

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНОВ КРАСНОЯРСКА

T.S. Tyulyush, I.S. Korotchenko

## ECOLOGICAL STATE OF SOILS OF VARIOUS AREAS OF KRASNOYARSK

**Тюлюш Т.С.** – асп. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: taygana.mongush@mail.ru

**Коротченко И.С.** – канд. биол. наук, доц. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kisaspi@mail.ru

**Tyulyush T.S.** – Post-Graduate Student, Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: taygana .mongush@mail.ru

**Korotchenko I.S.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: kisaspi@mail.ru

Представлена оценка экологического состояния почв различных районов города Красноярска, полученная с помощью метода фитотестирования и химического анализа по содержанию тяжелых металлов в почвенных образцах. Образцы почвенного покрова для фитотестирования и определения содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов отбирались с восьми точек, находящихся в разных районах города Красноярска: Центральный, Ленинский, Свердловский, Советский, Кировский, Железнодорожный, Октябрьский. Для фитотестирования применяли тест-растения: кресс-салат, рапс и пшеницу. Обнаружено, что содержание валовых форм меди, никеля, марганца и хрома в почве исследуемых пунктов наблюдения не превышает предельных значений, но отмечены превышения концентрации валовых форм свинца, цинка, кобальта на ул. Матросова (Свердловский район) и Чайковского (Ленинский район). Выявлено превышение предельно допустимых концентраций подвижных форм таких тяжелых металлов, как свинец, медь, никель, цинк, марганец, кобальт, максимальные превышения – на ул. Матросова (Свердловский район) и Чайковского (Ленинский район). Почвенные образцы оказали наибольшее токсичное влияние на морфометрические параметры: кресс-салата – с ул. Матросова и Чайковского, рапса – с ул. Матросова и Кутузова, пшеницы – с ул. Солнечная и Красномосковская. Предполагаем, что полученное расхождение значений по всхожести семян, морфометрическим параметрам тест-растений связано с различной чувствительностью разных видов растений к присутствию в почвенном покрове токсикантов (тяжелых металлов). Тем не менее целесообразно проводить фитотоксичную оценку почвенных образцов с применением двух, трех тест-растений.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, фитотестирование, почва, город, загрязнение, экологический мониторинг.

The assessment of ecological condition of soils of various districts of the city of Krasnoyarsk received by means of the method of phytotesting and chemical analysis according to the content of heavy metals in soil samples is presented. The samples of soil cover for phytotesting and determination of the content of gross and mobile forms of heavy metals were selected from eight points located in different districts of the city of Krasnoyarsk: Tsentralny, Lenisky, Sverdlovsky, Sovetsky, Kirovsky, Zheleznodorozhny, Oktyabrsky. The following test plants were applied to phytotesting: garden cress, rapeseed and wheat. It was revealed that the content

of gross forms of copper, nickel, manganese and chrome in the soil of studied points of supervision did not exceed limit values, but the excess of concentration of gross forms of lead, zinc, cobalt was noted in Matrosov St. (Sverdlovsk area) and Tchaikovsky St. (Leninsky district). The excess of maximum permissible concentration of mobile forms of such heavy metals as lead, copper, nickel, zinc, manganese, cobalt, maximum excess in Matrosov St. (Sverdlovsk area) and Tchaikovsky (Leninsky district) was revealed. Soil samples had the greatest toxic impact on morphometric parameters: garden cress – from Matrosov St. and Tchaikovsky, rapeseed – Matrosov St. and Kutuzov St., wheat – Solnechnaya St. and Krasnomoskovskaya St. It is assumed that the obtained discrepancy in values for seed germination, morphometric parameters of test plants is associated with different sensitivity of different plant species to the presence of toxicants (heavy metals) in the soil cover. Nevertheless, it is advisable to conduct phytotoxic assessment of soil samples using two or three test plants.

**Keywords:** heavy metals, phytotesting, soil, city, pollution, ecological monitoring.

**Введение.** В Красноярском крае, как и в России в целом, вопросам экологии и охраны окружающей среды уделяется серьезное внимание, но, несмотря на это, Красноярский край занимает третье место в России по масштабам загрязнения природной среды, а столица края – город Красноярск входит в десятку самых грязных городов России [1].

