

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей №159» Советского района г. Казани.
Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
"Центр детского творчества "Танкодром" Советского района г. Казани.

МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ ВДОЛЬ АВТОДОРОГИ М7 - Н.П. САДОВЫЙ
РАИФСКОГО УЧАСТКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО
ЗАПОВЕДНИКА

Маклеев Егор
МБОУ «Лицей № 159», г. Казань, 8 класс

Научный руководитель:
к.б.н., п.д.о. МБУДО «ЦДТ «Танкодром»
Александрова Асель Биляловна

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| Глава 1. Обзор литературы..... | 4 |
| 1.1. Волжско-Камский Государственный природный биосферный заповедник. Раифский участок | 4 |
| 1.2. Почвы Раифского участка ВКГПБЗ | 5 |
| 1.3. Влияние физико-химических свойств почв на содержание металлов | 6 |
| 1.4. Влияние выбросов автотранспорта на содержание металлов в почвах | 7 |
| Глава 2. Практическая часть | 8 |
| 2.1. Объект и методы исследования..... | 8 |
| 2.2. Результаты и их обсуждение..... | 10 |
| ВЫВОДЫ | 17 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 19 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Вопрос об открытии песчаного карьера «Маевское» в переходной зоне Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ) до настоящего времени остается открытым (Реестр ..., 2019). Маевский карьер (35 га), находящийся в полукилометре от Волжско-Камского заповедника практически готов к запуску, осталось лишь перевести земли сельскохозяйственного назначения в категорию промышленных. Очевидно, что добыча песка в гигантских масштабах поставит под угрозу существование рек Сопы, Сумки и реликтовой системы родников и озер Волжско-Камского заповедника, включая Раифское озеро, а также, вследствие увеличения грузового транспортного потока, загрязнению будут подвержены почвы единственной автодороги с твердым покрытием, проходящей по территории заповедника.

Цель работы: изучить особенности распределения металлов в почвах вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый Раифского участка ВКГПБЗ

- Задачи:**
1. Изучить физико-химические свойства почв;
 2. Исследовать содержание металлов в почвах;
 3. Дать оценку содержания металлов в почвах.

Практическое применение результатов исследования состоит в том, что полученная информация о почвенном покрове может использоваться для расчета экологического ущерба в случаях нарушения природоохранного законодательства.

Результаты работы также могут быть использованы для оценки возможного **экологического риска** при установлении степени нарушенности почв в результате антропогенного влияния.

Гипотеза работы: в зависимости от удаления от автодороги содержание металлов в придорожных почвах варьирует от высокого (превышающих фоновое) до фонового содержания.

Глава 1. Обзор литературы

1.1. Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник. Раифский участок

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник был создан 13 апреля 1960 года. В 2005 году решением ЮНЕСКО Волжско-Камскому заповеднику был присвоен статус биосферной территории, а Раифский и Саралинский участки получили сертификаты резервата ЮНЕСКО. Символом Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника стал орлан-белохвост - вид, занесенный в Международную Красную книгу. Всего в заповеднике обитает более 50 видов зверей, 230 видов птиц, шесть видов пресмыкающихся, 11 видов амфибий, 41 вид рыб и несколько тысяч видов беспозвоночных животных, а также более 600 видов водорослей, 207 видов мхов, четыре вида плаунов, шесть видов хвощей, 16 видов папоротников, пять видов хвойных и более 800 видов цветковых растений. Многие из них занесены в Красные книги Республики Татарстан и Российской Федерации. В Красную книгу России попали следующие виды позвоночных и беспозвоночных: вечерница гигантская, гагара чернозобая, скопа, могильник, беркут, орлан-белохвост, балобан, сапсан, кулик-сорока, кроншнеп большой, хохотун черноголовый, крачка малая, филин, сорокопут серый, лазоревка белая, пахучий красотел, обыкновенный отшельник, пчела-плотник, мнемозина, обыкновенный аполлон. Такие виды растений, как пыльцеголовник красный, пальцекорник Траунштейнера, неоттианта клобучковая, ковыль перистый находятся в Красной книге Российской Федерации. Также в Волжско-Камском заповеднике находится около 700 видов грибов, из которых 38 занесено в Красную книгу Республики Татарстан и четыре в Красную книгу Российской Федерации (саркосома шаровидная, трутовик лакированный,

грифола курчавая, трутовик разветвленный). Большое разнообразие грибов является индикатором возраста заповедных лесов.

