

УДК 502:631.4:581.5 (470.343)

*И.И. Митякова, Р.Р. Иванова, Т.Е. Шведова***ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ» ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛЫ**

В статье анализируется экологическое состояние разных зон городской среды в г. Йошкар-Оле. Для этого на объектах исследования были отобраны смешанные почвенные образцы и пробы листьев древесных растений. Оценка состояния почвы осуществлялась по гранулометрическому составу, рН, содержанию хлорид-иона, нефтепродуктов, тяжелых металлов; оценка состояния растительности – по морфометрическим показателям. Результаты исследования показали, что на городской территории преобладают почвы со слабощелочной и нейтральной реакцией среды, незасоленные, слабозагрязненные нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Экотоксикологическое состояние обследованных почв, оцененное по ИТФ (индекс токсичности фактора), в основном соответствует 5 классу – норма, только на одном объекте почвы оцениваются как слаботоксичные (6 класс опасности).

Ключевые слова: городская среда, почва, растительность, загрязнение, биотестирование, нефтепродукты, тяжелые металлы.

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-403-412

Современный город представляет собой антропогенную систему, и экологические проблемы, возникающие в городской среде, являются чрезвычайно актуальными, так как ухудшают комфортность жизни человека, оказывают негативное воздействие на его здоровье. В городах резко увеличивается техногенная нагрузка на все функциональные зоны городских территорий. Развитие промышленности и постоянный рост числа автомобилей, непосредственная близость автомагистралей к жилым районам и высокая токсичность выбросов приводят к ухудшению экологического состояния городской среды [1]. Главный антропогенный процесс – следствие функционирования городов – это загрязнение почвы, воздуха, поверхностных и подземных вод [2].

Существенной нагрузке подвергается почвенный компонент городской среды, в который попадают нефтепродукты, тяжелые металлы, противогололедные солевые смеси, бытовые и строительные отходы, из воздуха оседают выбросы промышленных предприятий и т. п. [2–5]. Основными источниками поступления нефтепродуктов в городские почвы являются проливы нефтепродуктов в местах автостоянок и автозаправочных станций, и попадание в почву с дождевым и талым стоком. Нефтепродукты впитываются почвой за счет капиллярных сил и могут удерживаться в таком состоянии длительное время, полностью насыщая почву и лишая ее плодородия [3; 4; 6]. Рост содержания нефтепродуктов в почве урбанизированных территорий отмечают многие исследователи [1; 2; 4; 6; 7]. Ряд работ посвящен вопросу накопления в городских почвах тяжелых металлов [8–12].

Растения городского фитоценоза также испытывают большую техногенную нагрузку, которая отражается на их внешнем и внутреннем состоянии. Очищая воздух от газообразных выбросов, задерживая пыль, снижая уровень шума, они смягчают негативные воздействия, улучшая условия жизни для людей и других обитателей городской среды. Основными факторами, нарушающими нормальную жизнедеятельность древесных растений на урбанизированных территориях, являются техногенное загрязнение атмосферного воздуха, почв, травмирование растений, нерегулируемая рекреация [13].

Проблема качества окружающей среды актуальна и для города Йошкар-Олы, в котором достаточно большое количество промышленных предприятий и развитая транспортная система. Поэтому целью работы заключалась в оценке экологического состояния почвы и растений городской среды в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы с помощью комплекса физико-химических и биологических методов исследования.

Объект и методы исследования

Для сравнительного исследования были выбраны объекты в разных функциональных зонах города Йошкар-Ола: промышленная зона – улицы Машиностроителей, Карла Маркса; жилая зона – улицы Комсомольская, Красноармейская; зона отдыха – лесопарк «Сосновая роща» (контроль).

Исследования были проведены в августе 2021 г. На выбранных улицах были отобраны смешанные пробы почвы (15 проб на каждой улице). На каждом объекте были обследованы по 15 деревьев, взяты образцы листьев по 50 шт. с каждого дерева березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в соответствии с рекомендациями А.И. Федоровой [14].

Гранулометрический состав почвенных образцов определяли на лазерном анализаторе размеров частиц Analysette 22 MicroTec Plus; pH – по ГОСТ 26483-85¹; содержание нефтепродуктов – согласно ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10². В почве определяли содержание: тяжелых металлов по ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002³; хлорид-иона – по ГОСТ 26425-85⁴. Биотестирование почвы проводилось согласно методике Л.П. Капелькиной [15]. В качестве тест-объекта использовался редис посевной (*Radicula semen*), сорт Красный с белым кончиком.

Состояние древесных растений оценивалось по морфологическим показателям: годовой прирост побегов (см), количество листьев на побеге (шт.), площадь листовой пластинки (см²). Изучение морфометрических показателей древесных растений проведено по стандартным методикам [14; 16].

Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ STATISTICA.

