

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 488 с.
2. Бугаков П.С., Чупрова В.В. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края. – Красноярск, 1995. – 158 с.
3. Горшков С.П. К изучению террас р. Енисей на участке от г. Красноярска до устья р. Кан // Материалы по геологии Красноярского края. – М.: Гос. геол. изд-во, 1960. – С. 115–121.
4. Докучаев В.В. Избранные сочинения. – М.: Сельхозиздат, 1963. – Т. 3. – 376 с.
5. Номоконов Л.Н. Пойменные луга Енисея. – М.: АН СССР, 1959. – 456 с.
6. Крупкин П.И. Характеристика некоторых свойств почв поймы р. Енисей // Тр. КСХИ. – Красноярск, 1962. – Т. 14. – С. 116–126.
7. Крупкин П.И., Топтыгин В.В. Рекомендации. – Красноярск, 1998. – 22 с.
8. Топтыгин В.В., Крупкин П.И., Пахтаев Г.П. Природные условия и природное районирование земледельческой части Красноярского края. – Красноярск, 2002. – 143 с.
9. Убугунов Л.Л., Убугунова В.И. Биологическая продуктивность и гумусное состояние аллювиальных почв монгольской части бассейна оз. Байкал // Почвоведение. – 1996. – № 8. – С. 972–979.
10. Яблонских Л.А. Органическое вещество аллювиальных дерновых насыщенных почв легкого гранулометрического состава Среднерусской лесостепи // Вестн. ВГУ. – 2000. – С. 156–162.
11. Ямских А.Ф. Осадконакопление и террасообразование в речных долинах Южной Сибири. – Красноярск, 1993. – 223 с.



УДК 549.25/28

И.С. Коротченко, Н.Н. Кириенко

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА «РИБАВ-ЭКСТРА» НА СТЕПЕНЬ ТОКСИЧНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ТЕСТ-РАСТЕНИЙ

В статье приведены результаты исследований, подтверждающие, что наиболее токсичным металлом для тест-растений является кадмий. Установлен ряд токсичности $Cd > Pb > Cu$. Показано, что препарат «Рибав-экстра» способствует нивелировке негативного действия токсикантов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, свинец, медь, кадмий, огурец, препарат «Рибав-экстра», посевные качества семян, биостимулятор, длина проростков и корней, биометрические показатели, тест-растение.

I.S. Korotchenko, N.N. Kiriienko

GROWTH REGULATOR «RIBAV-EXTRA» INFLUENCE ON HEAVY METALS TOXICITY DEGREE FOR TEST-PLANTS

The research results confirming that the most toxic metal for test-plants is cadmium are presented in the article. The toxicity row $Cd > Pb > Cu$ is determined. It is shown that "Ribav-extra" preparation facilitates the leveling of the toxicant negative action.

Key words: heavy metals, lead, copper, cadmium, cucumber, «Ribav-extra» preparation, seed sowing qualities, bio-stimulator, length of sprouts and roots, biometric indices, test-plant.

Введение. Развитие и функционирование промышленности, энергетики, коммунальных служб, транспорта на территории городов негативно сказывается на их экологическом состоянии. Среди большинства элементов и веществ, загрязняющих окружающую среду, в силу высокой потенциальной опасности особое место принадлежит тяжелым металлам [Ильин, 1991; Leh, 1988].

В последнее время загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами становится серьезным экологическим стрессовым фактором. Проникая в избытке в растение, тяжелые металлы замедляют ход метаболических процессов, подавляют развитие, снижают продуктивность, ухудшают качество продукции. По оценкам многих ученых, потери урожая сельскохозяйственных культур от неблагоприятных факторов

окружающей среды достигают 50–80 % их генетически обусловленной продуктивности [Коротченко, Кириенко, 2012].

Современное сельское хозяйство применяет различные способы нейтрализации негативного воздействия тяжелых металлов на растения. Все больший интерес вызывают биологически активные вещества – регуляторы роста, созданные на основе продуктов жизнедеятельности бактерий и грибов. К стимуляторам нового поколения относят биопрепарат «Рибав-экстра», представляющий собой продукт метаболизма микоризных грибов, выделенных из корней женьшеня. Действующее вещество: 0,00152 г/л L-аланин+ 0,00196 г/л L-глутаминной кислоты.

