

УДК 504.5:631.4

С. П. ВЫСОЦКИЙ^а, О. В. ФРУНЗЕ^б^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,

ТЕХНОЛОГИЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ДЕКОРАТИВНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ

Аннотация. Представлены основные механизмы фиторемедиации загрязненных урбанизированных территорий. Исследована эффективность технологии фиторемедиации почв, загрязненных ионами кобальта, марганца и хрома, некоторыми видами декоративных травянистых растений. Изучена динамика изменения концентрации ионов кобальта, марганца и хрома в почве в условиях металлопрессинга. На основании полученных данных выявлены виды-гипераккумуляторы тяжелых металлов – *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L., которые, благодаря своей превосходной приспособляемости на деградированной, загрязненной тяжелыми металлами почве, обладают высоким уровнем накопления биомассы, высокой сорбционной способностью, что дает возможность рекомендовать данные виды к использованию в технологии восстановления почв, загрязненных ионами тяжелых металлов.

Ключевые слова: фиторемедиация, урбанизированные территории, тяжелые металлы, сорбционная способность, декоративные травянистые растения.

Районы, расположенные в непосредственной близости от металлургических предприятий и автомагистралей с интенсивным автомобильным трафиком, подвергаются воздействию высоких концентраций большого количества загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов [2, 3]. Тяжелые металлы, называемые потенциально токсичными элементами, вызывают деградацию ризосферного слоя почвы и представляют серьезную угрозу для пищевой цепи растений, животных и человека. Основным источником данных поллютантов в почве является интенсивная добыча полезных ископаемых, промышленная деятельность, транспорт, энергетика и сельское хозяйство [4].

Тяжелые металлы первоначально накапливаются в верхних слоях почвы, не вызывая видимых изменений, или они слишком медленные, чтобы быть замеченными. Изменения в почве становятся очевидными, когда происходит разрушение растительности и трансформация всей поверхности почвы в пустоши [1].

Ионы тяжелых металлов, выбрасываемые промышленными предприятиями, сначала не наносят вред растениям, но их отрицательные эффекты раскрываются в последующих звеньях трофической цепи. Почвенная среда имеет ограниченную защитную способность от выбросов тяжелых металлов. Кроме того, с течением времени происходит накопление данных поллютантов в почве и увеличение поглощения тяжелых металлов растениями.

Токсичность тяжелых металлов для растений зависит от типа металла, его формы содержания в почве. Некоторые из них ингибируют образование хлорофилла, тем самым снижая эффективность фотосинтеза и, следовательно, приводя к уменьшению роста растений. Биохимическая роль металлов в основном связана с процессом белкового обмена, транспортными элементами и веществами как на уровне клеток и органов, так и с активностью ферментов (особенно участвующих в процессах окисления и восстановления) [5, 6].

Накопление тяжелых металлов происходит с повышением трофического уровня в экосистеме. Перемещение каждого элемента на более высокий трофический уровень пищевой цепи ограничено функционированием биологических барьеров. Однако в случае слишком высокой концентрации

элементов влияние этих барьеров ослабляется, что связано с потенциальным риском негативного воздействия на окружающую среду и особенно на здоровье человека. Чаще всего тяжелые металлы попадают в организм животных и человека вместе с пищей. Ионы тяжелых металлов вызывают изменения в синтезе белка и нарушении синтеза АТФ, что приводит к повреждению клеточной мембраны и мембран органелл. Некоторые из металлов вызывают почечную дисфункцию, репродуктивную дисфункцию и нарушение усвоения кальция. Тяжелые металлы чрезвычайно опасны для здоровья в связи с их накоплением в организме человека и животных [1, 8, 9, 10].

Самоочищение в случае ионов тяжелых металлов, содержащихся в почве, практически невозможно из-за их относительно низкой реакционной способности (например, время инактивации ионов свинца в почве оценивается в несколько сотен лет). Быстрая и точная очистка почв от тяжелых металлов возможна только с помощью так называемых жестких технических методов, которые могут быть небезопасны для окружающей среды. В отличие от них, фиторемедиация почвы – это недорогая и экологически чистая технология восстановления деградированных территорий [11, 12].

