Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной
 в условиях Елецкого промышленного центра

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

УДК 630*161.32:630*17:582.475

Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной в условиях Елецкого промышленного центра

Дубровина О.А.¹, Зайцев Г.А.², Зубкова Т.В.¹, Виноградов Д.В.³, Гогмачадзе Г.Д.⁴

¹Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина

²Уфимский институт биологии РАН

³Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева

⁴Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

Аннотация

Получены сведения о содержании кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной в условиях Елецкого промышленного центра. Установлено, что в условиях загрязнения содержание кобальта и никеля в вегетативных органах, в почве, подстилке выше контрольных значений. При этом их содержание увеличивается как в течение вегетационного периода, так и с увеличением возраста сосны (хвои и побегов). Отмечается неравномерное накопление металла в различных органах сосны обыкновенной.

Высокий уровень корреляции отмечен между содержанием кобальта в почве и хвое 1-го года, побегах 1-го года – ПП №1 ($r=0,86$; $r=0,78$); между содержанием кобальта в почве и коре, подстилке – ПП № 2 ($r=0,99$; $r=0,96$); между содержанием никеля в почве и хвое 1-го года, хвое 2-го года, побегами 1-го года – ПП №1 ($r=0,84$; $r=0,78$; $r=0,80$); между содержанием никеля в почве и хвое 1-го года, побегами 1-го года, коре, подстилке – ПП № 2 ($r=0,92$; $r=0,89$; $r=0,78$; $r=0,87$).

Ключевые слова: КОБАЛЬТ, НИКЕЛЬ, СОСНА ОБЫКНОВЕННАЯ, ХВОЯ, ПОБЕГИ, ПОДСТИЛКА, ПОЧВА

Введение

Количество загрязняющих веществ, поступивших в атмосферу с урбанизированных территорий, напрямую сказывается на содержании химических элементов в почвах и растительных организмах [1-5]. Из числа загрязнителей антропогенного происхождения наиболее распространенными и токсичными являются тяжелые металлы [6-9]. На территории Елецкого промышленного центра тяжелые металлы поступают в воздух с выбросами промышленных, топливно-энергетических предприятий и автотранспорта. Согласно данным государственного фонового мониторинга, объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на территории Елецкого промышленного центра в 2020 году составил около 3,5 тыс. тонн [10].

Основной лесообразующей породой в Липецкой области является сосна обыкновенная. Принимая во внимание достаточно высокий уровень загрязнения, необходимо иметь сведения, основанные на количественных показателях ТМ, в том числе кобальта и никеля, в вегетирующих органах и корневой системе сосны и их возможного вклада в снижение общего жизненного состояния древостоев.

Кобальт и никель относятся к группе тяжелых металлов второго класса опасности. Несмотря на их высокую канцерогенность, они являются биогенными элементами, необходимыми для жизни растений. Кобальт входит в состав ферментов, активизирующих окислительно-восстановительные процессы, регулирует интенсивность фотосинтеза, способствует сохранению водного баланса. Накопление элемента в растениях колеблется от 0,01 до 0,85 мг/кг сухой фитомассы, среднее содержание – 0,2 мг/кг [11].

Никель отвечает за процессы фиксации азота и является незаменимым компонентом фермента уреазы. Фототоксичное содержание никеля для большинства видов растений составляет 10-100 мг/кг сухой массы [12].

Поступление кобальта и никеля на поверхность почвы и растений осуществляется с помощью пылевых частиц, поднятых и перенесенных воздушными массами от источника загрязнения. Радиус рассеяния металла может составлять до 50 км [13, 14].

Объекты и методы

Город Елец расположен в лесостепной Черноземной зоне. Изучение аккумуляции кобальта и никеля в почве, вегетативных органах и корневой системе сосны

обыкновенной осуществлялось на заложенных пробных площадях, расположенных в пределах Елецкого промышленного центра.

ПП №1 расположена в парке 40-летия Октября с северо-восточной стороны города Елец. Общая площадь парка – 29 га. В этом районе города размещены промышленные предприятия, а вдоль окраины парка расположена федеральная трасса М-4 «Дон». Контрольная пробная площадь ПП № 2 расположена в фоновых условиях на расстоянии 20 км от промышленного центра (окрестность села Паниковец, Липецкая область). Объект исследования – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Сбор образцов осуществлялся в вегетационной динамике – с мая по август. Для устранения погрешностей в эксперименте сбор материала у одновозрастных особей со всех пробных площадей производился в течение двух дней.

Материалом для анализа служили хвоя и побеги сосны с 1-го по 3-й год, кора, корни, подстилка и почва. Отбор проб почв, вегетативных органов сосны, подстилки и корневой системы для определения содержания ТМ проводился согласно «Методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства» [15].

Минерализацию растительных проб проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657–85. Подвижные формы ТМ экстрагировали с помощью кислот (1М HNO₃). Определение ТМ в почвенных и растительных образцах проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре «Спектр-5» в пламени пропан-воздух.