Изучение влияния поллютантов на жизнеспособность семян огурца позволяет выявить общие тенденции и специфику влияния тяжелых металлов и детоксикантов на рост растений в начальный период их онтогенеза, так как семена наиболее чутко реагируют на специфические стрессовые факторы, к которым не успело адаптироваться растение во время экогенеза [Андреюк, Иутинская, Валогурова, 1987].

Цель исследований. Изучить влияние биопрепарата «Рибав-экстра» на посевные качества семян огурца при модельном загрязнении среды тяжелыми металлами.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на базе научной лаборатории кафедры экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета.

Тест-объектами исследования служили проростки семян огурца сорта Зозуля F1, выращенные в условиях водной культуры на растворах исследуемого препарата («Рибав-экстра») и в субстрате, в который искусственно вносили соли тяжелых металлов ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) в концентрациях 1–5 ПДК по сравнению с семенами контроля.

Семена огурца замачивали в 0,3 %-й водной суспензии препарата «Рибав-экстра» в течение 3 ч, контролем служили семена, замоченные в воде, данная концентрация препарата является наиболее эффективной для растений огурца по предыдущим собственным исследованиям.

Обработанные семена проращивали в чашках Петри с фильтровальной бумагой, увлажненной водой при температуре 20–22°C. Изучен 31 опытный вариант. Повторность в каждом варианте 4-кратная по 25 шт. семян.

Результативность препарата в каждом варианте оценивалась по энергии прорастания на 3-и сутки; по всхожести семян, длине и массе проростков – на 7-е сутки [ГОСТ 12038-84 ..., 1986].

Эффект воздействия препарата «Рибав-экстра» на семена огурца (гибрид F1 Зозуля) оценивали по показателям энергии прорастания, всхожести, биометрическим характеристикам и массе проростков.

Статистическую обработку проводили при помощи пакета Microsoft Excel 97 для Windows и компьютерного пакета статистических программ «Snedecor».

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований показали, что при увеличении концентрации свинца, меди и кадмия с 1 до 5 ПДК энергия прорастания и всхожесть семян снижалась в среднем от 0,1 до 27 % (табл. 1–2). Отметим, что наибольшая токсичность наблюдалась в варианте с кадмием, так в варианте с максимальной дозой кадмия энергия прорастания снизилась до 27 %, всхожесть семян – до 22,5 %. Ионы свинца и меди оказались менее токсичны для тест-растений. Ионы свинца и меди в концентрации 5 ПДК способствовали снижению посевных качеств семян соответственно до 25 и 22 % по сравнению с контролем.

Также выявлено достоверное ($P \leq 0,01$) положительное влияние на посевные качества огурца при загрязнении свинцом, кадмием и медью (от 1 до 5 ПДК) биопрепарата «Рибав-экстра» в качестве детоксиканта тяжелых металлов. Всхожесть семян в вариантах с биопрепаратом ($P \leq 0,01$) увеличивалась примерно до 4 % по сравнению с контролем. Причем наиболее эффективное действие биопрепарат оказал при концентрации токсикантов до 3 ПДК включительно, в то же время на средах, загрязненных в дозах 4 и 5 ПДК, увеличение посевных качеств оказалось до 2 % по сравнению с контролем.

В целом из данных табл. 1–2 видно, что наилучший вариант предпосевной обработки семян получен при загрязнении среды медью в концентрации 1 ПДК. В этом случае отмечаются наиболее высокие значения энергии прорастания и всхожести семян.

Таблица 1

Влияние тяжелых металлов и биопрепарата на энергию прорастания семян огурца, %

Me	Контроль	Вариант опыта (Ме 1...5 ПДК)				
		1 ПДК	2 ПДК	3 ПДК	4 ПДК	5 ПДК
	77,5±2,40					
Pb	Б/Б	74,3±0,83**	70,6±0,43**	68,4±0,42*	60,5±0,51*	58,3±0,63*
	Б-0,3 %	77,4±0,52	72,3±0,61**	71,5±0,37**	65,3±0,4*	60,6±0,4*
Cu	Б/Б	75,1±0,52	73,2±0,41**	72,8±0,61**	63,1±0,34*	58,7±0,51*
	Б-0,3 %	78,2±0,44	75,6±0,33	74,3±0,73**	68,5±0,52*	61,4±0,74*
Cd	Б/Б	70,5±0,53*	67,4±0,62*	62,6±0,43*	58,2±0,4*	56,5±0,4*
	Б-0,3 %	74,3±0,43**	70,5±0,72**	68,4±0,42*	62,1±1,04*	58,3±1,31*

* Значения достоверны при $P \leq 0,01$; ** Значения достоверны при $P \leq 0,05$.