Раифский участок имеет равнинный рельеф с сетью оврагов и балок. Главная река – Сумка. На территории много озер и болот, составляющих единую систему. Самое обширное озеро – Раифское, являющееся регулятором стока р. Сумка. Ранее Раифское, Бело-Безводное и Илантово озёра являлись одним общим водоемом, но в результате хозяйственной деятельности Большое Раифское озеро разделилось на три части. Климат умеренно-континентальный с резкими колебаниями температур и выпадением осадков.

В растительном покрове Раифского участка преобладают сосновые, хвойно-широколиственные и широколиственные леса. Сосновые леса преобладают на севере Раифы, возраст которых достигает 200 лет. В северо-восточной части растут широколиственные дубовые и липовые леса, образованные сосной, дубом и липой. На возвышенных участках произрастают елово-широколиственные леса. В травянистом покрове чернично-моховых боров растет черника, брусника, костяника, грушанка круглолистная, ожика волосистая, в смешанном лесу – сныть, пролестник многолетний, медуница лекарственная, будра плющевидная, папоротники (Тайсин, 2008).

1.2. Почвы Раифского участка ВКГПБЗ

В почвенном покрове Раифского участка ВКГПБЗ формируются подзолистые и дерново-подзолистые почвы, которые выделены в качестве эталонов и редких почв, занесенных в Красную книгу почв Республики Татарстан (Александрова и др., 2012).

Подзолистые почвы, согласно «Классификации и диагностике почв СССР» (1977), образуются под хвойными и лиственно-хвойными лесами с моховым, мохово-травянистым напочвенным покровом. Достаточно высокая дренированность территории в условиях преобладания осадков

над испарением обеспечивает промывной тип водного режима. Морфологический профиль подзолистых почв представлен следующими горизонтами: A0 – (A0A1) – A1 – A1A2 – A2 – A2B – B1 – B2 – BC – C.

В пределах типа подзолистых почв выделяется три подтипа: глееподзолистые, подзолистые, дерново-подзолистые почвы.

Глееподзолистые почвы имеют следующую систему горизонтов: A0 – A2g – A2Bg – B – BC – C. Характеризуются отсутствием горизонтов A1, A1A2 и наличием оглеения в горизонте A2.

Подзолистые почвы имеют более сложную систему горизонтов: A0 – A0A1 – (A1) – A1A2 – A2 – A2B – B1 – B2 – BC – C. Горизонт A1 обычно отсутствует, либо имеет мощность не более 5 см.

Дерново-подзолистые почвы представляют собой подтип подзолистых почв. Они имеют следующую систему горизонтов: A0 – (A0A1) – A1 – (A1A2) – A2 – A2B – B1 – B2 – BC – C. У дерново-подзолистых четко обособлен горизонт A1, имеющий мощность более 5 см (Классификация ..., 1977).

Мощность гумусового горизонта дерново-подзолистых почв Раифского участка заповедника варьирует в среднем от 10 до 20 см. Глубина залегания подзолистого горизонта достигает 45 – 50 см. Почвы, формирующиеся под хвойными фитоценозами, обладают супесчаным, под хвойно-лиственными или лиственными фитоценозами – легкосуглинистым гранулометрическим составом. Содержание металлов соответствует почвам легкого гранулометрического состава (Александрова и др., 2014) .

1.3. Влияние физико-химических свойств почв на содержание металлов

Содержание металлов в почвах определяется рядом химических и физико-химических процессов, происходящих в почвах. Основными процессами, влияющими на поведение металлов в почвах являются:

адсорбция, гидролиз, комплексообразование, ионный обмен и адсорбция, окисление и восстановление, нахождение свободного металла в растворе. Адсорбция – важнейший из этих процессов, посредством которого растворенные вещества связываются с поверхностью твердой фазы, формируя поверхностные или внутрисферные комплексы. Адсорбция металлов обычно связана с такими свойствами почв и пород как содержание глинистых частиц, органического вещества, оксидов Fe и Mn и карбоната кальция, реакцией среды. На адсорбционные процессы влияет также природа поглощаемого элемента. Сочетание этих условий может способствовать или препятствовать миграции металлов. Металлы могут находиться в растворенном состоянии во влаге зоны аэрации, занимать обменные участки или специфически адсорбироваться на неорганических элементах почв или пород, связываться с нерастворимым органическим веществом, осаждаться в виде чистых веществ или смесей, а также входить в структуру минералов. Как известно, активность металлов зависит от кислотно-щелочных условий в почве. В кислой среде большинство металлов более подвижно (Мотузова, 2013).