Около 500 видов растений являются гипераккумуляторами. Среди них выделяют значительное количество декоративных травянистых растений [7]. Идеальные для фиторемедиации растения должны обладать способностью накапливать высокие концентрации металла, выдерживать высокие концентрации соли, обладать большой скоростью роста, быстро накапливать биомассу, эффективно накапливать металл в надземных частях, простотой уборки урожая [8].

Поэтому целью нашей работы было исследовать эффективность технологии фиторемедиации почвы, загрязненной ионами кобальта, марганца и хрома, некоторыми видами декоративных травянистых растений.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ И СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

На территории Донецкой области преобладают плодородные типичные, обыкновенные и среднегумусные черноземы, на юге и юго-западе – малогумусные. Практически все почвы области (более 95 %) относятся к классу техногенно измененных в результате интенсивной промышленной и сельскохозяйственной деятельности. Для почв городов региона характерны: очаговая загрязненность тяжелыми металлами и нефтепродуктами, нарушение кислотно-щелочного баланса и физико-механических свойств (пониженная влагоемкость, повышенная уплотненность грунта, каменистость), наличие включений строительного и бытового мусора, низкое содержание в почвах питательных элементов, что связано с интенсивной техногенной нагрузкой [4].

Полевой эксперимент проводили в зоне влияния металлургического завода ТЗНТС г. Тореза Донецкой области. Параметры почвы и концентрацию ионов кобальта, марганца и хрома в почве сухой биомассе декоративных травянистых растений определяли в течение четырех вегетационных периодов. Исследования показали, что на исследованной территории преобладают малогумусные черноземы, характеризующиеся низкой влажностью и низким значением рН (таблица).

Таблица – Биохимическая характеристика почвы опытного участка

Параметр	M±m
Влажность [%]	17,96±1,32
рН в H ₂ O	5,15–5,25
рН в 1М KCl	4,64–4,79
Гуминовые кислоты [%]	0,89±0,01
С всего [г/кг]	11,38±1,12
N [мг/кг]	675,00±15,12
Р доступно [мг/кг]	23,96±0,78
Р всего [мг/кг]	75,33±5,22
Со [мг/кг]	14,47±0,27
Mn [г/кг]	5,740±2,00
Cr [мг/кг]	10,25±0,12

Для проведения эксперимента были использованы декоративные травянистые растения: *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica naps* L., *Dahlia variabilis* Desf., *Echinacea purpurea*, *Cosmos sulphureus* Cav., *Agrostemma githago* L., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L., *Calendula officinalis* L., *Petunia Hybrida Grandiflora*, *Silene coeli rosa*, *Phacelia tanacetifolia* L., *Zinnia aqmustifolia* H., *Tagetes erectus* L., *Savkia splendens*.

Полевые исследования проводились в 2014–2018 году. В апреле 2014 года были созданы два исследовательских участка: первый – на расстоянии 800 метров к северо-востоку от металлургического завода на участке площадью 40 м² (участок № 1); второй – участок площадью 40 м² был сформирован в качестве контроля (условно незагрязненная почва) на территории Донецкого ботанического сада (рис. 1).



Рисунок 1 – Полевой эксперимент: а) полевой эксперимент на территории ботанического сада (контроль); б) полевой эксперимент возле металлургического завода.

На обоих участках исследования в течение четырех лет в апреле высевали исследованные виды декоративных травянистых растений, осенью растения извлекали вместе с корневой системой, отбирались образцы почвы и растительного материала. В отобранных образцах почвы и растительного материала определяли содержание ионов кобальта, марганца и хрома.

Содержание марганца, кобальта и хрома в растительном и почвенном материале определяли по методу атомно-адсорбционной спектроскопии по В. Прайсу на атомно-адсорбционном спектрофотометре Сатурн-3. Полученные данные обрабатывали статистически с помощью специально разработанных программ.

Анализ содержания ионов тяжелых металлов в почве опытного участка показал высокий уровень ионов кобальта, превышающий ПДК данного металла в несколько раз (таблица). В течение полевого эксперимента были зафиксированы достоверные изменения концентрации кобальта, в почве опытного участка в течение всех четырех вегетационных периодов выращивания растений, которые зависели как от видовой специфики растений, так и от природы металла (рис. 2).