Красноярск – крупнейший транспортный и промышленный узел Российской Федерации. Именно это обстоятельство является для города главной причиной загрязнения воздуха. В атмосфере города уровень загрязнения воздуха характеризуется как очень высокий. Приоритетными загрязняющими веществами в атмосфере являются бенз(а)пирен, формальдегид, фенол, диоксид азота, взвешенные вещества, содержащие тяжелые металлы [1–3].

Почва как аккумулирующий компонент экосистемы городской среды отражает длительность и интенсивность поступления и депонирования загрязняющих веществ. Химический состав и состояние почв – наиболее интегральный показатель эффективности природоохранных мероприятий, проводимых в Красноярске.

Проанализировав данные государственного мониторинга земель и других систем наблюдения за состоянием окружающей природной среды Красноярска, можно сделать вывод, что качество земель фактически во всех районах края интенсивно ухудшается [4, 5].

В интенсивно развивающемся мире, в связи с увеличением антропогенной нагрузки на окружающую природную среду, все более важным являются вопросы оценки экологического благополучия. По расчетам специалистов экологов, в настоящее время в окружающей среде содержится около 10 млн наименований поллютантов [6].

Появление новых загрязняющих веществ и их соединений, а также синтез гетерогенных условий среды специфических соединений, способных обладать существенно большим токсичным потенциалом, приводит к тому, что количественные показатели загрязнения, такие как предельно допустимая концентрация (ПДК), предельно допустимый уровень (ПДУ), не могут охватить всего многообразия поллютантов, дать корректную оценку экологического благополучия исследуемых объектов. Кроме того, известно, что даже нетоксичные соединения при комбинированном действии могут вызвать значительный токсический эффект. В связи с этим в настоящее время растет интерес к биологическим тест-системам, которые способны интегрально и оперативно дать токсикологическую характеристику природных и техногенных сред.

Фитотестирование широко применяется не только как способ токсикологической оценки сред, например почв и вод, но и как весьма распространенный прием оценки токсичности или биологической активности различных материалов, химикатов, промышленных отходов [7, 8].

В методе фитотестирования используются 3 вида тест-растений: одно однодольное и два двудольных. Несмотря на известное влияние токсикантов на растения, семена разных видов растений реагируют избирательно на определенные классы поллютантов [9].

**Цель исследований.** Оценка экологического состояния почв различных районов города Красноярска с помощью метода фитотестирования и химического анализа по содержанию тяжелых металлов в почвенных образцах.

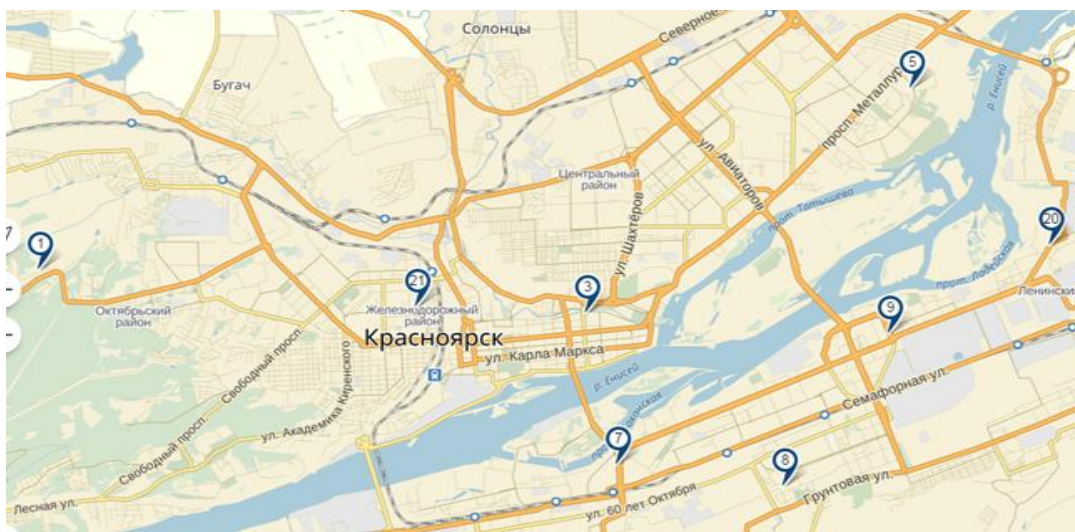
**Объекты и методы исследований.** В качестве тест-растений были использованы: кресс-салат (*Lepidium sativum* L., 1753), сорт Весенний – двудольное растение; рапс (*Brassica napus* L., 1753), сорт Надежный 92 – двудольное и пшеница (*Triticum aestivum* L., 1753), сорт Ветлужанка – однодольное растение.