1.4. Влияние выбросов автотранспорта на содержание металлов в почвах

Почва является хорошим аккумулятором, способным накапливать загрязняющие вещества, поступающие воздушной среды. Органические горизонты почв в зоне влияния выхлопов автомобилей аккумулируют свинец, кадмий, цинк, медь, хром (Парфенова, 2011; Ильин и др., 2001). По данным Е. А. Парфеновой (2011) влияние выбросов автотранспорта на состояние почвенного покрова распространяется на расстояние до 50 м от дороги.

Глава 2. Практическая часть

2.1. Объекты и методы исследования

Объектом изучения в летний период 2019 года были почвы Раифского участка ВКГПБЗ вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый. Образцы почвы отбирались на расстоянии 5, 10, 15 м от дорожного полотна в разных типах фитоценозов (хвойный и лиственный) (рис. 1). Было отобрано 18 смешанных образцов почв методом конверта (по 9 образцов в хвойном и лиственном фитоценозах) мощностью 0-10 см (рис. 2). В пробах почв определяли: рН водной вытяжки по ГОСТ 26423-85, содержание органического вещества по ГОСТ 26213-91, гранулометрический состав по ГОСТ 12536-79, содержание валовых ($5n \text{ HNO}_3$) по РД 52.18.191-89 и подвижных (ацетатно-аммонийный буфер, рН 4.8) форм по РД 52.18.289-90 металлов Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe. Анализ почвенных проб проводился в лаборатории биогеохимии Института проблем экологии и недропользования АН РТ (ИПЭН АН РТ) (рис. 3).



Рис. 1. Места отбора почвенных образцов вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый, проходящей по территории Раифского участка ВКГПБЗ.



Рис. 2. Отбор смешанных почвенных образцов в хвойном и лиственном фитоценозах вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый, проходящей по территории Раифского участка ВКГПБЗ



Рис. 3. Анализ почвенных проб в лаборатории ИПЭН АН РТ

Концентрацию металлов в растворе измеряли атомно-абсорбционным методом на приборе Perkin Elmer AAnalyst 400 в воздушно-ацетиленовом пламени. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы Statistica 8.0.

2.2. Результаты и их обсуждение

Полученные результаты показали, что мощность гумусово-аккумулятивного горизонта всех изученных почв, в среднем не превышает 10 см (табл. 1). Следует отметить, мощность гумусово-аккумулятивного горизонта почв, формирующихся под хвойными фитоценозами как правило меньше, чем у почв, развивающихся под листовными фитоценозами и составляет 7-8 см. Это обусловлено типом растительного опада, который поступает на поверхность почв и скоростью его разложения. Хвойный опад является трудно доступным для переработки микроорганизмами, тогда как листовенный разлагается ими быстро и биологическое превращение опада в почвенный перегной происходит намного интенсивней (Тайсин, 2008). Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта почв, формирующихся под листовными фитоценозами, составляет 11-12 см.

Таблица 1.

Физико-химические свойства дерново-подзолистых почв

вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый (n=18)

(M – среднее; m - ошибка среднего; min – минимум; max – максимум)

| Показатель | M | m | Min | Max |
|------------------------------|------|------|------|------|
| Мощность горизонта А1, см | 9.5 | 0.26 | 7.0 | 12.0 |
| pH _{водн.} | 6.3 | 0.2 | 5.1 | 7.5 |
| Гумус, % | 4.1 | 0.3 | 2.0 | 6.3 |
| Гранулометрический состав, % | 20.5 | 2.4 | 10.5 | 30.0 |

Значения рН водной вытяжки в верхнем горизонте почв варьируют в широких пределах – от кислых до слабощелочных (табл. 1). Обнаружены статистически значимые различия рН водной вытяжки почв ($p < 0.01$), расположенных на разном расстоянии от автодороги. Почвы, на расстоянии 5 м. от автодороги характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией среды. Это обусловлено попаданием в период весеннего снеготаяния в почвенный покров солей, используемых в качестве добавок в составе противогололедных средств. Известно, что для повышения противогололедного эффекта кристаллические химические противогололедные материалы обогащаются растворами хлористого кальция в количестве 30% от массы противогололедного материала (ОДН 218.2.027-2003). Поэтому в почве увеличивается содержание кальция, что приводит к смещению реакции среды в щелочную сторону. Почвы, формирующиеся на расстоянии 10-15 м. от автодороги, характеризуются слабокислой и кислой реакцией среды, что является типичным для дерново-подзолистых почв.