Так, при выращивании устойчивых к загрязнению, обладающих высоким уровнем накопления биомассы проростков *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L. на 2-й вегетационный период наблюдалось достоверное снижение в почве опытного участка ионов кобальта на 4,1...15,6 %. В конце 3-го вегетационного периода концентрация кобальта уменьшилась на 10,9...17,0 %, в сравнении с первичными данными начала опыта. На 4-й вегетационный период концентрация в почве ионов кобальта снизилась на

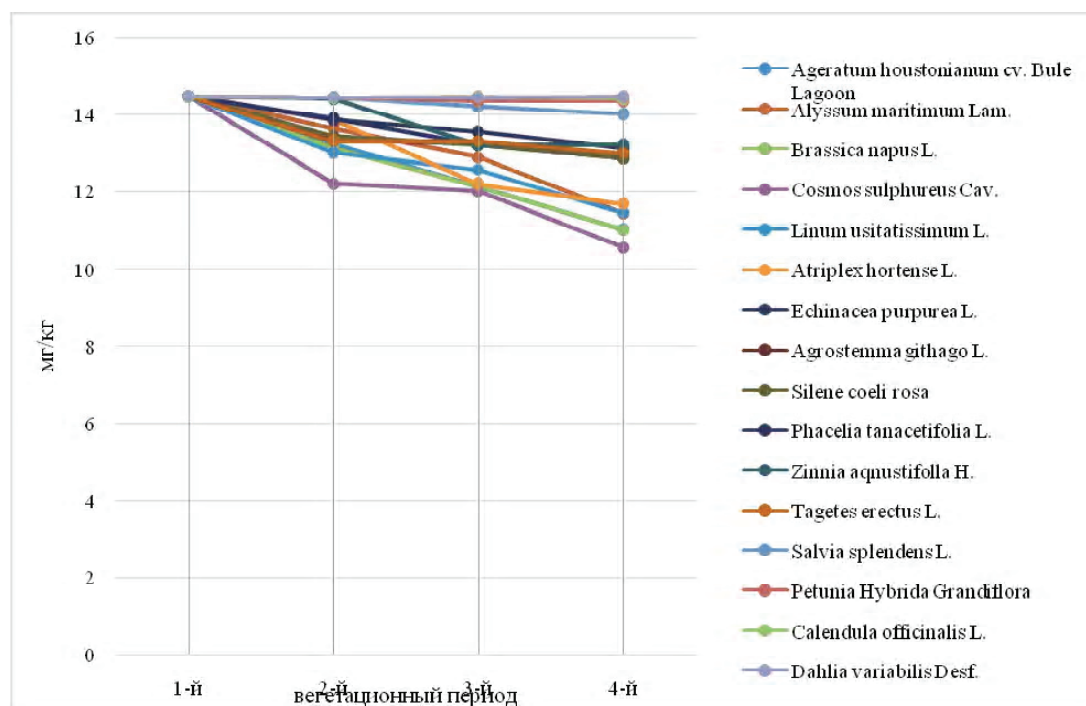


Рисунок 2 – Изменение концентрации Co^{2+} в почве, подверженной фиторемедиации с помощью декоративных травянистых растений.

19,2...27,0 %. На контрольном участке так же было отмечено достоверное снижение ионов кобальта при высадке проростков *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L., что говорит об их высокой ремедиационной и сорбционной способности.

При выращивании на опытном участке толерантных к загрязнению проростков *Echinacea purpurea* L., *Agrostemma githago* L., *Silene coeli rosa*, *Phacelia tanacetifolia* L., *Zinnia aqmustifolla* H., *Tagetes erectus* L. на 2-й вегетационный период так же было отмечено снижение ионов кобальта на 0,4...7,9 %. На 3-й вегетационный период концентрация поллютанта снизилась на 6,4...8,7 %, а на 4-й – на 9,3...11,1 %, в сравнении с данными 1-го вегетационного периода. На контрольном участке так же наблюдалось снижение концентрации кобальта на 3...12 %.

Другая тенденция наблюдалась при выращивании на опытном участке чувствительных к загрязнению почвы проростков *Sakvia splendens* L., *Petunia Hybrida Grandiflora*, *Calendula officinalis* L., *Dahlia variabilis* Desf. Во 2-й вегетационный период практически не было отмечено изменения концентрации ионов кобальта в почве. На 3-й и 4-й вегетационный период на участке выращивания *Sakvia splendens* L. и *Petunia Hybrida Grandiflora* наблюдали некоторое снижение концентрации ионов кобальта, но данные изменения не были статистически достоверны. Аналогичная картина наблюдалась и при выращивании данных растений на контрольном участке.

