15	100,4± 0,11	4,8± 0,06	41± 1,58	10± 1,16	0
Зона сильного загрязнения	A ₁ 0-25	6,74± 0,01*	5,19± 0,03*	364± 4,6*	141,4± 0,15*	3,9± 0,04	57± 1,73*	13± 0,58	580± 7,51*
	A ₁ B 25-39	7,26± 0,006*	3,14± 0,02*	112± 1,73*	118,9± 0,06*	5,3± 0,09*	51± 1,16*	10± 1,16	470± 4,62*
	B 39-60	7,46± 0,006*	1,45± 0,04	84± 1,15*	106,6± 0,12*	4,5± 0,03	44± 1,73*	10± 1,53	80± 1,16*

*различия между зонами загрязнения достоверны при уровне значимости 95%, число степеней свободы n=5

Между содержанием нефтепродуктов и гумусом в зоне сильного загрязнения наблюдается положительная корреляция (r=0,93), аналогичная ситуация в зоне сильного загрязнения наблюдается по соотношению нефтепродуктов и азота (r=0,85). Коэффициент корреляции между нефтепродуктами и гумусом в зоне слабого загрязнения положителен (r=0,84), корреляция между нефтепродуктами и азотом также имеет положительное значение (r=0,82). Таким образом, наличие нефтепродуктов в

почве ведет к увеличению уровня содержания азота и гумуса, что вероятнее всего связано с деятельностью заводов и выбросами продукции переработки нефти и его аккумуляцией в течение нескольких десятилетий на поверхности почвы. Кроме того, при усилении загрязнения наблюдается увеличение корреляции между содержанием в почве нефтепродуктов и содержанием гумуса и азота.

Аналогичные результаты были показаны Кодиной [8] и Кахаткиной [11] которые отмечали, что

при загрязнении нефтью увеличивается в 1,5–3 раза абсолютное содержание органических соединений, не растворяющихся в процессе фракционирования гумуса или так называемого негидролизующего остатка (НО). Было установлено, что чем сильнее выражено нефтяное загрязнение и больше срок взаимодействия нефти с почвой, тем в большей степени происходит возрастание содержания НО, за счет углеводородов нефти [10, 11]. Новообразованные высокомолекулярные соединения могут закрепляться в почве в виде прочного органоминерального комплекса, и не извлекаться из почвы органическими растворителями [1, 3, 5, 7, 8].

В свою очередь, почвы УПЦ во всех зонах характеризуется низкой обеспеченностью подвижным фосфором. Содержание подвижного фосфора на поверхностных слоях почвы изменяется от 4,0 мг/100 г в контроле и 4,5 мг/100 г в зоне слабого загрязнения, до 3,9 мг/100 г в зоне сильного загрязнения. Почвы района исследований характеризуются слабой обеспеченностью валовым фосфором. Содержание валового фосфора изменяется от 100,4 мг/кг в контроле, и 135,2 мг/кг в зоне слабого загрязнения, до 141,4 мг/кг в зоне сильного загрязнения. Строгой закономерности изменения содержания фосфора под влиянием загрязнения не выявлено.

Кислотность почвы изменяется от слабокислой (на поверхностных слоях почвы от 6,18 в контроле и 6,25 в зоне слабого загрязнения) до щелочной (6,74 в зоне сильного загрязнения).

Содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} на поверхностных слоях почвы варьирует от 34 мг-экв/100 г в контроле до 57 мг-экв/100 г в зоне сильного загрязнения и с 11 мг-экв/100 г в контроле до 13 мг-экв/100 г в зоне сильного загрязнения соответственно. Среди поглощающих оснований преобладают ионы Ca^{2+} .

Таким образом, результаты анализов почв показали, что повышенное содержание гумуса, щелочно-гидролизующего азота в зоне сильного загрязнения, по сравнению с остальными зонами, объясняется наличием в почве остаточных продуктов неф-

тепереработки, а также их поступлением в виде растворов углеводородов различных классов (остаточных продуктов обессоливания и очистки) с территорий заводов. На такие параметры как содержание валового и подвижного фосфора, ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} степень промышленного загрязнения практически не оказывает никакого влияния и изменения значений этих параметров несущественны.