Результаты и их обсуждение

Гранулометрический состав почвы в значительной мере определяет ее водно-воздушный и тепловой режимы. Результаты гранулометрического анализа почвы объектов исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав почвы исследуемых объектов

Зона города	Местоположение объекта	Доля частиц (%) разного размера, мм, $\bar{x} \pm m$							Название почвы по гранулометрическому составу
		1,00 - 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	<0,01	
Селитебная зона	ул. Комсомольская	6,20± 1,32	22,40± 2,32	50,40± 2,20	7,40± 0,98	10,20± 0,73	3,40± 0,35	21,00± 0,56	легкосуглинистая
	ул. Красноармейская	4,00± 0,92	27,90± 1,35	44,90± 3,05	8,50± 1,65	10,90± 0,95	3,80± 0,48	23,20± 0,76	легкосуглинистая
Промышленная зона	ул. Машиностроителей	3,80± 0,86	27,70± 1,02	44,00± 2,75	8,40± 1,07	12,90± 1,05	3,20± 0,78	24,50± 0,69	легкосуглинистая
	ул. Карла Маркса	7,20± 1,02	30,9± 0,94	40,6± 1,59	6,2± 1,07	11,6± 0,85	3,5± 0,44	21,3± 0,78	легкосуглинистая
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	3,2± 1,03	27,8± 1,38	48,0± 1,66	8,4± 0,97	10,0± 0,35	2,6± 0,78	21,0± 0,69	легкосуглинистая

¹ ГОСТ Р 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утверждены и введены в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 марта 1985 г. № 820, 821. М.: Издательство стандартов, 1985. 4 с.

² ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10 (ФР 1.31.2010.07598) Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом. Природоохранные нормативные документы федеративные: издание официальное: утверждена ФГУ «ФЦАО» 18 февраля 2010 г. М., 2010. 14 с.

³ ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 (ФР.1.31.2007.03819) Количественный химический анализ почв. Методика измерений валового содержания кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. Природоохранные нормативные документы федеративные: издание официальное: утверждена ФГУ «ФЦАО» 27 октября 2011 г. М., 2011. 19 с.

⁴ ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. № 283. М., 1985. 9 с.

Как показывает анализ данных табл. 1, исследованные почвы г. Йошкар-Олы являются легко-суглинистыми, для которых характерна наибольшая буферность по сравнению с песчаными.

Реакция почвы оказывает большое влияние на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов, влияет на развитие растений и почвенных микроорганизмов. В природных условиях рН почвенного раствора колеблется от 3 (в подзолистых почвах) до 10 (в солонцовых почвах). Чаще всего кислотность не выходит за пределы 4–8. Другие исследователи также отмечают сдвиг реакции почвенной среды городских почв в сторону подщелачивания и нейтрализации [17; 18]. Их высокую щелочность большинство авторов связывает с высвобождением кальция под действием осадков из строительного мусора, цемента, кирпича и прочих материалов, имеющих щелочную реакцию, поднятием на поверхность карбонатных пород, а также с использованием известнякового щебня при строительстве дорог.

Результаты исследования рН почвы представлены в табл. 2. Почвы на обследованных объектах характеризуются преимущественно как нейтральные и слабощелочные – рН варьирует от 6,63 до 7,33.

Таблица 2

Кислотность (рН) городских почв

Зона города	Местоположение объекта	рН солевая ($\bar{x} \pm m$)	Реакция среды
Селитебная зона	ул. Комсомольская	6,63±0,012	нейтральная
	ул. Красноармейская	7,02±0,009*	слабощелочная
Промышленная зона	ул. Машиностроителей	7,33±0,022*	слабощелочная
	ул. Карла Маркса	7,03±0,019*	слабощелочная
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	6,33±0,005	нейтральная

Примечание: * Различия статистически достоверны по сравнению с контролем (t- критерий Стьюдента).

Все легкорастворимые соли считают токсичными для растений. Они увеличивают осмотическое давление почвенной влаги, снижая ее доступность для растений, могут оказывать специфическое токсическое действие и нарушать нормальное соотношение минерального питания растений [9]. Засоление почвы оценивали по содержанию хлорид-иона в водной вытяжке из почвы объектов исследования. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание хлорид-иона в водной вытяжке городских почв

Зона города	Местоположение объекта	Содержание хлорид-иона, мг/100 г ($\bar{x} \pm m$)	Содержание хлорид-иона, % к массе почвы	Степень засоления
Селитебная зона	ул. Комсомольская	3,30±0,029	0,003	незасоленные
	ул. Красноармейская	3,14±0,059	0,003	незасоленные
Промышленная зона	ул. Машиностроителей	3,14±0,047	0,003	незасоленные
	ул. Карла Маркса	3,20±0,011	0,003	незасоленные
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	3,41±0,065	0,003	незасоленные

Как видно из табл.3, содержание хлорид-иона в почве варьирует от 3,14 мг/100 г до 3,41 мг/100 г. Процентное содержание хлорид-иона к массе почвы в среднем составляет 0,003 %. Поскольку специальной классификации городских почв по засолению не разработано, для оценки полученных результатов нами использовалась классификация почв по содержанию токсичных солей Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой [19]. В соответствии с их классификацией почва на всех объектах исследования оценивается как незасоленная.