Обработка результатов исследования проводилась в расчете на сухую биомассу (мг/кг) методами статистического анализа с использованием программы Excel.

Результаты исследования

Полученные аналитические данные позволили установить значительные различия в накоплении элементов в зависимости от условий произрастания.

В частности, в районе исследования, в условиях загрязнения Елецкого промышленного центра, в хвое сосны концентрация кобальта (рис. 1) увеличивается как с возрастом, так и с периодом вегетации.

Высокое содержание металла обнаружено в хвое 3-го года: 0,950-1,700 мг/кг. В

побегах 3-го года его содержание было более высоким по сравнению с побегами 1-го и 2-го годов, но концентрация практически в 1,6 раз была ниже, чем в хвое. Наивысшая аккумуляция элемента обнаружена в коре и корнях. Его значение на конец вегетации составило 1,388 мг/кг и 1,788 мг/кг, соответственно.

В условиях контроля на конец вегетации сохранилась та же тенденция накопления кобальта по органам: кора – 0,315 мг/кг; хвоя 3-го года – 0,482 мг/кг; побеги 3-го года – 0,410 мг/кг; корни – 0,496 мг/кг. В подстилке максимальное значение в условиях загрязнения отмечено в августе – 0,963 мг/кг (в контроле – 0,488 мг/кг). Содержание подвижных соединений кобальта в почвах (ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4.8) в среднем на конец вегетации в условиях загрязнения составляло 3,746 мг/кг, в контроле – 1,727 мг/кг.

Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной
 в условиях Елецкого промышленного центра

Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»

Рис. 1. Содержание кобальта в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Елецкого промышленного центра и с. Паниковец

Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной
 в условиях Елецкого промышленного центра

Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»

Установлена корреляционная связь между распределением кобальта в почве и его содержанием в органах сосны обыкновенной и подстилке (рис. 2). Высокий уровень корреляции отмечен между содержанием кобальта в почве и хвое 1-го года, побегах 1-го года – ПП №1 ($r=0,86$; $r=0,78$); между содержанием кобальта в почве и коре, подстилке – ПП № 2 ($r=0,99$; $r=0,96$).

Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной
 в условиях Елецкого промышленного центра

Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»

Рис. 2. Корреляционная связь между распределением кобальта в почве и его содержанием в органах сосны обыкновенной и подстилке (Елецкий промышленный центр)

Увеличение концентрации никеля в хвое условиях загрязнения ЕПЦ происходит закономерно ее возрасту (рис. 3). Концентрация в хвое 3-го и 2-го года составила 2,913 мг/кг и 2,100 мг/кг, соответственно.

Сравнительный анализ исследуемых органов с контрольным вариантом показал, что максимальное накопление никеля сосредоточено в побегах. К концу изучаемого периода содержание элемента в органах увеличивалось практически в 2 раза; в побегах 1-го года – с 0,936 мг/кг до 1,860 мг/кг; 2-го – с 1,025 до 2,050 мг/кг; 3-го – с 1,090 до 2,972 мг/кг. На участках относительного контроля в хвое накапливается от 0,113 мг/кг до 0,488 мг/кг элемента. В корневой системе в условиях загрязнения данный элемент накапливается в среднем до 1,852 мг/кг, в условиях контроля этот показатель не превысил

Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной
 в условиях Елецкого промышленного центра

**Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»**

0,930 мг/кг. В коре этот дисбаланс остался неизменным: 1,002 мг/кг и 0,791мг/кг, соответственно. ПДК подвижных форм никеля в почвах (ацетатно-аммонийный буферный раствор с рН 4,8) составляет 8 мг/кг. Следовательно, как в условиях загрязнения, так и на контроле содержание никеля значительно ниже ПДК.

Рис. 3. Содержание никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Елецкого промышленного центра.

Установлена корреляционная связь между распределением никеля в почве и его содержанием в органах сосны обыкновенной и подстилке (рис. 4). Высокий уровень корреляции отмечен между содержанием никеля в почве и хвое 1-го года, хвое 2-го года, побегами 1-го года – ПП №1 ($r=0,84$; $r=0,78$; $r=0,80$); между содержанием никеля в почве и хвое 1-го года, побегами 1-го года, коре, подстилке – ПП № 2 ($r=0,92$; $r=0,89$; $r=0,78$; $r=0,87$).

Установлено, что накопление изучаемых металлов в органах сосны обыкновенной по значению коэффициента биологического накопления (среднее значение за вегетационный период) находится в следующем ряду:

Кобальт: Елецкий промышленный центр – корни < кора < хвоя (3 год) < хвоя (2 год) < побеги (3 год) < хвоя (1 год) < побеги (2 год) < побеги (1 год); Паниковец – хвоя (3 год) < корни < хвоя (2 год) < побеги (3 год) < побеги (2 год) < хвоя (1 год) < кора < побеги (1 год).

Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной
 в условиях Елецкого промышленного центра

**Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»**

Никель: Елецкий промышленный центр – побеги (3 год) < хвоя (3 год) < корни < побеги (2 год) < хвоя (2 год) < побеги (1 год) < хвоя (1 год) < кора; Паниковец – корни < кора < побеги (3 год) < побеги (2 год) < хвоя (3 год) < хвоя (2 год) < побеги (1 год) < хвоя (1 год).

Рис. 4. Корреляционная связь между распределением никеля в почве и его содержанием в органах сосны обыкновенной и подстилке (Елецкий промышленный центр)

Выводы

1. В условиях загрязнения Елецкого промышленного центра установлено увеличение содержания никеля и кобальта в вегетативных органах, в почве, подстилке по сравнению с контрольными значениями. При этом содержание металлов, как правило, увеличивается как в течение вегетационного периода, так и с увеличением возраста (хвои и побегов).

2. Установлена корреляционная связь между распределением кобальта и никеля в почве и его содержанием в органах сосны обыкновенной и почве. Высокий уровень корреляции отмечен: между содержанием кобальта в почве и хвое 1-го года, побегах 1-го

года – ПП №1 ($r=0,86$; $r=0,78$); между содержанием кобальта в почве и коре, подстилке – ПП № 2 ($r=0,99$; $r=0,96$); между содержанием никеля в почве и хвое 1-го года, хвое 2-го года, побегами 1-го года – ПП №1 ($r=0,84$; $r=0,78$; $r=0,80$); между содержанием никеля в почве и хвое 1-го года, побегами 1-го года, коре, подстилке – ПП № 2 ($r=0,92$; $r=0,89$; $r=0,78$; $r=0,87$).

3. Следует отметить, что сосна обыкновенная является достаточно устойчивой древесной породой к действию загрязнения кобальта и никеля в пределах Елецкого промышленного центра.

Список использованных источников

1. Захарова О.А., Морозова Н.И., Виноградов Д.В., Мусаев Ф.А. СД и РВ в продукции растениеводства и животноводства. – Рязань: ФГБОУ ВО РГТУ, 2010. – 84 с.
2. Кузнецов Н.П., Виноградов Д.В., Фадькин Г.Н., Сальников С.В. Лесные и лесопарковые экосистемы Рязанской области // Монография. – Рязань: Изд-во ФГБОУ ВО РГТУ, 2014. – 287 с.
3. Vinogradov D., Polyakov A., Kuntsevich A. Influence of technology of growing on yield and oil chemical composition of linseed in Non-chernozem zone of Russia // Journal of Agricultural Sciences. – 2012. – Т. 57. – № 3. – С. 135-142.
4. Иванов Е.С., Виноградов Д.В., Бышов Н.В. и др. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов // Учебное пособие. – Рязань, 2019. – 308 с.
5. Виноградов Д.В., Курчевский С.М. Роль агромелиоративных приемов в улучшении основных свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы // Агропанорама. – 2013. – №6. – С. 10–12.
6. Габиров М.А., Виноградов Д.В., Бышов Н.В. Агропочвоведение // Учебник. – Рязань: РГТУ, 2018. – 326 с.
7. Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Гусев В.И. и др. Физико-химическая модель серой лесной почвы как информационной основы ее устойчивости к неблагоприятным воздействиям // В сб.: Почвы Азербайджана: генезис, мелиорация, рациональное использование и экология. Международная научная конференция. – Баку, 2012. – С. 1013–1018.
8. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П., Валько О.В., Фадькин Г.Н., Гогмачадзе Г.Д. Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в условиях Беларуси // АгроЭкоИнфо. – 2015. – № 5 (21). – http://agroecoinfo.ru/STATYI/2015/5/st_20.doc.

Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной
 в условиях Елецкого промышленного центра

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

10. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды» Липецкой области, 2019 год». – Издательство Веда социум, 2020. – 236 с.

11. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.

12. Дубровина О.А., Зубкова Т.В. Содержание пигментного фонда в однолетней хвое ели колючей (*Picea pungens*) и туи западной (*Thuja occidentalis*), произрастающих в разных функциональных зонах г. Ельца // АгроЭкоИнфо. – 2020, №3. – http://agroecoinfo.ru/STATYI/2020/3/st_315.pdf.

13. Зубкова Т.В., Дубровина О.А., Анализ содержания тяжелых металлов в однолетней хвое ели колючей (*Picea pungens*) и туи западной (*Thuja occidentalis*), произрастающих в разных функциональных зонах г. Ельца // АгроЭкоИнфо. – 2020, №3. – http://agroecoinfo.ru/STATYI/2020/3/st_316.pdf.

14. Alloway B.J., Thornton I., Smart G.A., Sherlock J.C., Quinn M.J. Metal availability // Sci Total Environ. – 1988, 75. – 41-69. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(88\)90159-3](https://doi.org/10.1016/0048-9697(88)90159-3).

15. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 107 с.

=====

Цитирование:

Дубровина О.А., Зайцев Г.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Аккумуляция кобальта и никеля в почве, подстилке и в органах сосны обыкновенной в условиях Елецкого промышленного центра [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st_224.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20212224>.