Образцы почв были отобраны в районах постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха города Красноярска с различной антропогенной нагрузкой. Почвенные образцы отбирали с участков, находящихся на расстоянии более 150 м от ближайших автомобильных дорог (считается, что такое расстояние исключает аэрогенное попадание тяжелых металлов в почву от выхлопных газов автотранспорта) [10].

Почвенные образцы для биологического тестирования отбирались с учетных площадок с верхних горизонтов с глубины 0–20 см, методом конверта. Образцы почвы брали осенью 2015 года в 8 пунктах наблюдения за состоянием атмосферного воздуха: № 1 – Минусинская, 14; № 3 – Сурикова, 54; № 5 – Тельмана, 18; № 7 – Матросова, 6; № 8 – Кутузова, 92; № 9 – Чайковского, 7; № 20 – Солнечная, 8; № 21 – Красномосковская, 32 д (рис.)

Посты были подразделены на «городские фоновые» (ПНЗ №1); «промышленные» вблизи предприятий (ПНЗ № 8, 9, 20); «авто» вблизи автомагистралей в районах с интенсивным движением транспорта (ПНЗ №3) и «жилые» (ПНЗ № 5, 7, 21). Деление на категории является условным, так как практически все жилые районы города расположены в зоне влияния выбросов промышленных предприятий, отопительных и производственных котельных, автотранспорта. Методическое руководство сетью пунктов наблюдений осуществляется территориальным Центром по мониторингу загрязнения окружающей среды ГУ «Красноярский ЦГМС-Р» [11].

В почвенных образцах определяли фитотоксичность по методу учета всхожести семян тест-растений в опытных вариантах (в %). Для оценки использовали следующую градацию: 1. *Загрязнение отсутствует* – всхожесть семян 90–100 %, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. 2. *Слабое загрязнение* – всхожесть 60–90 %, проростки почти нормальной длины, крепкие ровные. 3. *Среднее загрязнение* – при всхожести 20–60 % проростки короче и тоньше, а некоторые проростки имеют уродства. 4. *Сильное загрязнение* – всхожесть семян очень слабая (менее 20 %), а проростки мелкие и уродливые [10, 12].



Карта-схема точек отбора почвенных образцов на территории г. Красноярска (цифрами отмечены стационарные посты наблюдения (ГУ «Красноярский ЦГМС-Р»))

Высевали по 30 семян кресс-салата и рапса, по 15 семян пшеницы, в четырехкратной повторности для каждого района. По тест-реакции высших растений учитывались энергия прорастания семян, длина проростка и длина корня согласно методикам ISO 11269-1 и ISO 11269-2.

Содержание тяжелых металлов в почвенных образцах (воздушно-сухая масса) определяли атомно-абсорбционным методом на анализаторе PinAAcle 900T в Научно-исследовательском испытательном центре ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет». Все анализы проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов – с использованием программы Microsoft Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В каждом районе Красноярска существуют локализованные загрязнения тяжелыми металлами, а также другими загрязняющими веществами.

По мнению исследователей, занимающихся изучением тяжелых металлов, наиболее существенную экологическую опасность оказывают именно подвижные формы тяжелых металлов [13, 14].

Данные по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в исследуемых почвах за 2015 год приведены в таблице 1.

Концентрация свинца имеет превышения ПДК во всех районах, а наиболее высокие концентрации элемента зарегистрированы в районах ул. Чайковского – 46,61 мг/кг (превышение составляет 7,7 раза от ПДК) и ул. Матросова – 63,36 мг/кг (превышение составляет 10,56 раза ПДК) (табл. 1).

По кадмию превышение ПДК было выявлено только по ул. Матросова – 1,415 мг/кг, а в других районах не было превышения допустимых норм.

Уровень содержания меди превышал ПДК от 2,8 до 8,9 раза во всех пунктах наблюдения (от 8,411 до 26,89 мг/кг).

Никель. Содержание этого элемента превышает допустимые значения также во всех образцах – 2,04–3,9 ПДК.

Цинк имел высокие уровни концентрации в 5 пунктах наблюдения: ул. Чайковского – 47,67 мг/кг, ул. Матросова – 46,30; ул. Солнечная – 26,55; ул. Сурикова – 33,16; ул. Тельмана – 25,59 мг/кг.