Для оценки антропогенного воздействия в почвах города было определено содержание нефтепродуктов. Результаты исследования представлены в табл. 4, согласно им, содержание нефтепродуктов в городской почве существенно превышает таковое в почве контрольного объекта. На ул. Машиностроителей содержание нефтепродуктов в почве составило $735,97 \pm 7,59$ мг/кг, что превышает контроль ($55,72 \pm 1,91$ мг/кг) в 13,2 раза; на ул. К. Маркса – $178,32 \pm 2,38$ мг/кг, превышение контроля в 3,2 раза.; на ул. Красноармейской – $434,01 \pm 5,25$ мг/кг, что выше контроля в 7,8 раза; по ул. Комсомольской – $434,01 \pm 5,25$ мг/кг, превышение контроля в 6,8 раза.

Расчет коэффициента концентрации нефтепродуктов в почве селитебной и промышленной зон города по сравнению с контролем показал, что в городских почвах происходит накопление нефтепродуктов. Однако, в целом, содержание нефтепродуктов в почве всех обследованных объектов не превышает 1000 мг/кг.

Таблица 4

Содержание нефтепродуктов, коэффициент концентрации и степень загрязнения городских почв нефтепродуктами

Зона города	Местоположение объекта	Содержание нефтепродуктов, мг/кг ($\bar{x} \pm m$)	Коэффициент концентрации нефтепродуктов
Селитебная зона	ул. Комсомольская	$380,83 \pm 7,16^*$	6,8
	ул. Красноармейская	$434,01 \pm 5,25^*$	7,8
Промышленная зона	ул. Машиностроителей	$735,97 \pm 7,59^*$	13,2
	ул. Карла Маркса	$178,32 \pm 2,38^*$	3,2
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	$55,72 \pm 1,91$	-

Примечание: * Различия статистически достоверны по сравнению с контролем (t- критерий Стьюдента).

Для таких компонентов, как нефтепродукты, ПДК нет и, скорее всего, не будет установлено в силу того, что входящие в состав нефти и нефтепродуктов органические соединения одновременно являются и неспецифическими органическими соединениями любой почвы. При оценке степени загрязнения почв нефтепродуктами в качестве допустимого уровня используют величину, равную 1000 мг/кг, хотя ее обоснование отсутствует [20–22].

Результаты исследования почвы городских территорий на содержание тяжелых металлов представлены в табл. 5.

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в почве г. Йошкар-Олы

Зона города	Местоположение объекта	Содержание тяжелых металлов (мг/кг), $\bar{x} \pm m$			
		Cu	Pb	Cd	Zn
Селитебная зона	ул. Комсомольская	$63,90 \pm 14,56^*$	$62,83 \pm 20,47$	$0,33 \pm 0,17$	$55,95 \pm 31,73$
	ул. Красноармейская	$46,52 \pm 5,23^*$	$51,81 \pm 14,24$	$1,18 \pm 0,22^*$	$98,25 \pm 6,68^*$
Промышленная зона	ул. Машиностроителей	$80,61 \pm 13,57^*$	$56,42 \pm 11,06^*$	$0,70 \pm 0,20$	$48,92 \pm 12,69^*$
	ул. Карла Маркса	$32,13 \pm 6,35^*$	$56,99 \pm 13,17^*$	$0,87 \pm 0,14^*$	$60,92 \pm 11,19^*$
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	$3,76 \pm 0,28$	$15,67 \pm 5,67$	$0,29 \pm 0,15$	$8,41 \pm 3,56$
ПДК, мг/кг (валовые формы) ⁵		132,0	130	2,0	220,0

Примечание: * Различия статистически достоверны по сравнению с контролем (t- критерий Стьюдента).

Как видно из табл. 5, во всех образцах почвы обследованных объектов содержатся медь, свинец, кадмий и цинк, их содержание сильно варьирует. Так, содержание цинка в почве колебалось от

⁵ СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Санитарные правила и нормы: утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. № 2. М., 2021. 17 с.

8,41 до 98,25 мг/кг (различия в 11,7 раза), меди – от 3,76 до 80,61 мг/кг (различия в 21,6 раз), свинца – от 15,67 до 62,83 мг/кг (различия в 4 раза), кадмия – от 0,29 до 1,18 мг/кг (различия в 4,1 раза). Полученные показатели содержания тяжелых металлов в почве значительно превышают таковое в контроле (табл. 5). Оценка степени загрязнения почвы тяжелыми металлами (валовые формы) проводилась в соответствии с гигиеническими нормативами, установленными для населенных пунктов. Согласно им, выявленные уровни содержания исследованных тяжелых металлов не превышают нормативы.