Примечание: Ме – металл; Б/Б – без биопрепарата; Б-0,3 % – биопрепарат 0,3 %-й водной суспензии препарата «Рибав-экстра».

Таблица 2

Влияние тяжелых металлов и биопрепарата на лабораторную всхожесть семян огурца, %

Me	Контроль	Вариант опыта (Ме 1...5 ПДК)				
		1 ПДК	2 ПДК	3 ПДК	4 ПДК	5 ПДК
	84,0±0,71					
Pb	Б/Б	75,3±0,51*	73,5±0,58*	70,3±0,54*	68,3±0,72*	66,5±0,52*
	Б-0,3%	77,4±0,73**	75,7±0,62*	80,1±0,75**	70,5±0,75*	67,3±0,65*
Cu	Б/Б	78,6±0,42**	74,3±0,54*	79,5±0,52**	68,3±0,37*	67,1±0,34*
	Б-0,3%	84,8±0,64	77,4±0,75**	81,6±0,67	71,5±0,65*	68,2±0,53*
Cd	Б/Б	74,6±0,48*	73,2±0,77*	70,6±0,62*	68,2±0,67*	65,1±0,78*
	Б-0,3%	76,5±0,34*	75,6±0,65*	73,2±0,71*	71,4±0,65*	69,3±0,64*

* Значения достоверны при $P \leq 0,01$; ** Значения достоверны при $P \leq 0,05$.

Примечание: Ме – металл; Б/Б – без биопрепарата; Б-0,3 % – биопрепарат 0,3 %-й водной суспензии препарата «Рибав-экстра».

Установлено, что исследуемые металлы негативно воздействуют на посевные качества семян. Во всех вариантах с увеличением доз свинца, меди и кадмия происходит снижение изучаемых параметров, причем это изменение в зависимости от концентрации металла отличается и носит линейный характер.

Таким образом, обработка семян огурца биостимулятором оказала положительное воздействие на изучаемые параметры. Наибольшие энергия прорастания и всхожесть семян отмечались при концентрации ионов меди 1 ПДК и обработке семян биостимулятором соответственно 78,2 и 84,8 %.

Активность формирования листового аппарата является показателем интенсификации процесса фотосинтеза. Это в свою очередь снабжает растение сахарами, аминокислотами, которые впоследствии из листьев оттекают в генеративные органы, обеспечивая накопление полезных веществ в семенах, и повышая их качество. Следовательно, чем больше количество листьев, тем большее количество ассимилятов в результате фотосинтеза в них образуется и поступает в семена. Возрастание объема и массы корней приводит к интенсификации их поглотительной способности и синтетической деятельности, интенсификации процессов массопереноса ионов и питательных веществ по растению, что способствует интенсивному росту побега, закладке и формированию новых органов [Беликов, 1963].

Поэтому были изучены длина проростков, длина корней и масса проростков семян огурца на 7-е сутки после замачивания. Судя по биометрическим показателям и массе проростков, обработка семян препаратом «Рибав-экстра» стимулирует их рост относительно контрольных значений во всех вариантах (рис. 1–3, табл. 3).

Наибольший положительный эффект воздействия водного раствора препарата отмечается при загрязнении среды медью. Так, длина побегов проростков при концентрации меди 1–2 ПДК составляла 67,4–

68,7 мм, длина корней проростков – 65,3–66,5 мм. Очевидно, что ионы меди в дозе 1–2 ПДК оказали стимулирующее действие на морфометрические параметры проростков огурца.

Выявлены отрицательные зависимости между содержанием свинца в среде и длиной побегов ($y=-2,5143x+63,1$), корней проростков тест-растений ($y=-3x+66,36$), соответственно меди – $y=-2,9057x+70,58$ и $y=-2,42x+67,287$ и кадмия – $y=-2,7514x+61,913$, $y=-3,2371x+65,18$, которые аппроксимируются прямыми линиями с высокими степенями достоверности ($R^2=0,66-0,98$).