Марганец. Концентрация данного элемента имела превышение ПДК в 1,2–1,8 раза (171,1–250,9 мг/кг).

Уровень содержания кобальта был в норме только в одном исследуемом образце по ул. Солнечная, а во всех остальных образцах были выявлены превышения ПДК от 1,1 до 1,5 раза.

ПДК хрома была превышена в одном районе исследования – в 1,3 раза по ул. Чайковского (7,882 мг/кг), на остальных районах превышений не выявлено.

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве даёт представление о потенциальной экологической опасности. Сведения о содержании валовых форм тяжелых металлов за 2015 год в почве представлены в таблице 2.

При анализе концентраций свинца в почвенном покрове выявлены превышения в 4 районах исследования: по улицам Чайковского – 57,50 мг/кг; Матросова – 49,35; Кутузова – 37,16; Сурикова – 31,90 мг/кг. Во всех районах по кадмию превышений не обнаружено. Уровень концентрации цинка был высоким в двух точках наблюдения: при значениях 151,9 мг/кг на ул. Матросова и 169,0 мг/кг на ул. Чайковского. Выявлено незначительное превышение ПДК у кобальта в 2 районах – по улицам: Минусинская – 16,61 мг/кг, Матросова – 16,86 мг/кг. У таких металлов, как медь, никель, марганец и хром, превышения содержания валовых форм в почвенном покрове исследуемых пунктов наблюдения не выявилось.

В результате оценки ростовых параметров рапса наблюдаются наибольшие значения длины побега и корня на образцах почвы с ул. Чайковского, Красномосковской, а наименьшие показатели – с ул. Матросова и Кутузова (табл. 3).

Таблица 1

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве различных районов Красноярска

Номер образца	Место отбора почвенных образцов	Содержание загрязняющих веществ, мг/кг								
		Свинец	Кадмий	Медь	Железо	Никель	Цинк	Марганец	Кобальт	Хром
1	ул. Минусинская, 14	10,53	0,07	12,71	1181,0	15,26	18,92	247,8	7,63	5,42
3	ул. Сурикова, 54	19,90	0,24	12,07	1181,0	13,86	33,16	243,0	6,85	4,61
5	ул. Тельмана, 18	9,15	0,21	8,41	1165,0	13,41	25,59	250,9	6,67	4,01
7	ул. Матросова, 6	63,36	1,41	26,89	1313,0	13,61	46,30	250,7	6,58	5,25
8	ул. Кутузова, 92	23,76	0,21	9,04	1377,0	14,47	19,72	253,2	7,32	5,14
9	ул. Чайковского, 7	46,61	0,85	22,92	1398,0	14,38	47,67	236,8	6,86	7,88
20	ул. Солнечная, 8	9,08	0,15	8,82	1211,0	8,18	26,55	171,1	3,47	2,91
21	ул. Красномосковская, 32 д	11,09	0,26	9,81	1312,0	15,71	15,56	207,7	5,34	4,36
ПДК/ОДК*		6	1	3	-	4	23	140	5	6

\* Здесь и далее нормирование согласно ГН 2.1.7.2041: 06 – предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве; ГН 2.1.7.2511-09 – ориентировочно допустимые (ОДК) химических веществ в почве [15, 16].

## Содержание валовых форм тяжёлых металлов в почве различных районов Красноярска

Номер образца	Место отбора почвенных образцов	Содержание загрязняющих веществ, мг/кг								
		Свинец	Кадмий	Медь	Железо	Никель	Цинк	Марганец	Кобальт	Хром
1	ул. Минусинская, 14	17,61	0,71	25,79	11180	41,53	59,37	572,3	16,61	36,86
3	ул. Сурикова, 54	31,90	0,76	33,54	10830	35,80	79,69	523,3	14,51	33,65
5	ул. Тельмана, 18	15,91	0,80	28,37	11150	37,94	69,18	614,9	15,47	35,63
7	ул. Матросова, 6	49,35	2,24	54,15	11140	34,93	151,9	611,8	16,86	33,19
8	ул. Кутузова, 92	37,16	0,90	28,20	11050	38,27	65,40	630,5	16,23	39,65
9	ул. Чайковского, 7	57,50	1,31	44,62	10850	38,38	169,0	590,2	14,79	27,90
20	ул. Солнечная, 8	14,31	0,71	24,60	9418	30,69	61,25	340,3	10,86	19,04
21	ул. Красномосковская, 32 д	15,56	0,82	25,57	10800	44,04	51,88	425,9	15,44	29,17
ПДК/ОДК*		32	3	55	-	85	100	1500	16,2	100