При оценке загрязненности почвы тяжелыми металлами наиболее информативным является суммарный показатель загрязнения (Z_c), представляющий собой сумму превышений коэффициентов концентраций химических элементов, накапливающихся в аномалиях [23]. Уровень загрязнения считается низким (допустимым), если Z_c находится в пределах 0–16; средним (умеренно опасным), если $Z_c = 16–32$; высоким (опасным), если $Z_c = 32–128$; очень высоким (чрезвычайно опасным), если $Z_c > 128$ [23].

Результаты расчета суммарного показателя загрязнения почвы тяжелыми металлами представлены в табл. 6. Z_c обследованной почвы варьирует в пределах от 7,0 до 33,3. Оценка Z_c по шкале уровня загрязнения выявила, что для контроля Z_c составил 7,0 баллов, что соответствует низкому (допустимому) уровню загрязнения; Z_c в селитебной зоне колебался от 25,8 до 31,4, что соответствует среднему (умеренно опасному) уровню загрязнения; Z_c в промышленной зоне характеризуется как средний (умеренно опасный) и высокий (опасный).

Таблица 6

Суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c) разных зон г. Йошкар-Олы

Зона города	Местоположение объекта	Суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c)	Уровень загрязнения
Селитебная зона	ул. Комсомольская	25,8	средний
	ул. Красноармейская	31,4	средний
Промзона	ул. Машиностроителей	33,3	высокий
	ул. Карла Маркса	22,4	средний
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	7,0	низкий

Таким образом, отмечается выраженная тенденция к накоплению тяжелых металлов в почвах селитебной и промышленной зон по сравнению с зоной отдыха. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей. Накопление тяжелых металлов в городских почвах по сравнению с фоновыми наблюдается в Москве, Московской области, Ижевске, Самаре [7–12].

Растения в городской среде испытывают большую техногенную нагрузку, они практически не способны регулировать поглощение вредных веществ из воздуха ассимилирующими органами, что приводит к накоплению вредных веществ в листовом аппарате растений и отражается как на их внешнем, так и внутреннем состоянии [24]. Оценка общего состояния древесных растений по внешним признакам производилась в соответствии с рекомендациями Е.Г. Мозолевской [16] по пятибалльной шкале на основании полевого обследования липы мелколистной и березы повислой в разных функциональных зонах.

Установлено, что состояние древесных растений в зоне отдыха (контроль) частично ослаблено: прирост побегов в основном соответствует норме, но отмечено усыхание некоторых ветвей, листья с небольшими повреждениями, почки мелкие. На улицах города как в селитебной зоне, так и в промышленной зоне древесные растения находятся в ослабленном состоянии: прирост побегов увеличен, крона слабо ажурная с усохшими отдельными ветвями, листья повреждены от 1/3 до 2/3 от общего количества, до 25–30 % почек прошлого года погибли или являются мелкими, недоразвитыми.

Таким образом, на основании полученных результатов установлено, что большинство древесных растений на улицах города являются ослабленными. Даже в зоне отдыха (контроль) на территории лесопарка «Сосновая роща» встречаются частично ослабленные деревья.

Результаты исследования длины годичного побега, количества листьев на побеге, площади листа у березы повислой и липы мелколистной представлены в табл. 7. Согласно результатам у березы повислой, произрастающей в городской среде, по сравнению с контролем (лесопарк «Сосновая роща») отмечается увеличение длины побега и уменьшение количества листьев на побеге, особенно выраженное на территории промышленной зоны. Отмечено также снижение площади листьев у бере-

зы, произрастающей в селитебной зоне. Существенных различий по длине побега и количеству листьев на побегах липы в городской среде по сравнению с контролем не выявлено, но отмечена четкая тенденция к уменьшению площади листа.

Значения исследованных морфологических показателей у березы повислой и липы мелколистной сильно варьировали, но можно отметить тенденцию к увеличению длины годовичного побега и уменьшению количества листьев на побеге у березы, а также уменьшение площади листьев, наиболее выраженное у липы, по сравнению с соответствующими морфологическими показателями деревьев, произрастающих в лесопарке «Сосновая роща» (контроль). Полученные результаты согласуются с литературными данными. Так, О.Г. Кутузова и др. (2013) при фитоиндикации экологического состояния города Читы отмечают, что загрязнение городской среды приводит к изменению морфометрических показателей у черемухи и вяза, вызывая склонность к уменьшению массы и площади листьев [25]. Аналогичные результаты получены Н.Г. Княжевой и др. (1996) при исследовании стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения [26].