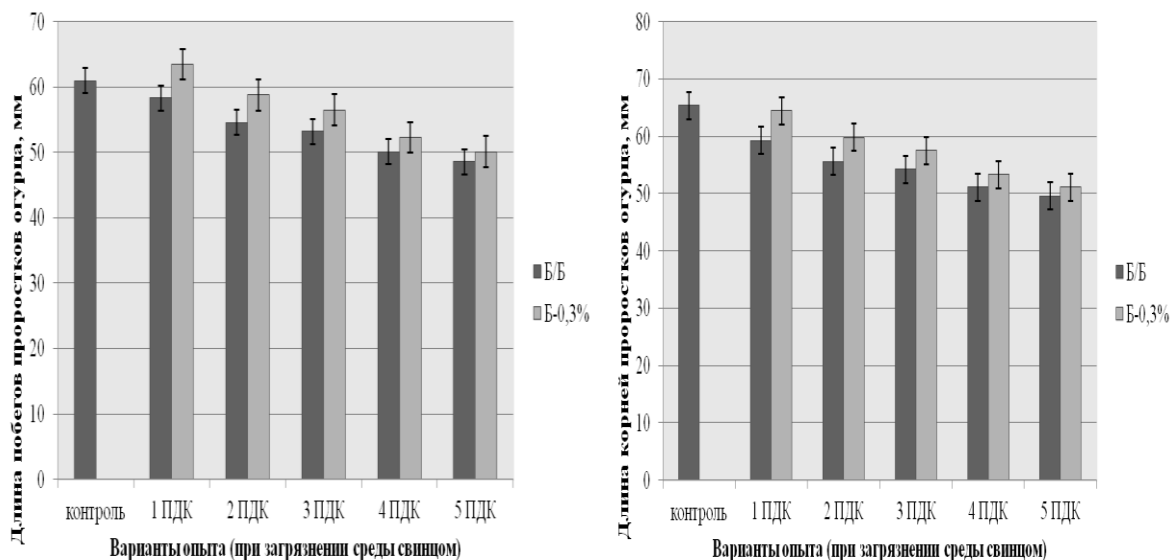


Рис. 1. Влияние свинца и препарата «Рибав-экстра» на длину побегов (слева) и длину корней проростков тест-растений (справа), мм (здесь и далее: Б/Б – без биопрепарата; Б-0,3 % – биопрепарат 0,3 %-й водной суспензии препарата «Рибав-экстра»)