Таблица 3

## Морфометрические параметры тест-растения – рапса, см

Номер образца	Место отбора почвенных образцов	Длина побега	Длина корня
1	ул. Минусинская, 14	4,53±0,81	5,22±0,33
3	ул. Сурикова, 54	4,72±0,81	4,96±1,25
5	ул. Тельмана, 18	5,98±1,39	4,02±1,44
7	ул. Матросова, 6	3,24±0,61	4,57±0,97
8	ул. Кутузова, 92	3,75±0,33	5,47±0,91
9	ул. Чайковского, 7	6,25±0,96	6,64±1,69
20	ул. Солнечная, 8	4,65±0,83	6,10±0,59
21	ул. Красномосковская, 32 д	5,02±0,71	7,91±1,54

По итогам измерений длин побега и корня кресс-салата достоверно определены наименьшие значения в почвенных образцах с ул. Чайковского, ул. Матросова, а в почвенных образцах – с ул. Солнечная, ул. Красномосковская зафиксированы наибольшие значения длин корней (табл. 4).

При анализе измерений морфометрических параметров пшеницы максимальные значения обнаружены в образцах с улиц Матросова и Кутузова, минимальные значения в образцах с улицы Красномосковская (табл. 5).

Таблица 4

## Морфометрические параметры тест-растения – кресс-салата, см

Номер образца	Место отбора почвенных образцов	Длина побега	Длина корня
1	ул. Минусинская, 14	5,03±0,49	5,42±0,79
3	ул. Сурикова, 54	4,02±0,37	5,08±0,78
5	ул. Тельмана, 18	4,38±0,38	6,26±0,83
7	ул. Матросова, 6	3,21±0,25	5,11±1,17
8	ул. Кутузова, 92	4,54±0,43	6,50±0,92
9	ул. Чайковского, 7	3,91±0,29	2,98±0,63
20	ул. Солнечная, 8	3,60±0,18	7,68±0,17
21	ул. Красномосковская, 32 д	3,17±0,35	7,35±1,44

Таблица 5

## Морфометрические параметры тест-растения – пшеницы, см

Номер образца	Место отбора почвенных образцов	Длина побега, см	Длина корня, см
1	ул. Минусинская, 14	11,68±5,43	9,08±1,32
3	ул. Сурикова, 54	13,93±2,48	12,27±1,06
5	ул. Тельмана, 18	13,03±1,81	9,65±1,90
7	ул. Матросова, 6	17,75±2,61	13,35±1,53
8	ул. Кутузова, 92	16,26±2,76	15,54±2,11
9	ул. Чайковского, 7	13,77±1,74	11,63±1,95
20	ул. Солнечная, 8	9,91±2,78	7,35±2,33
21	ул. Красномосковская, 32д	6,81±1,08	4,46±0,75

Обнаружено, что хорошо всходили семена кресс-салата в районах улиц Сурикова, Тельмана, Кутузова, Чайковского, Солнечной, семена пшеницы – в районах ул. Сурикова, ул. Матросова, ул. Кутузова, что говорит об отсутствии загрязнения по шкале фитотоксичности [12]. Среднее загрязнение показал анализ районов по всхожести семян рапса в почвенных образцах ул. Минусинская, Сурикова, Тельмана, ул. Чайковского, ул. Красномосковской (табл. 6).

В результате проведения корреляционного анализа между содержанием тяжелых металлов в почве и параметрами тест-культур выявлено наибольшее количество связей ( $r = -0,90-0,97$ ) между длиной побега, корня кресс-салата и концентрацией в почвенном покрове свинца, цинка.