Содержание гумуса в исследованных почвах типично для представителей дерново – подзолистого подтипа почв, формирующихся в условиях ВКГПБЗ. Статистически значимых достоверных различий в содержании гумуса в почвах под различными фитоценозами и на разном удалении от дороги обнаружено не было.

Гранулометрический состав почв характеризуется как супесчаный и легкосуглинистый.

Изучение накопления металлов в дерново-подзолистых почвах на различном расстоянии вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый показало, что содержание валовых форм металлов в почвах находится в пределах регионального фона, за исключением марганца (табл. 2).

Таблица 2.

Среднее содержание металлов в дерново-подзолистых почвах вдоль
автодороги М7 – н.п. Садовый

| Металл | Расстояние от автодороги | | | РН* |
|-----------------|--------------------------|---------------|---------------|-------|
| | 5 м (n=6) | 10 м (n=6) | 15 м (n=6) | |
| Валовые формы | | | | |
| Cd | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| Pb | 11.6 | 11.9 | 12.4 | 12.0 |
| Co | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 8.0 |
| Cu | 4.6 | 3.7 | 3.6 | 14.0 |
| Ni | 7.8 | 6.3 | 6.2 | 25.0 |
| Zn | 29.6 | 24.9 | 22.6 | 40.0 |
| Cr | 6.2 | 6.2 | 5.9 | 22.0 |
| Mn | 714.6 | 634.0 | 925.0 | 570.0 |
| Fe | 4724.6 | 4612.9 | 4422.5 | - |
| Подвижные формы | | | | |
| Cd | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Pb | 2.6 | 3.4 | 3.7 | 2.0 |
| Co | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| Cu | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.4 |
| Ni | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| Zn | 8.4 | 7.6 | 8.2 | 2.5 |
| Cr | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 0.6 |
| Mn | 208.4 | 104.5 | 180.4 | 55.0 |
| Fe | 13.9 | 18.2 | 13.8 | - |

РН* - региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов в почвах
Республики Татарстан (Региональные ..., 2015)

Повышенное содержание валовой формы марганца от 1,5 раза по сравнению с региональными нормативами (Региональные ... , 2015) наблюдалось в 30% пробах дерново-подзолистых почв, что обусловлено особенностями почвообразовательных процессов – образованием железисто-марганцевых соединений в почвах с легким гранулометрическим составом в условиях промывного водного режима.

Следует отметить, что статистически значимых различий в накоплении изученных металлов (валовых форм) в зависимости от расстояния от автодороги не выявлено, исключение составляет цинк. Отмечается повышенное (в 1.3 раза) содержание валовой формы цинка в 5м. от автодороги по сравнению с почвами, находящимся на расстоянии 15м от автодороги.

Более контрастная картина по сравнению с валовой формой металлов обнаруживается в содержании подвижных форм (табл. 2). Сравнение содержания подвижных форм металлов с региональными нормативами (Региональные ... , 2015) показало превышение среднего содержания свинца (1.3 – 1.8 раз), кобальта (2 раза), цинка (3 раза), марганца (1.8 – 3.7 раз) в 44 – 80 % проб, что, видимо, объясняется кислотно-щелочными условиями дерново – подзолистых почв, при которых увеличивается подвижность металлов. Известно, что на накопление металлов в почвах оказывают влияние гранулометрический состав почв, рН, а также тип фитоценоза, под которым формируются почвы (Ильин и др., 2001). Установлены статистически значимые различия в содержании валовых форм меди, никеля, хрома ($p < 0.01$), а также подвижных никеля и марганца ($p < 0.01$) в почвах, формирующихся под хвойными и лиственными фитоценозами (табл. 3). Повышенное содержание валовых форм меди, никеля, цинк, отмечается близи автодороги (5м.) в почвах, формирующихся как под хвойными так и под лиственными фитоценозами.

Таблица 3.