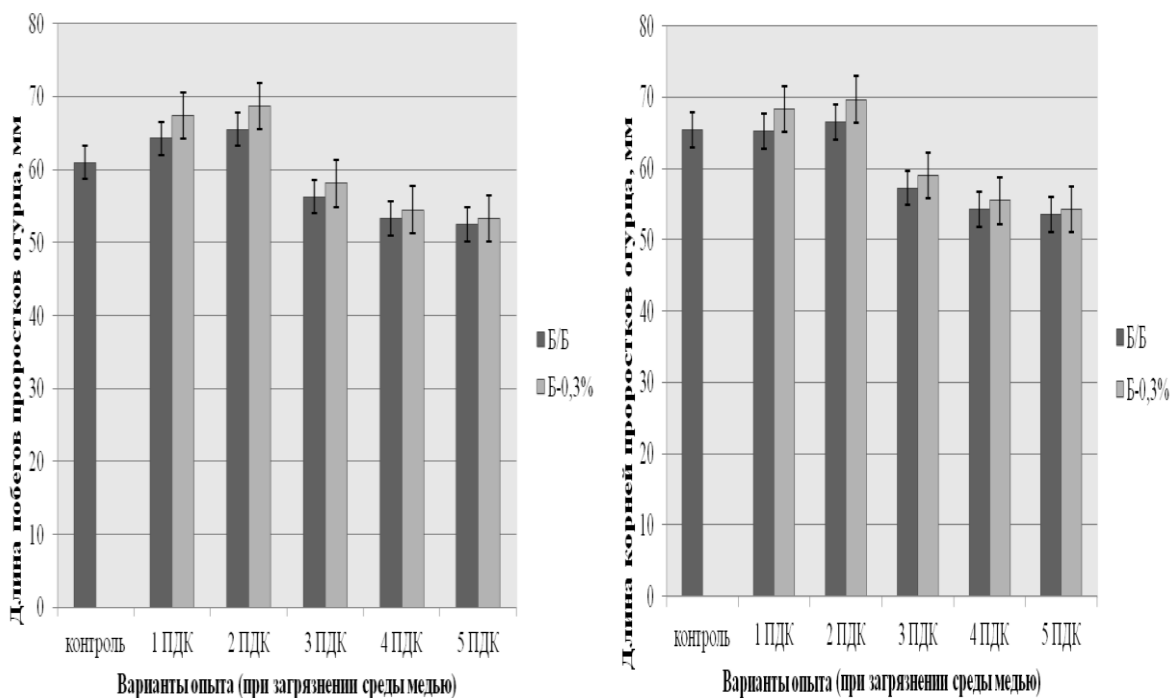


Рис. 2. Влияние меди и препарата «Рибав-экстра» на длину побегов (слева) и длину корней проростков тест-растений (справа), мм

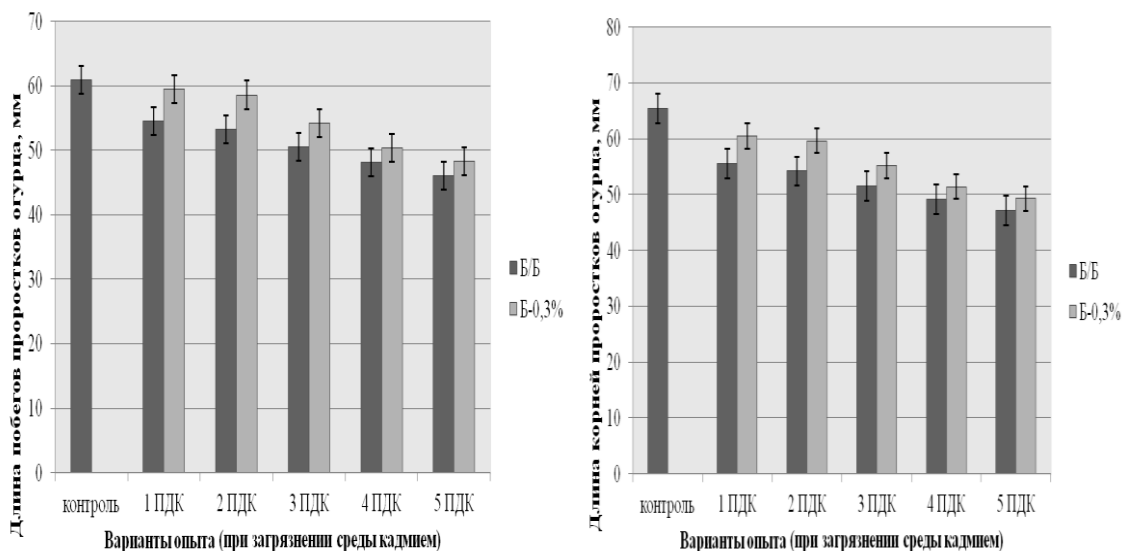


Рис. 3. Влияние кадмия и препарата «Рибав-экстра» на длину побегов (слева) и длину корней проростков тест-растений (справа), мм

Максимальные значения длины надземной части и корней, а также массы проростка, отмечаются при обработке биопрепаратом и концентрации меди 2 ПДК. Так, в этом варианте длина побегов проростков была выше контроля на 12,6 %, длина корней – на 6,5 %.

Таблица 3

Влияние тяжелых металлов и препарата «Рибав-экстра» на массу проростков, мг

Me	Контроль	Вариант опыта (Me 1...5 ПДК)				
		1 ПДК	2 ПДК	3 ПДК	4 ПДК	5 ПДК
	57,0±0,81					
Pb	Б/Б	56,3±0,74	54,5±0,82	52,7±0,73**	50,9±0,75**	48,6±0,85*
	Б-0,3%	60,6±0,55	58,7±0,67	54,8±0,56	52,1±0,68**	49,3±0,64*
Cu	Б/Б	60,1±0,62**	59,3±0,53	55,4±0,81	52,7±0,62**	48,3±0,63*
	Б-0,3%	65,4±0,81*	63,5±0,84*	58,7±0,56	55,3±0,55	50,2±0,87**
Cd	Б/Б	54,3±0,76	52,5±0,63**	50,6±0,75**	48,3±0,67*	47,9±0,54*
	Б-0,3%	58,3±0,54	56,8±0,57	52,7±0,86**	49,1±0,81*	48,3±0,69*

* Значения достоверны при $P \leq 0,01$; ** Значения достоверны при $P \leq 0,05$.