Таблица 7

Длина годовичного побега, количество листьев на побеге, площадь листа у березы повислой и липы мелколистной в городской среде

Зона города	Местоположение объекта	Вид дерева, учитываемые показатели					
		Береза повислая			Липа мелколистая		
		Длина побега, см	Кол-во листьев на побеге, шт./ 10 см	Площадь листа, см ²	Длина побега, см	Кол-во листьев на побеге, шт./10 см	Площадь листа, см ²
Селитебная зона	ул. Комсомольская	15,79±0,96	5,07±0,77	12,95±1,31*	12,33±1,58	4,41±1,24	31,72±2,31*
	ул. Красноармейская	18,75±0,98*	4,89±0,24	9,98±0,69*	11,93±0,88*	4,73±0,39	36,80±1,64*
Промышленная зона	ул. Машиностроителей	19,94±1,71*	4,16±0,29*	15,82±1,39	13,79±1,59	4,90±0,45	41,32±1,72*
	ул. К. Маркса	16,31±1,16	4,47±0,17*	15,30±1,18	15,21±1,62	3,81±0,22	40,52±2,19*
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	14,24±1,45	5,35±0,30	15,89±1,21	14,31±1,53	4,22±0,47	45,55±2,37

Примечание: * – Различия статистически достоверны по сравнению с зоной отдыха (t- критерий Стьюдента).

Методом биотестирования изучена возможная токсичность почвы объектов. В качестве тест-объекта использовали редис посевной (*Radicula semen*), сорт Красный с белым кончиком [24].

Результаты расчета ИТФ (индекс токсичности фактора) по учетным показателям (энергия прорастания семян, длина корешков и проростков) представлены в табл. 8.

Таблица 8

Оценка токсичности почвы по ИТФ

Зона города	Местоположение объекта	ИТФ по энергии прорастания	ИТФ по длине Проростков	ИТФ по длине корешков	ИТФ _{ср.}	Класс токсичности по ИТФ _{ср.}
Селитебная зона	ул. Комсомольская	1	1,15	1,23	1,13	VI (стимуляция)
	ул. Красноармейская	1	0,94	0,95	0,96	V (норма)
Промзона	ул. Машиностроителей	0,95	0,81	0,91	0,89	IV (низкая токсичность)
	ул. Карла Маркса	0,96	0,97	0,98	0,97	V (норма)
Зона отдыха (контроль)	Лесопарк «Сосновая роща»	1	1,18	1,09	1,09	V (норма)
	Аналитический контроль	1	1	1	1	V (норма)

Результаты расчета ИТФ по учитываемым показателям показали (табл. 8), что по сумме параметров в зоне отдыха (контроль), на ул. К. Маркса, Красноармейская соответствует V классу токсичности «норма», т. е. почвенная вытяжка не оказала воздействия на прорастание семян и развитие проростков тест-объекта, и почва оценивается как «нетоксичная».

На ул. Машиностроителей ИТФ_{ср.} соответствует IV классу токсичности «низкая токсичность», на ул. Комсомольской – VI класс токсичности с характеристикой «стимуляция», т. е. почвенный фактор оказывает стимулирующее действие на развитие тест-объекта (табл. 8), на ул. Машиностроителей – IV класс токсичности «низкая токсичность».

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что почвы обследованных зон города Йошкар-Ола относятся к легкосуглинистым, характеризуются нейтральной (рН 6,3–6,6) и слабощелочной (рН 7,0–7,3) реакцией среды, по содержанию хлорид-иона относятся к незасоленным (3,14–3,41 мг/100 г).

2. Содержание нефтепродуктов в почве селитебной и промышленной зон варьирует от 178,32 мг/кг до 735,97 мг/кг, что превышает контрольный показатель (55,72 мг/кг) в 3,2 и 13,2 раза соответственно.

3. Содержание тяжелых металлов в почве сильно варьирует: медь – от 32,13 до 80,61 мг/кг; свинец – от 51,81 до 62,83 мг/кг; кадмий – от 0,33 до 1,18 мг/кг; цинк – от 48,92 до 98,25 мг/кг, что значительно превышает аналогичные показатели контроля: медь – 3,76 мг/кг; свинец – 15,67 мг/кг; кадмий – 0,29 мг/кг; цинк – 8,41 мг/кг, но не превышает гигиенические нормативы. Отмечается тенденция к накоплению тяжелых металлов в почвах селитебной и промышленной зон по сравнению с зоной отдыха.