Таблица 6

**Фитотоксичность почвенных проб**

Номер образца	Район исследования	Всхожесть, %			Градация фитотоксичности [12]
		Рапс	Кресс-салат	Пшеница	
1	ул. Минусинская, 14	30 (3)	70 (2)	33 (2)	2 – слабое загрязнение; 3 – среднее загрязнение
3	ул. Сурикова, 54	30 (3)	100 (1)	93 (1)	1 – загрязнение отсутствует; 3 – среднее загрязнение
5	ул. Тельмана, 18	27 (3)	100 (1)	87 (2)	1 – загрязнение отсутствует; 2 – слабое загрязнение; 3 – среднее загрязнение
7	ул. Матросова, 6	60 (2)	87 (2)	93 (1)	1 – загрязнение отсутствует; 2 – слабое загрязнение;
8	ул. Кутузова, 92	80 (2)	90 (1)	93 (1)	1 – загрязнение отсутствует; 2 – слабое загрязнение;
9	ул. Чайковского, 7	43 (3)	93 (1)	87 (2)	1 – загрязнение отсутствует; 2 – слабое загрязнение; 3 – среднее загрязнение
20	ул. Солнечная, 8	70 (2)	97 (1)	80 (2)	1 – загрязнение отсутствует; 2 – слабое загрязнение
21	ул. Красномосковская, 32 д	47 (3)	83 (2)	80 (2)	2 – слабое загрязнение; 3 – среднее загрязнение

**Выводы**

1. Выявлены превышения концентрации валовых форм свинца, цинка, кобальта на ул. Матросова и на ул. Чайковского. Обнаружено превышение предельно допустимых концентраций подвижных форм свинца, меди, никеля, цинка, марганца, кобальта на всех исследуемых участках города Красноярска, максимальные превышения – на ул. Матросова (Свердловский район) и Чайковского (Ленинский район).
  2. Наиболее фитотоксичными оказались почвенные образцы, взятые с ул. Матросова и Чайковского.
  3. Между изучаемыми районами города обнаружены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия по морфометрическим параметрам (длина побега, длина корня) тест-растений.
  4. Исходя из результатов корреляционного анализа, для экологической оценки почв методом фитоиндикации рекомендуем использовать в качестве тест-растения кресс-салат.
  5. Высокий уровень изменчивости морфометрических показателей проростков тест-культур в вариантах из загрязненных районов города свидетельствует о воздействии стрессовых факторов, возможно, связанных с техногенным загрязнением.
- Таким образом, существенное воздействие на прорастание тестируемых культур оказывает уровень техногенного загрязнения, а также видовая специфика тест-растения. Одновременно – бесспорное влияние оказывают химические свойства почв на исследуемые признаки

(всхожесть семян, морфометрические параметры растений) [2–5, 7, 10, 11, 17].

**Литература**

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2014 году». – Красноярск, 2015. – 294 с.
2. *Коротченко И.С., Мучкина Е.Я.* Тяжелые металлы в почвенном покрове и древесных растениях урбанизированной территории города Красноярска // Экология урбанизированных территорий. – 2017. – № 2. – С. 6–11.
3. *Коротченко И.С.* Влияние теплоэнергетического комплекса г. Красноярска на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки тополя бальзамического // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 8. – С. 15–20.
4. *Коротченко И.С., Тюлюш Т.С.* Применение фитотестирования при оценке загрязнения почв кадмием // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 11-3. – С. 388–391. – URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=7746> (дата обращения: 01.03.2018).
5. *Тюлюш Т.С., Коротченко И.С.* Современное состояние почвенного покрова г. Красноярска // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов / Мин-во с. х. РФ; Южно-Уральский государственный аграрный университет. – Южно-Уральск, 2016. – С. 232–234.