Примечание: Me – металл; Б/Б – без биопрепарата; Б-0,3 % – биопрепарат 0,3 %-й водной суспензии препарата «Рибав-экстра».

Таким образом, лабораторная оценка воздействия загрязнения среды тяжелыми металлами на посевные качества семян, биометрические характеристики и массу проростков огурца показала их негативное влияние. Выявлено, что наиболее токсичным металлом является кадмий. Был установлен следующий ряд токсичности – Cd > Pb > Cu. Использование биостимулятора «Рибав-экстра» положительно повлияло на прорастание и всхожесть семян, рост и развитие проростков огурца при загрязнении среды свинцом, кадмием и медью.

Литература

1. Андреев Е.И., Иутинская Г.А., Валогурова Е.В. Иерархическая система биоиндикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Почвоведение. – 1987. – № 12. – С. 1491–1496.

2. Беликов И.Ф. Распределение продуктов ассимиляции у сои в онтогенезе // Физиология сои и картофеля на Дальнем Востоке. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 3–61.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 29 с.
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
5. Коротченко И.С., Кириенко Н.Н. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва-растение» в лесостепной зоне Красноярского края / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 250 с.
6. Leh H.O. Schwermetallgehalte verschiedener Gemusepflanzen und Möglichkeit zu deren Verminderung durch ackerbauliche Massnahmen // Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienst. – 1988. – Vol. 40. – № 6–7. – P. 106–112.



УДК 630.86+636.087

С.В. Соболева, Л.И. Ченцова, И.С. Почекутов

ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И КОРЕ ТОПОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКА

В статье приведены результаты исследований четырех микрорайонов г. Красноярска, наиболее загрязненных тяжелыми металлами. Показана динамика распределения их в почве и в коре тополя с учетом сезона года.

Ключевые слова: кора тополя, тяжелые металлы, атмосфера, загрязнение почвы, Красноярск.

S.V. Soboleva, L.I. Chentsova, I.S. Pochekutov

THE RESEARCH OF THE HEAVY METAL ACCUMULATION IN THE SOIL AND POPLAR BARK IN THE KRASNOYARSK CITY TERRITORY

The research results of four Krasnoyarsk city micro-districts that are most polluted by heavy metals are given in the article. The dynamics of their distribution in the soil and the poplar bark taking into account the year season is shown.

Key words: poplar bark, heavy metals, atmosphere, soil pollution, Krasnoyarsk.

Введение. Антропогенное загрязнение атмосферы и почвы является причиной многих негативных процессов, происходящих в городских экосистемах. Среди специфических загрязняющих веществ в воздушном бассейне г. Красноярска важное место занимают тяжелые металлы, большинство которых относится к первому и второму классам опасности. Их негативное влияние на человека проявляется не только в прямом воздействии высоких концентраций, но и в отдаленных последствиях, связанных со способностью многих металлов накапливаться в организме [1].

Металлы содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов в атмосферу и являются техногенными загрязнителями окружающей среды. Распределение этих элементов в различных компонентах окружающей среды неравномерно, они накапливаются в атмосфере, гидросфере и почве, фиксируются в растениях и живых организмах [2]. Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех городах [3]. Следует отметить, что официально принятой методикой расчета загрязнения атмосферы промышленными выбросами является ОНД-86, предназначенная для вычисления максимальных разовых концентраций $C_{\text{мр}}$ загрязняющих веществ в приземном слое [4]. Помимо основных, есть дополнительные (биоиндикационные) методы оценки загрязнения атмосферного воздуха, они являются хорошим дополнением к применяемым стандартным способам мониторинга окружающей среды [5]. Такие растения, как тополь черный, тополь пирамидальный, липа мелколистная, каштан конский, береза повислая, концентрируют в своей коре от 15 до 25 ПДК тяжелых металлов, таких, как Cd, Ni, Zn, Cu и Fe, и могут быть использованы для мониторинга загрязнения атмосферы горо-