4. Почва в промышленной зоне (ул. Машиностроителей) по индексу токсичности по комплексу факторов соответствует IV классу токсичности «низкая токсичность», на других объектах исследования – V классу токсичности «норма».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазычев В.Л. Городская среда. Технология развития: Настольная книга. М.: Лада, 1995. 240 с.
2. Денисов В.В. Экология города: учеб. пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 245 с.
3. Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Юрьев А.Л. Оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. 179 с.
4. Шарафутдинов Р.А., Митев А.Р., Романов А.А., Борисова И.В. Содержание нефтепродуктов в почвенном покрове г. Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6. С. 269–293.
5. Иванов В.С., Черкасова О.А. Загрязнение почв г. Витебска сульфатами, нитратами и нефтепродуктами // Вестник ВГМУ. 2011. Т.10. № 4. С. 111–119.
6. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств: учебник. Ташкент, 2012. 220 с.
7. Санитарно-гигиеническое состояние почвы территории г. Самары как возможный риск здоровью населения / Сухачева И.Ф., Орлова Л.Е., Исакова О.Н., Бедарева Л.И., Павлова Л.В., Сапукова А.А., Судакова Т.В., Торопова Н.М. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1(6). С. 1516–1523.
8. Давыдова С.Л. Тяжелые металлы как суперэкоксиканты XXI века. М.: Изд-во РУДН, 2002. 140 с.
9. Дмитриенко В.П., Сотникова Е.В., Черняев А.В. Экологический мониторинг техносферы: учеб. пособие. Изд. 2-е, испр. СПб.: Изд-во «Лань», 2014. 368 с.
10. Ларионов М.В. Особенности накопления техногенных тяжелых металлов в почвах городов Среднего и Нижнего Поволжья // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С.189–194.
11. Волгин Д.А. Фоновый уровень и содержание тяжелых металлов в почвенном покрове Московской области // Вестник Московского государственного областного университета. 2001. № 1. С. 26–33.
12. Юзефович А.М., Кошелева Н.Е. Загрязнение почв селитебной зоны Москвы и его связь с природными и антропогенными факторами // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С.35–42.
13. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. 2007. 216 с.
14. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. 288 с.
15. М-П-2006 ФР.1.39.2006.02264. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв / Капелькина Л.П., Бар-

- дина Т.В., Бакина Л.Г., Чугунова М.В., Герасимов А.О., Маячкина Н.В., Галдиянц А.А. СПб: Фора-принт, 2009. 19 с.
16. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке и пересадке: учеб.-метод. пособие / Е. Г. Мозолевская, Г. П. Жеребцова, Э. С. Соколова, Д. А. Белов, Н. К. Белова. Изд. 2-е, испр. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 40 с.
 17. Рылова Н.Г., Кузнецов М.Ф., Плавинская В.В. Химический состав почв и растений санитарной зоны родников реки Подборенки города Ижевска // Вестник Удмуртского университета. 2006. № 10. С. 97–104.
 18. Зыкина Н.Г. Особенности урбанизации г. Ижевска // История и методология физиолого-биохимических и почвенных исследований: сб. науч. трудов науч. конф., посвященной 100-летию кафедры физиологии растений и микроорганизмов Пермского государственного НИУ. Пермь, 2017. С. 133–136.
 19. Базилевич Н. И., Панкова, Е. И. Методические указания по учету засоленных почв. М.: Гипроводхоз, 1970. 91 с.
 20. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф. Особенности определения и нормирования нефтепродуктов в почвах // Академия знаний. Естественно-гуманитарные исследования. Краснодар. 2013. № 1. С. 12–18.
 21. Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование почв и управление их качеством // Почвоведение. 2011. № 5. С. 582–596.
 22. Яковлев А.С., Никулина Ю.Г. Экологическое нормирование допустимого остаточного содержания нефти в почвах земель разного хозяйственного назначения // Почвоведение. 2013. № 2. С. 234–239.
 23. Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем: учеб. пособие для вузов. Нижегородская гос. с.-х. академия. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. 170 с.
 24. Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова и [др.]; под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Сарапульцевой. Изд. 2-е, испр. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 288с.
 25. Кутузова О.Г. Якушевская Е.Б. Морфометрические показатели древесных растений и содержание хлорофилла в урбоэкосистемах (на примере г. Читы). // Труды второй междунар. науч.-практ. конф. Молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика и образование». М.: ООО «Буки-Веди», 2013. С. 210–215.
 26. Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. 1996. № 6. С. 441–444.

Поступила в редакцию 26.06.2023

Митякова Ирина Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования
E-mail: MityakovaII@volgatech.net

Иванова Руфина Риммовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования
E-mail: IvanovaRR@volgatech.net

Шведова Татьяна Евгеньевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования
E-mail: ShvedovaTE@volgatech.net

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
424000, Россия, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

I.I. Mityakova, R.R. Ivanova, T.E. Shvedova

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE URBAN ENVIRONMENT IN THE "SOIL -PLANT" SYSTEM OF THE CITY OF YOSHKAR-OLA

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-403-412

The ecological state of different functional zones of the urban environment in Yoshkar-Ola is analyzed. For this, mixed soil samples and samples of leaves of woody plants were selected at the objects of study. The assessment of the soil condition was carried out according to the granulometric composition, pH, the content of chloride and sulfate ions, oil products, heavy metals; assessment of the state of vegetation – according to morphometric parameters, the area of damage to the leaves, the accumulation of sulfate ions and phytotoxicity. The results of the study showed that the urban area is dominated by soils with a slightly alkaline and neutral reaction of the environment, non-saline, slightly polluted with oil products and heavy metals. The ecotoxicological state of the surveyed soils, assessed by the ITF, basically corre-

sponds to class 5 - the norm, only at one site the soils are assessed as slightly toxic (hazard class 6); according to Et, soils mainly correspond to hazard class 2 (high phytotoxicity). The methods of chemical, physico-chemical analysis, biotesting were used in the work.