Анализ почвы опытного участка на содержание тяжелых металлов показал высокий уровень ионов марганца, превышающий ПДК данного металла в несколько раз. При выращивании на данной территории исследованных видов растений были получены следующие результаты. Так, при выращивании устойчивых к загрязнению проростков *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L. на 2-й вегетационный период наблюдалось достоверное снижение в почве опытного участка ионов марганца на 14,7...23,1% (рис. 3). Высокие показатели снижения концентрации марганца в почве могут быть обусловлены тем, что данный металл необходим для биохимических процессов растений (необходим для фотосистемы II), следовательно, поглощается проростками в больших количествах. В конце 3-го вегетационного периода концентрация марганца в почве уменьшилась на 30,5...45,0 %, в сравнении с первичными данными начала опыта. На 4-й вегетационный период концентрация в почве ионов марганца снизилась на 49,6...60,7%. На контрольном участке также было отмечено достоверное снижение ионов марганца при высадке проростков *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L. на 9...48,3 %.

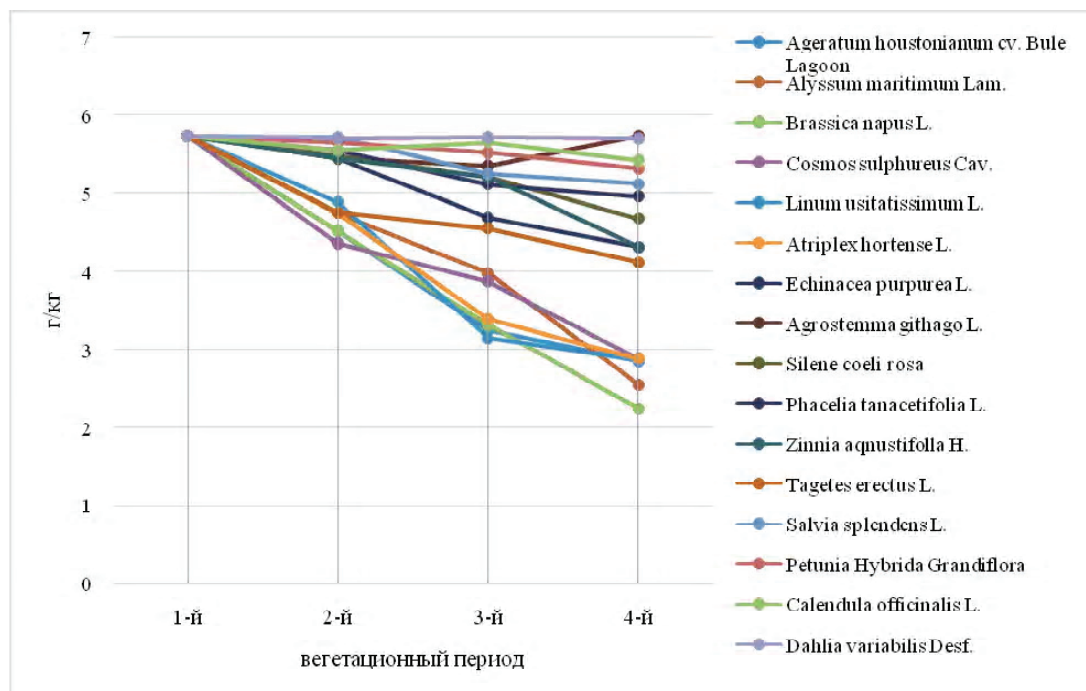


Рисунок 3 – Изменение концентрации Mn^{2+} в почве, подверженной фиторемедиации с помощью декоративных травянистых растений.

При выращивании на опытном участке толерантных к загрязнению проростков *Echinacea purpurea* L., *Agrostemma githago* L., *Silene coeli rosa*, *Phacelia tanacetifolia* L., *Zinnia aqmustifolla* H., *Tagetes erectus* L. на 2-й вегетационный период было отмечено незначительное снижение ионов марганца на 3,1...17,1 %. На 3-й вегетационный период концентрация поллютанта снизилась на 6,6...8,5 %, а на 4-й – на 13,4...28 % в сравнении с данными 1-го вегетационного периода. На контрольном участке также наблюдалось снижение концентрации марганца.