Анализ содержания ТМ в почве выявил следующие особенности (рис. 1): при усилении степени промышленного загрязнения происходит значительное уменьшение средней концентрации Си в почве – с 12,15 мг/кг в контроле до 6,56 мг/кг в зоне сильного загрязнения (в 2,7 раз). В целом содержание Си в почве не превышает предельно допустимые нормы и не достигает токсичных концентраций (токсические значения до 100 мг/кг). Максимальная аккумуляция Си в условиях сильного загрязнения наблюдается в слое почвы 0-30 см (максимум на горизонте 20-30 см – 10,58 мг/кг), и постепенно уменьшается по мере углубления, с минимумом на горизонте 40-50 см – 5,07 мг/кг. Максимальное накопление Си в зоне слабого загрязнения также происходит в поверхностных слоях почвы, на горизонте 0-30 см, с максимумом на горизонте 20-30 см – 15,42 мг/кг. Максимальная аккумуляция Си в контроле наблюдается в слое 0-70 см, с максимумом на горизонте 50-60 см – 16,58 мг/кг, и постепенно уменьшается по мере углубления.

По мере усиления промышленного загрязнения для листьев дуба характерно незначительное увеличение накопления Си. Отмечается максимальное накопление Си в листьях в зоне слабого загрязнения, значительно превышающее накопление в зоне сильного загрязнения и контроле. В зонах сильного и слабого загрязнения концентрация Си в листьях незначительно превышает накопление этого металла в почве, а в контроле напротив его содержание меньше, чем в почве. Это может быть связано с привлечением Си как элемента, повышающего устойчивость растений против неблагоприятных условий среды и болезней.



Рис. 1. Содержание Си (мг/кг) в горизонтах метрового слоя почвы и в листьях дуба в УПЦ

Усиление промышленного загрязнения сопровождается уменьшением средней концентрации Fe в почве (рис. 2): с 26516 мг/кг в контроле до 12842 мг/кг в зоне сильного загрязнения (в 2 раза). Содержание Fe превышает нормы и достигает токсичных концентраций (область избыточных концентраций более 1000 мг/кг). Максимальная аккумуляция Fe в условиях сильного загрязнения наблюдается в слое 0-30 см (максимум на горизонте 20-30 см – 19118 мг/кг), и значительно уменьшается по мере углубления, с минимумом на горизонте

80-90 см – 5831 мг/кг. Максимальное накопление Fe в зоне слабого загрязнения происходит глубже – до 60 см, с максимумом на горизонте 40-50 см – 34124 мг/кг, и незначительно уменьшается до глубины 90-100 см – 26710 мг/кг. Максимальная аккумуляция Fe в контроле наблюдается в слое 30-70 см с максимумом на горизонте 40-50 см – 45860 мг/кг, и постепенно уменьшается к горизонту 90-100 см – 26100 мг/кг, что возможно связано с вымыванием Fe из верхних горизонтов в более глубокие слои почвы.

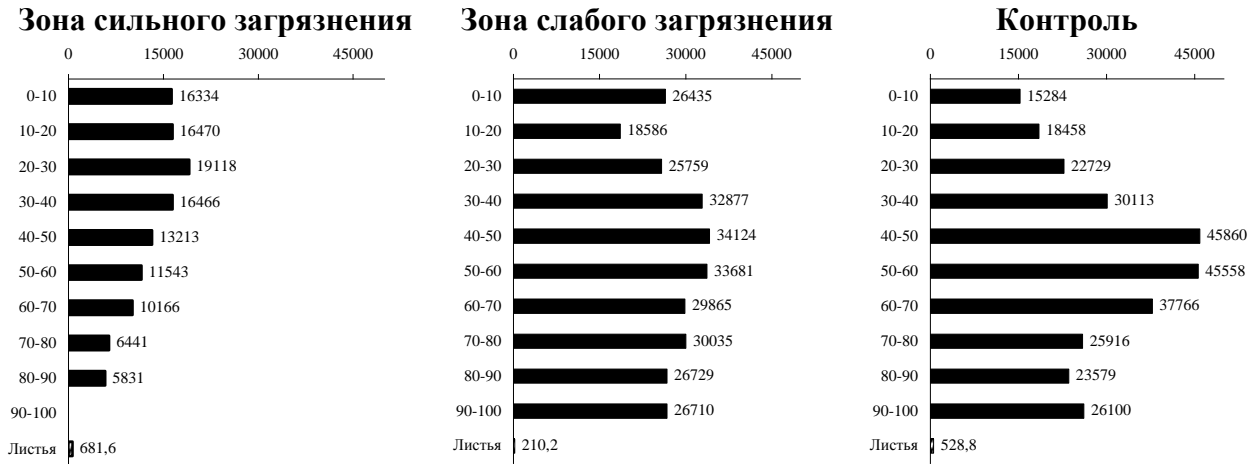


Рис. 2. Содержание Fe (мг/кг) в горизонтах метрового слоя почвы и в листьях дуба в УЩ