Keywords: urban environment, soil, vegetation, pollution, biotesting, oil products, heavy metals

REFERENCES

1. Glazychev V.L. *Gorodskaya sreda. Tekhnologiya razvitiya: Nastol'naya kniga* [Urban environment. Development Technology: Handbook], Moscow: Lad'ya Publ., 1995, 240 p. (in Russ.).
2. Denisov V.V. *Ekologiya goroda* [Ecology of the city], Rostov-na-Donu: Feniks Publ., 2008, 245 p. (in Russ.).
3. Matveev A.N., Samusenok V. P., Yur'ev A.L. *Otsenka vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu* [Environmental impact assessment], Irkutsk: Irkut. Gos. Univ., 2007, 179 p. (in Russ.).
4. Sharafutdinov R.A., Mitev A.R., Romanov A.A., Borisova I.V. [The content of oil products in the soil cover of Krasnoyarsk], in *Vestnik KrasGAU*, 2018, no. 6, pp. 269-293 (in Russ.).
5. Ivanov V.S., Cherkasova O.A. *Zagryaznenie pochv g. Vitebska sul'fatami, nitratami i nefteproduktami* [Soil pollution in Vitebsk with sulfates, nitrates and oil products], in *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta [Vitebsk Medical JoUrnal]*, 2011, vol. 10, no. 4, pp. 111-119 (in Russ.).
6. Bazarov B.I. *Ekologicheskaya bezopasnost' avtotransportnykh sredstv* [Ecological safety of vehicles], Tashkent, 2012, 220 p. (in Russ.).
7. Suhacheva I.F., Orlova L.E., Isakova O.N., Bedareva L.I., Pavlova L.V., Sapukova A.A., Sudakova T.V., Toropova N.M. [Sanitary and hygienic condition of ground territories of Samara as possible risk to health of the population], in *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk [Izvestia RAS SamSC]*, 2010, vol. 12, no.1(6), pp. 1516-1523 (in Russ.).
8. Davydova S.L. *Tyazhelye metally kak superekotoksikanty XXI veka* [Heavy metals as superecotoxicants of the XXI century], Moscow: RUDN Publ., 2002, 140 p. (in Russ.).
9. Dmitrienko V.P., Sotnikova E.V., Chernyaev A.V. *Ekologicheskiy monitoring tekhnosfery* [Ecological monitoring of the technosphere], 2nd ed, rev., St. Petersburg: "Lan" Publ., 2014, 368 p. (in Russ.).
10. Larionov M.V. [Features of technogenic heavy metals accumulation in soils of cities in Middle and Lower Volga region], in *Vestn. Tomskogo Gos. Univ.*, 2013, no. 368, pp.189-194 (in Russ.).
11. Volgin D.A. [Background level and the maintenance of heavy metals in a soil cover of the Moscow area], in *Vestn. Moskov. Gos. oblastnogo Univ.*, 2001, no. 1, pp. 26-33 (in Russ.).
12. Yuzefovich A.M., Kosheleva N.E. *Zagryaznenie pochv selitebnoy zony Moskvy i ego svyaz' s prirodnyimi i antropogennymi faktorami* [Soil pollution in the residential area of Moscow and its relationship with natural and anthropogenic factors], in *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2009, no. 3, pp. 35-42 (in Russ.).
13. Bukharina I.L., Povarnitsina T.M., Vedernikov K.E. *Ekologo-biologicheskie osobennosti drevesnykh rasteniy v urbanizirovannoy srede* [Ecological and biological features of woody plants in an urbanized environment], Izhevsk: Izhevskaya GSKhA, 2007, 216 p. (in Russ.).
14. Fedorova A.I., Nikol'skaya A.N. *Praktikum po ekologii i okhrane okruzhayushchey sredy* [Workshop on ecology and environmental protection], Moscow: Gumanit. izd. tsentr VLADOS, 2003, 288 p. (in Russ.).
15. Kapel'kina L.P., Bardina T.V., Bakina L.G., Chugunova M.V., Gerasimov A.O., Mayachkina N.V., Galdiyants A.A. M-P-2006 FR.1.39.2006.02264. *Metodika vypolneniya izmereniy vskhozhesti semyan i dliny korney pryorostkov vysshikh rasteniy dlya opredeleniya toksichnosti tekhnogenno-zagryaznennykh pochv* [M-P-2006 FR.1.39.2006.02264. Method for performing measurements of seed germination and the length of the roots of seedlings of higher plants to determine division of toxicity of technogenically polluted soils], St. Petersburg, 2009, 19 p. (in Russ.).
16. Mozolevskaya E.G., Zherebtsova G.P., Sokolova E.S., Belov D. A., Belova N. K. *Otsenka zhiznesposobnosti derev'ev i pravila ikh otbora i naznacheniya k vyrubke i peresadke* [Evaluation of the viability of trees and the rules for their selection and appointment for felling and replanting], 2nd Ed., rev., Moscow: GOU VPO MGUL, 2007, 40 p. (in Russ.).
17. Rylova N.G., Kuznetsov M.F., Plavinskaya V.V. *Khimicheskiy sostav pochv i rasteniy sanitarnoy zony rodnikov reki Podborenki goroda Izhevsk* [The chemical composition of soils and plants of the sanitary zone of the relativescove of the river Podborenka of the city of Izhevsk], in *Vestn. Udmurt. Univ.*, 2006, no. 10, pp. 97-104 (in Russ.).
18. Zykina N.G. *Osobennosti urbanozemov g. Izhevsk* [Features of urbanozems of Izhevsk], in *Sborn. nauch. trudov nauch. konf. "Istoriya i metodologiya fiziologo-biokhimicheskikh I pochvennykh issledovaniy"*, Perm, 2017, pp. 133-136 (in Russ.).
19. Bazilevich N. I., Pankova, E. I. *Metodicheskie ukazaniya po uchetu zasolennykh pochv* [Methodological guidelines for accounting for saline soils]. Moscow: Giprovodhoz Publ., 1970, 91 p. (in Russ.).
20. Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F. *Osobennosti opredeleniya i normirovaniya nefteproduktov v pochvakh* [Peculiarities of determination and regulation of oil products in soils], in *Akademiya znaniy. Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya*, Krasnodar, 2013, no. 1, pp. 12-18 (in Russ.).