При выращивании на опытном участке чувствительных к загрязнению почвы проростков *Salvia splendens* L., *Petunia Hybrida Grandiflora*, *Calendula officinalis* L., *Dahlia variabilis* Desf. Во 2-й вегетационный период практически не было отмечено изменения концентрации ионов марганца в почве. На 3-й и 4-й вегетационный период на участке выращивания *Salvia splendens* L. и *Petunia Hybrida Grandiflora* наблюдали некоторое снижение концентрации ионов марганца, но данные изменения не были статистически достоверны. Аналогичная картина наблюдалась и при выращивании данных растений на контрольном участке.

Анализ почвы опытного участка на содержание тяжелых металлов показал высокий уровень ионов хрома, превышающий ПДК данного металла. Во время контролируемого процесса фиторемедиации, проводимого в полевых условиях, получили следующие результаты (рис. 4).

При выращивании устойчивых к загрязнению проростков *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L. на 2-й вегетационный период наблюдалось достоверное снижение в почве опытного участка ионов хрома на 6,3...10,8 %. В конце 3-го вегетационного периода концентрация хрома в почве уменьшилась на 13,5...27 %, в сравнении с первичными данными начала опыта. На 4-й вегетационный период концентрация в почве ионов хрома снизилась на 43,6...48,7 %. На контрольном участке также было отмечено достоверное снижение ионов хрома при выращивании проростков *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L.

При выращивании на опытном участке толерантных к загрязнению проростков *Echinacea purpurea* L., *Agrostemma githago* L., *Silene coeli rosa*, *Phacelia tanacetifolia* L., *Zinnia aqmustifolla* H., *Tagetes erectus* L. на 2-й вегетационный период было отмечено незначительное снижение ионов хрома на 3,1...15,1 %. На 3-й вегетационный период концентрация поллютанта снизилась на 5,6...7,7 %, а на 4-й – на 11,4...15 % в сравнении с данными 1-го вегетационного периода. На контрольном участке также наблюдалось снижение концентрации хрома.

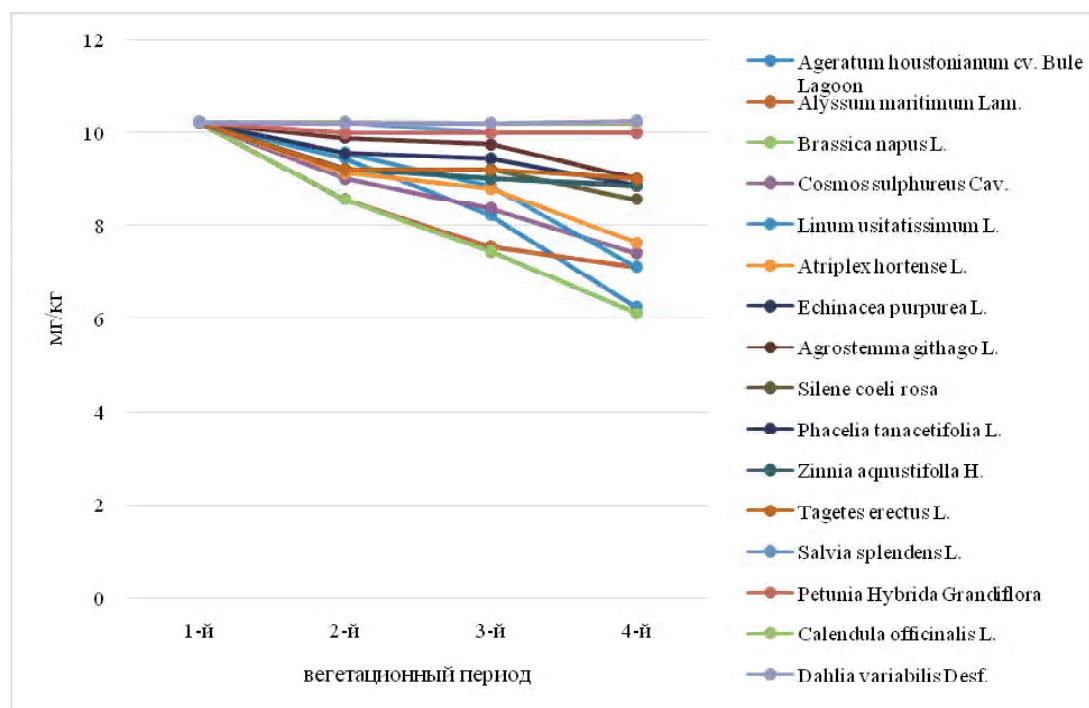


Рисунок 4 – Изменение концентрации Cr^{2+} в почве, подверженной фиторемедиации с помощью декоративных травянистых растений.