Дуб черешчатый можно рассматривать как растение-исключитель Fe, т.к. концентрация этого элемента в листьях гораздо ниже, чем его концентрация в почве (в среднем от 50 до 150 раз). При усилении промышленного загрязнения отмечается незначительное увеличение концентрации Fe в листьях. В целом накопление Fe в листьях находится на пороге токсических концентраций (область избыточных концентраций 700 мг/кг).

Усиление промышленного загрязнения сопровождается значительным увеличением средней концентрации Cd в почве (рис. 3): с 0,12 мг/кг в контроле до 0,25 мг/кг в зоне сильного загрязнения (в 2 раза). Содержание Cd в почве во всех зонах не достигает токсичных концентраций (область избыточных концентраций более 1,5 мг/кг). Максимальная аккумуляция Cd в условиях сильного загрязнения наблюдается в слое 0-30 см (максимум на горизонте 0-10 см – 0,48 мг/кг) и уменьшается по мере углубления с минимумом на горизонте 80-90 см – 0,03 мг/кг. Максимальное накопление Cd в зоне слабого загрязнения также происходит в поверхностных слоях почвы 0-20 см, с максимумом на горизонте 0-10 см – 0,20 мг/кг и постепенно уменьшается по мере углубления, достигая минимального значения на горизонте 90-100 см – 0,08 мг/кг. Максимальная аккумуляция Cd в контроле наблюдается в слое 0-50 см, с максимумом на горизонте 0-10 см – 0,15 мг/кг, и постепенно уменьшается по мере углубления, минимум на горизонте 80-90 см – 0,09 мг/кг. По мере усиления промышленного загрязнения отмечается увеличение содержания Cd в по-

верхностных слоях почвы.

Для листьев дуба характерно накопление Cd в токсических концентрациях во всех исследуемых условиях, а в контроле почти в 3 раза превышающих пороговые – до 2,49 мг/кг. Это может быть связано с тем, что контроль находится в зоне ведения сельского хозяйства и внесение в почву кадмий содержащих удобрений способствует распространению его в близлежащие лесные экосистемы. Кроме того, накопление Cd в листьях значительно превышает содержание этого металла в почве.

При усилении степени промышленного загрязнения происходит уменьшение средней концентрации Zn в почве (рис. 4): с 47,01 мг/кг в контроле до 27,17 мг/кг в зоне сильного загрязнения (в 2,5 раза). Содержание Zn не превышает нормы и не достигает токсичных концентраций (ПДК валового содержания для почв 100 мг/кг). Максимальная аккумуляция Zn в условиях сильного загрязнения наблюдается в слое 0-40 см (максимум на горизонте 0-10 см – 48,14 мг/кг), и значительно уменьшается по мере углубления, с минимумом на горизонте 80-90 см – 1,17 мг/кг. Максимальное накопление Zn в зоне слабого загрязнения происходит значительно глубже – до 70 см, с максимумом на горизонте 50-60 см – 56,84 мг/кг, и незначительно уменьшается до глубины 90-100 см, что может говорить о более глубоком вымывании Zn из поверхностных слоев. Максимальная аккумуляция Zn в контроле наблюдается в слое 0-60 см, с максимумом на горизонте 50-60 см – 68,52 мг/кг, и постепенно уменьшается

по мере углубления, минимум на горизонте 80-90 см – 31,20 мг/кг.

Высокий уровень накопления в листьях Cd подавляет поступление Zn – он находится близко к границе дефицита (область избыточных концентраций для листьев более 400 мг/кг). Отмечена тенденция значительного увеличения содержания

Zn по мере усиления промышленного загрязнения (от 58,2 мг/кг в контроле до 82,9 мг/кг в зоне сильного загрязнения). В контроле и зоне слабого загрязнения концентрация Zn в листьях незначительно превышает накопление этого металла в почве, а в зонах сильного загрязнения его содержание в 3 раза выше, чем в почве.