6. Шейджен А.Х. Биогеохимия. – Майкоп, 2003. – 1028 с.
7. Коротченко И.С. Фитотоксичность и ферментативная активность чернозема выщелоченного при загрязнении тяжелыми металлами // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 5. – С. 109–115.
8. Lin D. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth // Environmental Pollutants. – 2007. – Vol. 150. – P. 243–250.
9. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. – 2010. – Т. 1. – № 13. – С. 1–18.
10. Коротченко И.С., Кириенко Н.Н. Влияние свинца и кадмия на фитотоксичность почв рекреационной зоны г. Красноярск // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 9. – С. 114–120.
11. Хлебопрос Р.Г., Тайсенко О.В., Иванова Ю.Д. [и др.]. Красноярск. Экологические очерки. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 130 с.
12. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
13. Серегина Ю.Ю., Семенова И.Н., Кужина Г.Ш. Комплексная оценка загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова прибрежной зоны р. Белая Белорецкого района Республики Башкортостан // Живые и биокосные системы. – 2013. – № 3. – URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-4> (дата обращения: 01.03.2018).
14. Немцев С.Н. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве / Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. – М., 2017. – С. 274–279.
15. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 14 с.
16. ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – М.: Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 10 с.
17. Кусова Н.Х., Оказова З.П. Оценка состояния городских почв методом фитоиндикации // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25106> (дата обращения: 01.03.2018).
4. Korotchenko I.S., Tjuljush T.S. Primenenie fitotestirovanija pri ocenke zagraznenija pochv kadmijem // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2015. – № 11-3. – S. 388–391. – URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=7746> (дата обращения: 01.03.2018).
5. Tjuljush T.S., Korotchenko I.S. Sovremennoe sostojanie pochvennogo pokrova g. Krasnojarska // Molodye uchenye v reshenii aktual'nyh problem nauki: matly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov / Min-vo s. h. RF; Juzhno-Ural'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Juzhno-Ural'sk, 2016. – S. 232–234.
6. Sheudzhen A.H. Biogeohimija. – Majkop, 2003. – 1028 s.
7. Korotchenko I.S. Fitotoksichnost' i fermentativnaja aktivnost' chernozema vyshhelochennogo pri zagraznenii tjazhelymi metallami // Vestn. KrasGAU. – 2011. – № 5. – S. 109–115.
8. Lin D. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth // Environmental Pollutants. – 2007. – Vol. 150. – P. 243–250.
9. Lisovickaja O.V., Terehova V.A. Fitotestirovanie: osnovnye podhody, problemy laboratornogo metoda i sovremennye reshenija // Doklady po jekologicheskomu pochvovedeniju. – 2010. – Т. 1. – № 13. – S. 1–18.
10. Korotchenko I.S., Kirienko N.N. Vlijanie svinca i kadmija na fitotoksichnost' pochv rekreacionnoj zony g. Krasnojarska // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 9. – S. 114–120.
11. Hlebopros R.G., Tajsenko O.V., Ivanova Ju.D. [i dr.]. Krasnojarsk. Jekologicheskie ocherki. – Krasnojarsk: Izd-vo SFU, 2012. – 130 s.
12. Fedorova A.I., Nikol'skaja A.N. Praktikum po jekologii i ohrane okruzhajushhej sredy: ucheb. posobie. – M.: VLADOS, 2001. – 288 s.
13. Seregina Ju.Ju., Semenova I.N., Kuzhina G.Sh. Kompleksnaja ocenka zagraznenija tjazhelymi metallami pochvennogo pokrova pribrezhnoj zony r. Belaja Beloreckogo rajona Respubliki Bashkortostan // Zhivye i biokosnye sistemy. – 2013. – № 3. – URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-4> (дата обращения: 01.03.2018).
14. Nemcev S.N. Soderzhanie valovyh i podviznyh form tjazholyh metallov v pochve / Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSHA im. K.A. Timirjazeva. – M., 2017. – S. 274–279.
15. GN 2.1.7.2041-06. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v pochve. – M.: Feder. centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2006. – 14 s.
16. GN 2.1.7.2511-09 Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) himicheskikh veshhestv v pochve. – M.: Feder. centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. – 10 s.
17. Kusova N.H., Okazova Z.P. Ocenka sostojanija gorodskih pochv metodom fitoindikacii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2016. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25106> (дата обращения: 01.03.2018).

#### Literatura

1. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy Krasnojarskogo kraja v 2014 godu». – Krasnojarsk, 2015. – 294 s.
2. Korotchenko I.S., Muchkina E.Ja. Tjazhelye metally v pochvennom pokrove i drevnyh rastenijah urbanizirovannoj territorii goroda Krasnojarska // Jekologija urbanizirovannyh territorij. – 2017. – № 2. – S. 6–11.
3. Korotchenko I.S. Vlijanie teploenergeticheskogo kompleksa g. Krasnojarska na velichinu fluktuirujushhej asimetrii listovoj plastinki topolja bal'zamicheskogo // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 8. – S. 15–20.
16. GN 2.1.7.2511-09 Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) himicheskikh veshhestv v pochve. – M.: Feder. centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. – 10 s.
17. Kusova N.H., Okazova Z.P. Ocenka sostojanija gorodskih pochv metodom fitoindikacii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2016. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25106> (дата обращения: 01.03.2018).