При выращивании на опытном участке чувствительных к загрязнению почвы проростков *Salvia splendens* L., *Petunia Hybrida Grandiflora*, *Calendula officinalis* L., *Dahlia variabilis* Desf. Во 2-й вегетационный период не отметили достоверного изменения концентрации ионов хрома в почве. На 3-й и 4-й вегетационный период наблюдали некоторое снижение концентрации ионов хрома, но данные изменения не были статистически достоверны. Аналогичная картина наблюдалась и при выращивании данных растений на контрольном участке.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что устойчивые к загрязнению почвы проростки *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L. Благодаря своей превосходной приспособляемости, даже на деградированной, загрязненной тяжелыми металлами почве опытного участка обладали высоким уровнем накопления биомассы, не было отмечено достоверных фактов угнетения ростовых процессов. Во время контролируемого процесса фиторемедиации, проводимого в полевых условиях, была отмечена их высокая сорбционная способность, что дает возможность рекомендовать данные виды к использованию в технологии восстановления почв, загрязненных ионами тяжелых металлов.

Толерантные к загрязнению *Echinacea purpurea* L., *Agrostemma githago* L., *Silene coeli rosa*, *Phacelia tanacetifolia* L., *Zinnia aqunustifolla* H., *Tagetes erectus* L. не показали сорбционную способность, достаточную для их использования в технологии фиторемедиации.

Чувствительные к загрязнению почвы проростки *Salvia splendens* L., *Petunia Hybrida Grandiflora*, *Calendula officinalis* L., *Dahlia variabilis* Desf. нельзя рекомендовать для использования в технологии фиторемедиации по причине их низкой сорбционной способности и значительного угнетения накопления биомассы в условиях металлопрессинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация [Текст] : монография / В. А. Большаков, Н. М. Краснова, Т. И. Борисочкина, С. Е. Сорокин и др. – М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1993. – 91 с.

2. Пути решения проблем экологической безопасности автотранспорта [Текст] / С. П. Высоцкий, Н. В. Игнатенко, Н. А. Столярова // Экологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу : II регіональна наукова конференція аспірантів і студентів (26–27 квітня 2011 р., Донецьк), 2011. – Донецьк : [б. и.]. – С. 16–18
3. Пути снижения влияния автотранспорта на окружающую среду [Текст] / С. П. Высоцкий, Н. А. Столярова, А. В. Фаткулина, К. С. Широких // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : науково-виробничий збірник. – 2012. – № 1(14). – С. 139–145.
4. Гуральчук, Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії [Текст] / Ж. З. Гуральчук. – К. : Логос, 2006. – 208 с.
5. Давыдова, С. Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века [Текст] / С. Л. Давыдова. – М. : Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
6. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение [Текст] / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.
7. Фрунзе, О. В. Содержание кобальта и марганца в проростках декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения [Электронный ресурс] / О. В. Фрунзе, М. Н. Конопленко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. – № 3–4. С. 132–136. – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=32652586>.
8. Glick, B. R. Phyto remediation: synergistic use of plants and bacteria to cleanup the environment [Text] / B. R. Glick // Biotechnology Advances. – 2010. – Vol. 21. – N 5. – P. 383–393.
9. Dispersal pattern of airborne emissions from an aluminum smelter in Ouro Preto, Brasil, as expressed by foliar fluoride accumulation in eight plant species [Text] / A. M. D. Junior, M. A. Oliva, F. A. Ferreira // Ecological Indicators. – 2012. – Vol. 8. – N 5. – P. – 454–461.
10. Assessment of Landfill Leachate Volume and Concentration of Cyanide and Fluoride during Phytoremediation [Text] / D.-H. Kang, D. Tsao, F. Wang-Cahill, S. Rock and etc. // Bioremediation Journal. – 2012. – Vol. 12. – N 1. – P. 32–45.
11. Kramer, U. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils [Text] / U. Kramer // Current Opinion in Biotechnology. – 2008. – Vol. 16. – N 2. – P. 133–141.
12. Pilon-Smits, E. Phytoremediation of Metals Using Transgenic Plants [Text] / E. Pilon-Smits, M. Pilon // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2014. – Vol. 21. – N 5. – P. 439–456.
13. Study on caloric values of plants in alpine meadow with different degradation degrees [Text] / J. Wen, H. K. Zhou, Z. Chen, B. Q. Yao and etc. // Pratacultural Science. – 2012. – Vol. 29. – P. 1451–1456.
14. Floral, climatic and soil pH controls on leaf ash content in China's terrestrial plants [Text] / W. X. Zan, Y. H. Chen, F. J. Zhao, L. Y. Tang and etc. // Global Ecology and Biogeography. – 2012. – Vol. 21. – P. 376–382.