Рис. 3. Содержание Cd (мг/кг) в горизонтах метрового слоя почвы и в листьях дуба в УЩ

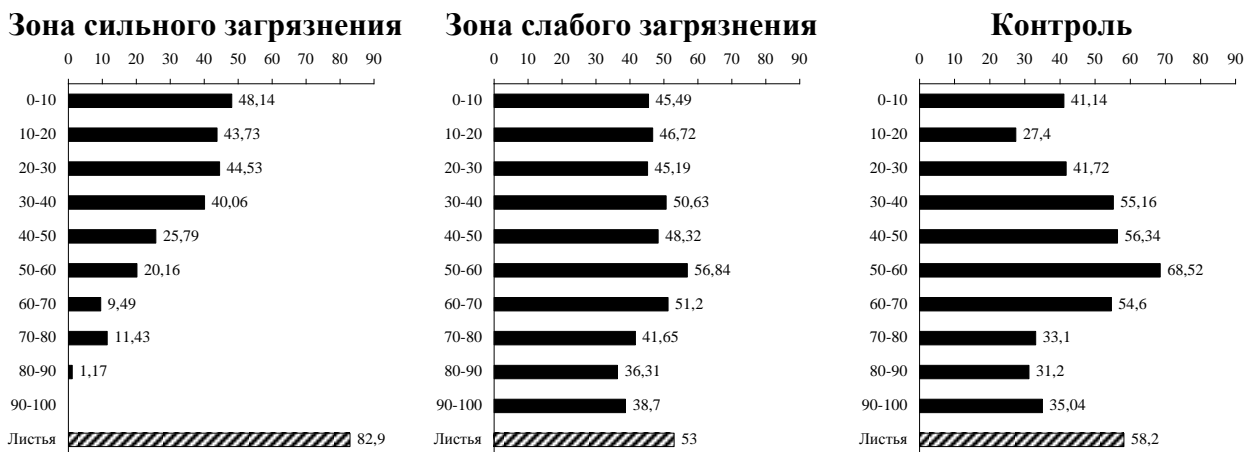


Рис. 4. Содержание Zn (мг/кг) в горизонтах метрового слоя почвы и в листьях дуба в УЩ



Рис. 5. Содержание Pb (мг/кг) в горизонтах метрового слоя почвы и в листьях дуба в УЩ

При усилении степени промышленного загрязнения происходит значительное увеличение средней концентрации Pb в почве (рис. 5): с 6,45 мг/кг в контроле до 13,28 мг/кг в зоне сильного загрязнения (в 2 раза). В целом содержание Pb во всех зонах не превышает нормы и не достигает токсичных

концентраций (ПДК 32 мг/кг). Прослеживается четкая тенденция увеличения содержания Pb в поверхностных слоях почвы при усилении промышленного загрязнения. Максимальная аккумуляция Pb в условиях сильного загрязнения наблюдается в слое 0-30 см (максимум на горизонте 10-20 см –

22,58 мг/кг), и постепенно уменьшается по мере углубления, с минимумом на горизонте 80-90 см – 2,37 мг/кг. Максимальное накопление Pb в зоне слабого загрязнения также происходит в поверхностных слоях почвы 0-30 см, с максимумом на горизонте 0-10 см – 12,15 мг/кг и постепенно уменьшается по мере углубления, достигая минимального значения на горизонте 70-80 см – 4,07 мг/кг. Максимальная аккумуляция Pb в контроле наблюдается в слое 0-50 см, с максимумом на горизонте 0-10 см – 7,70 мг/кг, и постепенно уменьшается по мере углубления, минимум на горизонте 90-100 см – 5,98 мг/кг.

Содержание Pb в листьях во всех условиях произрастания не превышает нормы и не достигает токсичных концентраций. Прослеживается четкая тенденция увеличения содержания Pb в листьях при усилении промышленного загрязнения. Во всех рассматриваемых условиях содержание этого металла в листьях значительно ниже, чем в почве.

ВЫВОДЫ

Почвенный покров района исследований представлен серыми лесными почвами с относительно однородным гранулометрическим и минеральным составом. При усилении промышленного загрязнения отмечается повышенное содержание гумуса, щелочно-гидролизующего азота, нефтепродуктов, которое объясняется поступлением в почву остаточных продуктов нефтепереработки. На содержание валового и подвижного фосфора, ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} степень промышленного загрязнения практически не оказывает влияния.