21. Yakovlev A.S., Evdokimova M.V. [Ecological standardization of soil and soil quality control], in *Eurasian Soil Science*, 2011, vol. 44, no. 5, pp. 534-546 (in Russ.).
22. Yakovlev A.S., Nikulina Yu.G. Ekologicheskoe normirovanie dopustimogo ostatochnogo sodержaniya nefi v pochvakh zemel' raznogo khozyaystvennogo naznacheniya [Environmental regulation of the permissible residual oil content in soils of lands of various economic purposes], in *Eurasian Soil Science*, 2013, no. 2, pp. 234-239 (in Russ.).
23. Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V. *Agro- i biokhimicheskie metody issledovaniya sostoyaniya ekosistem* [Agro- and biochemical methods for studying the state of the ecosystem topics], Nizhny Novgorod: VVAGS, 2011, 170 p. (in Russ.).
24. *Biologicheskiy kontrol' okruzhayushchey sredy: Bioindikatsiya i biotestirovanie* [Biological control of the environment: Bioindication and biotesting], Melekhova O.P., Sarapultseva E.I. (ed.), 2nd ed., Moscow: "Akademiya" Publ., 2008, 288 p. (in Russ.).
25. Kutuzova O.G. Yakushevskaya E.B. *Morfometricheskie pokazateli drevesnykh rasteniy i sodержanie khlorofilla v urboekosistemakh (na primere g. Chity)* [Morphometric parameters of woody plants and the content of chlorophylla in urban ecosystems (on the example of the city of Chita)], in Tr. vtoroy mezhd. nauch.-prakt. konf. Molodykh uchenykh "Indikatsiya sostoyaniya okruzhayushchey sredy: teoriya, praktika i obrazovanie", Moscow: "Buki-Vedi" Publ., 2013, pp. 210-215 (in Russ.).
26. Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Zakharov V.M. Analiz stabil'nosti razvitiya berezy povisloy v usloviyakh khimicheskogo zagryazneniya [Analysis of the stability of the development of silver birch under conditions of chemical pollution], in *Ekologiya*, 1996, no. 6, pp. 441-444 (in Russ.).

Received 26.06.2023

Mityakova I.I., Candidate of Biology, Associate Professor
of the Department of Ecology, Soil Science and Nature Management
E-mail: MityakovaII@volgatech.net

Ivanova R.R., Candidate of Biology, Associate Professor
of the Department of Ecology, Soil Science and Nature Management
E-mail: Ivano-vaRR@volgatech.net

Shvedova T.E., Candidate of Agricultural Sci., Associate Professor
of the Department of Ecology, Soil Science and Nature Management
E-mail: ShvedovaTE@volgatech.net

Volga State Technological University
Lenin square, 3, Yoshkar-Ola, Russia, 424000