Получено 09.10.2019

С. П. ВИСОЦЬКИЙ^а, О. В. ФРУНЗЕ^б
 ТЕХНОЛОГІЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІ ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ
 ҐРУНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕКОРАТИВНИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ РОСЛИН
^а ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^б ДООУ
 ВПО «Донецький національний університет»

Анотація. Представлено основні механізми фиторемедиації забруднених урбанізованих територій. Досліджено ефективність технології фиторемедиації ґрунтів, забруднених іонами кобальту, марганцю та хрому деякими видами декоративних трав'янистих рослин. Вивчено динаміку зміни концентрації іонів кобальту, марганцю і хрому в ґрунті в умовах металопресингу. На підставі отриманих даних виявлено види-гіперакумулятори важких металів – *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L., які, завдяки своїй чудовій адаптації на деградованому, забрудненому важкими металами ґрунті, мають високий рівень накопичення біомаси, високу сорбційну здатність, що дає можливість рекомендувати дані види для використання в технології відновлення ґрунтів, забруднених іонами важких металів.

Ключові слова: фиторемедиація, урбанізовані території, важкі метали, сорбційна здатність, декоративні трав'янисті рослини.

SERGEY VYSOTSKY ^a, OKSANA FRUNZE ^b
THE TECHNOLOGY OF PHYTOREMEDIATION OF SOILS CONTAMINATED
WITH HEAVY METALS USING DECORATIVE HERBACEOUS PLANTS

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Donetsk National University

Abstract. In the article it has been presented the main mechanisms of phytoremediation of contaminated urbanized areas. It has been studied the effectiveness of the technology of phytoremediation of soils contaminated with cobalt, manganese and chromium ions, by some types of ornamental herbaceous plants. It also has been studied the dynamics of changes in the concentration of cobalt, manganese and chromium ions in the soil under metal pressing conditions. Based on the obtained data, it has been identified the types of heavy metal hyper accumulators – *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Alyssum maritimum* Lam., *Brassica napus* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L., which, due to their excellent adaptability to degraded, contaminated with heavy metals, soil have a high level of biomass accumulation, high sorption capacity, which makes it possible to recommend these species for use in the technology of restoration of soils contaminated with heavy metal ions.

Key words: phytoremediation, urban areas, heavy metals, sorption ability, decorative herbaceous plants.

Высоцкий Сергей Павлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: пути решения проблем экологической безопасности. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Фрунзе Оксана Валентиновна – старший преподаватель кафедры физиологии растений ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: технология фиторемедиации почв, загрязненных ионами тяжелых металлов с помощью декоративных травянистых растений и газонных трав.

Висоцький Сергій Павлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: шляхи вирішення проблем екологічної безпеки. Екологічна безпека будівництва та міського господарства

Фрунзе Оксана Валентинівна – старший викладач кафедри фізіології рослин ДООУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: технологія фіторемедіації ґрунтів, забруднених іонами важких металів за допомогою декоративних трав'янистих рослин і газонних трав.

Vysotsky Sergey – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: ways to solve environmental safety problems. Environmental safety of construction and urban economy.

Frunze Oksana – Senior Lecturer, Plant Physiology Department, Donetsk National University. Scientific interests: phytoremediation technology of soils contaminated with heavy metal ions using ornamental herbaceous plants and lawn grasses.