Из изученных ТМ содержание Cu, Cd, Zn, Pb в почвах дубовых древостоев во всех зонах находится в норме и не превышает токсических значений. Содержание Cu, Cd, Zn, Pb практически не изменяется как при усилении загрязнения, так и при увеличении глубины взятия образцов. Содержание Fe в почве древостоев во всех зонах превышает нормы и достигает токсических значений. При усилении степени загрязнения наблюдается значительное увеличение концентрации Cd и Pb, в поверхностных слоях почвы, что предположительно вызвано с их длительным накоплением при производстве этилированного бензина и его использовании.

Содержание Pb и Cu в листьях дуба находится в норме и не превышает токсических концентраций. Для листьев дуба характерно увеличение накопления Cd в токсических концентрациях, почти в 3 раза превышающих пороговые. Избыточное накопление Cd подавляет поступление Zn, находящегося близко к границе дефицита. Накопление Fe в листьях находится на пороге токсических концентраций, однако при этом его содержание в листьях намного ниже его содержания в почве.

По отношению к накоплению ТМ дуб черешчатый является: аккумулятором Cd (его содержание в

листьях в несколько раз превышает содержание этого металла в почве), индикатором Cu, Zn (содержание этих металлов в листьях соответствуют их содержанию в почве), и исключателем Pb, Fe (поддерживается низкая концентрация этих металлов в листьях, несмотря на высокую их концентрацию в почве).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
2. Быстрых В.В., Боев В.М., Зибзеев В.В. Комплексная гигиеническая оценка накопления поллютантов атмосферного воздуха в депонирующих средах в зоне воздействия газового комплекса. Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. С. 259–262.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
4. Госдоклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2012 году». Уфа: МПР РБ, 2013. 343 с.
5. Донник И.М. Содержание радионуклидов, солей тяжелых металлов и фтора в воде, растительных кормах, органах и тканях животных из районов промышленного загрязнения // ЦНТИ. Екатеринбург, 1996. № 1014. С. 4–96.
6. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 226 с.
7. Батуева И.Ю., Гайле А.А., Паконова Ю.В. Химия нефти. Ленинград: Химия, 1984. 360 с.
8. Кодина Л.А. Геохимическая диагностика нефтяного загрязнения почвы // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 112–122.
9. Минигазимов Н.С. Нефть и тяжелые металлы (экологические аспекты) // Башкирский экологический вестник. 1999. № 2. С. 24–30.
10. Халимов Э.М., Левин С.В., Гузев В.С. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти на свойства почвы // МГУ, сер. Почвоведение. 1996. № 2. С. 59–64.
11. Кахаткина М.И., Цуцаева В.В., Новак А.В. Состав гумуса пойменных почв, загрязненных нефтью // Рациональное использование почв и почвенного покрова Западной Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1986. С. 89–97.
12. ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. М.: Стандартинформ, 2008. 4 с.
13. ГОСТ 17.4.3.01-85 Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ. М.: Стандартинформ, 2008. 3 с.
14. Брицке М.Э. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ (Методы аналитической химии). М.: Химия, 1982. 224 с.
15. Мукатанов А.Х. Почвенно-экологическое районирование Республики Башкортостан как основа адаптивных систем землепользования // Вестник АН Республики Башкортостан. 1996. Т. 1. № 2. С. 62–69.
16. Леса Башкортостана / Башкирский гос. аграр. ун-т, Обьедин. гл. управление природ. ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Республике Башкортостан; [под ред. А. Ф. Хайретдинова]. Уфа: ОГУПР РФ по РБ, БГАУ, 2004. 400 с.

**OAK STANDS SOILS ECOLOGO-GEOCHEMICAL PECULIARITIES AND OAK
(*Quercus robur* L.) LEAVES HEAVY METALS ACCUMULATION IN PETROCHEMICAL
POLLUTION CONDITIONS**

© 2014 **K.Z. Amineva, R.V. Urazgil'din, R.R. Sulemanov**

Institute of biology Ufa science centre of Russian academy of sciences

In the article considers the soils geochemical characteristics in industrial pollution conditions and revealed quantitative data, characterizing the oak leaves heavy metals accumulation degree, what is relevant in connection with the annual oak area reduction and a weakened oak state in intense long-term industrial pollution area (on the example of the Ufa industrial centre).

Key words: soil cover, heavy metals, industrial pollution, oak

Amineva Klara Zabirovna, post-graduated student of laboratory of forest sciences, klara-29@mail.ru; *Urazgil'din Ruslan Vilisovich*, candidate of biology, associate professor, scientific secretary, ib@anrb.ru; *Suleymanov Ruslan Rimovich*, doctor of biology, associate professor, leading researcher of laboratory of soil sciences, soils@mail.ru