Среднее содержание металлов в дерново-подзолистых почвах под различными фитоценозами (хвойный – Х, лиственный – Л) вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый

| Металл | Расстояние от автодороги | | | | | |
|-----------------|--------------------------|---------------|------------|------------|--------|--------|
| | 5 м | | 10 м | | 15 м | |
| | Х | Л | Х | Л | Х | Л |
| Валовые формы | | | | | | |
| Cd | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Pb | 11.9 | 11.2 | 13.3 | 10.5 | 12.7 | 12.2 |
| Co | 1.2 | 2.0 | 1.1 | 2.4 | 1.6 | 2.4 |
| Cu | 3.8 | 5.3 | 3.2 | 4.1 | 2.5 | 4.6 |
| Ni | 5.6 | 10.0 | 4.5 | 8.0 | 3.8 | 8.7 |
| Zn | 29.3 | 29.9 | 25.7 | 24.1 | 18.7 | 26.6 |
| Cr | 5.0 | 7.5 | 5.4 | 7.0 | 5.1 | 6.7 |
| Mn | 608.3 | 820.8 | 558.8 | 709.2 | 1058.3 | 791.7 |
| Fe | 3411.7 | 6037.5 | 2958.3 | 6267.5 | 2970.8 | 5874.2 |
| Подвижные формы | | | | | | |
| Cd | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| Pb | 2.2 | 3.1 | 2.9 | 3.9 | 3.4 | 4.1 |
| Co | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.4 |
| Cu | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.5 |
| Ni | 0.9 | 1.7 | 0.9 | 1.3 | 0.8 | 1.2 |
| Zn | 7.4 | 9.4 | 8.9 | 6.3 | 6.7 | 9.6 |
| Cr | 0.9 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 1.1 | 0.9 |
| Mn | 71.1 | 345.8 | 111.3 | 97.6 | 21.8 | 339.0 |
| Fe | 14.8 | 12.9 | 15.6 | 20.9 | 16.9 | 10.8 |

Жирным шрифтом выделены статистически достоверные различия ($p < 0.01$)

По мере удаления от автодороги, как правило, концентрация исследованных элементов уменьшается. Легкосуглинистый гранулометрический состав дерново – подзолистых почв, формирующихся под листовными фитоценозами обуславливает большее содержание как валовых, так и подвижных форм металлов по сравнению с супесчаными почвами, формирующихся под хвойными фитоценозами.

Существенным образом дополняет картину распределения металлов информация об их относительной подвижности, представляющей собой отношение содержания подвижных форм к валовым, выраженное в процентах (Ильин и др., 2001). Она показывает геохимическую активность присутствующих в почвах соединений металлов, т.е. их потенциальную способность мигрировать в сопредельные среды.

Показатель относительной подвижности кадмия, свинца, марганца в почвах, формирующихся под листовными фитоценозами в 1.3 – 2.3 раз выше, чем в почвах, развивающихся под хвойными фитоценозами (рис. 4).

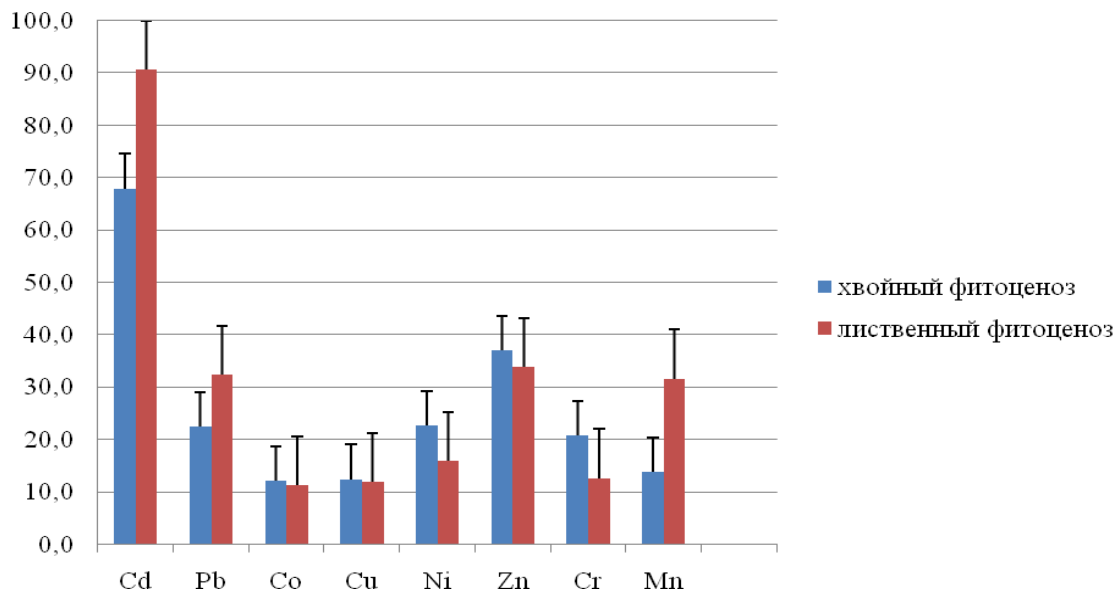


Рис. 4. Подвижность металлов в дерново-подзолистых почвах, формирующихся под хвойными и листовными фитоценозами вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый, %

Подвижность никеля, цинка, хрома в 1.4 – 2.0 раз выше в почвах, формирующихся под хвойными фитоценозами, чем в почвах, развивающихся под лиственными фитоценозами.

Установлены статистически достоверные различия относительной подвижности свинца и хрома в почвах, формирующихся под хвойными и лиственными фитоценозами в зависимости от расстояния до автодороги. Вдоль автодороги (5м.) подвижность хрома в 1.5 раз больше в почвах под сосновыми фитоценозами, чем в почвах под лиственными фитоценозами. Тогда как в почвах под лиственными фитоценозами на расстоянии 10м. от дороги подвижность свинца в 1.7 раз больше, чем в почвах под хвойными фитоценозами.

ВЫВОДЫ

1. Дерново-подзолистые почвы, формирующиеся под хвойными и лиственными фитоценозами вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый, проходящей по территории ВКГПБЗ характеризуются легким (супесчаным и легкосуглинистым) гранулометрическим составом, нейтральной и слабощелочной реакцией среды на расстоянии 5м. от автодороги, слабокислой и кислой реакцией среды на расстоянии 10-15м. и более от автодороги. Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах в среднем составляет 4%;

2. Содержание металлов в почвах обусловлено литогенным фактором. Легкосуглинистый гранулометрический состав дерново – подзолистых почв, формирующихся под лиственными фитоценозами обуславливает большее содержание как валовых, так и подвижных форм металлов по сравнению с супесчаными почвами, формирующихся под хвойными фитоценозами.

3. Сравнение содержания валовых форм металлов в дерново-подзолистых почвах вдоль автодороги М7 – н.п. Садовый с региональным фоном показало отсутствие превышений валового содержания всех изученных элементов, кроме марганца. Отмечается повышенное (в 1.3 раза) содержание валовой формы цинка в 5м. от автодороги по сравнению с почвами, находящимися на расстоянии 15м. от автодороги. Сравнение содержания подвижных форм металлов в дерново-подзолистых почвах с региональными нормативами показало превышение среднего содержания подвижных форм свинца, кобальта, цинка, марганца.

Повышенное содержание валовых форм меди, никеля, цинк, отмечается близи автодороги (5м.) в почвах, формирующихся как под хвойными, так и под лиственными фитоценозами. По мере удаления от автодороги, как подтвердилась гипотеза, концентрация исследованных элементов уменьшается. Соответственно, наибольшую геохимическую

активность в дерново-подзолистых почвах, формирующихся под хвойными фитоценозами проявляют никель, цинк, хром, под лиственными – кадмий и свинец. Поскольку все вышеперечисленные элементы поступают в почвы преимущественно с выбросами автотранспорта, то необходимо контролировать их поступление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова А.Б., Бережная Н.А., Григорьян Б.Р., Иванов Д.В., Кулагина В.И. Красная книга почв Республики Татарстан. Под редакцией Иванова Д.В. 1-е. изд. Казань: Изд-во «Фолиант», 2012. 192 с.

Александрова А.Б., Иванов Д.В., Маланин В.В., Марасов А.А., Паймикина Э.Е Дерново-подзолистые почвы Раифского участка Волжско-Камского заповедника // Сборник научных трудов Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Казань: Отечество, 2014. С. 198-212.

ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.

ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.

ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.

Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2001. 229 с.

Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос 1977. 221 с.

Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах. М.: Книжный дом Либроком 2013. 168 с.

ОДН 218.2.027-2003 Требования к противогололедным материалам.

Парфенова Е.А. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в результате влияния выбросов автотранспорта // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. Серия Естественные науки. 2011. № 25. С 590-592.

РД 52.18.191-89. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди,

свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

РД 52.18.289-90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан» (утв. Приказом Министерства экологии и природных ресурсов РТ от 30.12.2015).

Реестр действующих лицензий на право пользования участками недр местного назначения по состоянию на 10.03.2019 год. Режим доступа к документу URL: file/pub/pub_1791670.pdf (дата обращения 5 декабря 2019)

Тайсин А.С. Раифский лес в составе бореальных лесов Евразии
Казань: Изд-во КГУ. 2008. 252 с.