



БОЕВ ВЛАДИСЛАВ ВИКТОРОВИЧ

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ВЛИЯНИЯ
АНТИПИНСКОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА С
ПРИМЕНЕНИЕМ УСЛОВНОГО ФОНА (ТЮМЕНСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКАЗНИК)**

Специальность – 25.00.36 Геоэкология (науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск-2020

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный руководитель: **Барановская Наталья Владимировна**,
доктор биологических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Страховенко Вера Дмитриевна**,
доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии благородных и редких элементов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Академии наук, г. Новосибирск
Сысо Александр Иванович,
доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.

Защита диссертации состоится «29» апреля 2020 года в 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета ДС.ТПУ.29 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 2а, строение 5, корпус 20, аудитория 406.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634050, г. Томск, ул. Белинского, 55 и на сайте: dis.tpu.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



Барановская Наталья Владимировна

Введение

Актуальность работы. Одной из ведущих отраслей промышленности России, определяющей современный техногенез, является нефтегазодобыча и переработка углеводородного сырья. Месторождения углеводородного сырья открыты в 90 странах. К 2001 г., по данным Oil & Gas Journal, по миру функционировало 742 нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ). Их общая мощность составляла 4,07749 трлн т. нефти в год при средней мощности НПЗ — 5,48 млн т в год. При этом использование углеводородного сырья все возрастает, особенно в развитых странах. Так, количество использованных за последние 25-30 лет топливно-энергетических ресурсов, равно количеству, потраченному за всю прошедшую историю человечества, три четверти из них составляют нефть и газ (Абросимов, 2002). Функционирование нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности сопровождается рядом геоэкологических проблем, таких как утечки нефти, сжигание попутных газов, влияние изливаемых нефтяных вод и хранение шламов (Лобачева, 2010). Таким образом, данные объекты оказывают воздействия различного рода на компоненты природной среды, где бы они не находились (Ермохин и др., 1995; Московченко, 1998, 2019; Абросимов, 2002; Соромотин, 2007; Околелова, 2010; Ревич, 2010; Мухаматдинова, 2012; Моисеенко и др., 2012; Хорошавин и др., 2014; Князев, 2014; Шахова, 2016; Язиков, 2013; Bozlaker, 2013; Sarnela, 2015; Толочко, 2016; Московченко, 2020 и др.) и, как следствие, влияют на здоровье людей (Кочина, 2008; Авалиани, 2012; Smargiassi, 2009; Tarafdar, 2018; Устинова, 2011; Epstein, 2017; Kaldor, 1984; Pasetto, 2012 и др.). Большинство исследований территорий расположения нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности сосредоточено на изучении углеводородов как основных загрязнителей данной отрасли и некоторых прочих химических соединений (Бокарев, 2000; Степанов и др., 2004; Давыдова, 2004; Шамраев, 2009; Околелова, 2010, 2011, 2015; Власов, 2011; Паничева, 2012; Wei e. a. 2014; Zhao e. a., 2015; Mukerjee, 2016; Montano-Soto, 2017; Zhang e. a., 2017; Као e. a., 2019 и др.). Однако помимо них НПЗ поставляют в окружающую среду и многие другие вещества, специфическими среди которых являются: Br, Sb, La, Tb, Yb, Ce, As, Hg, Zn, Co. К тому же нефтеперерабатывающие заводы различаются составом выбросов и их распространением (Прохорова, 2010; Alonso-Hernandez, 2011; De la Campa, 2011; Мухаматдинова, 2012; Охлопков, 2015; Jafarinejad, 2016; Croquer e. a., 2016 и др.). Известны общие факторы, определяющие этот состав для промышленных объектов (Летувнинкас, 2005). Эти факторы индивидуальны для каждого предприятия и района: технические характеристики, особенности места расположения (рельеф, преимущественное направление ветра и т. д.). НПЗ характеризуются наличием множества источников выбросов с различными параметрами (Абросимов, 2002) и их сложным составом, с выявленными специфическими элементами (Язиков, 2006), концентрирующимися в различных компонентах природной среды. В результате их разноса загрязнение распространяется от техногенных объектов в виде ореолов, форма и размер которого определяются параметрами предприятия, а также природными

факторами, прежде всего, преимущественными направлениями ветра (Летувнинкас, 2005). Также на степень загрязнения атмосферы влияет мощность НПЗ, особенности технологических схем, арматуры, проектных решений, техническое состояние оборудования и коммуникаций. Ввиду этого актуально более обширное поэлементное исследование выбросов НПЗ и экологического воздействия каждого из них.

Изучение влияния нефтеперерабатывающей промышленности на природные среды и объекты является важной геоэкологической задачей. Очень большую долю испускаемых загрязняющих веществ нефтеперерабатывающей промышленности составляют атмосферные выбросы. По загрязнению атмосферы нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность находятся на 4 месте среди прочих отраслей (Абросимов, 2002). Причем местными НПЗ выбрасывается в атмосферу 0,45 % перерабатываемого сырья в сравнении с 0,1 % западных НПЗ. Наибольшее воздействие оказывается на среды, непосредственно контактирующие с атмосферой: растительность и почву. Каждый из данных природных компонентов имеет определенные индикаторные параметры, в частности показатели концентрирования химических элементов и изменение форм их содержания являются объектом исследований ученых экологических, геохимических, биогеохимических и других научных направлений исследований (Страховенко, 2017; Сиромля, 2019; Сысо, 2016; Ильин, 1985). Для их выявления важно начать изучение этих вопросов как можно раньше с момента создания предприятия. Антипинский нефтеперерабатывающий завод (АНПЗ) Тюменской области является объектом, который функционирует 13 лет и интенсивно развивается. Поэтому изучение его влияния на окружающую среду носит первоначальный характер и является основой для создания долговременного мониторинга.

Геоэкологические исследования, направленные на выявление техногенного воздействия, осуществляют путем сопоставления показателей техногенных территорий с какими-либо значениями, принятыми за естественные. Они могут быть представлены средними показателями содержания химических элементов в каком-либо компоненте природной среды, называемыми кларками, либо аналогичными значениями для конкретного региона. Подход с применением региональных данных считают более корректным. Это объясняется тем, что каждый регион характеризуется конкретной геохимической спецификой, которая может значительно отличаться от общей. Таким образом, для корректного выявления техногенного воздействия на природные компоненты следует использовать с целью сопоставления местный фон. Изучение в совокупности с этим воздействия предприятий ведущей региональной отрасли промышленности позволяет выявить экологическую специфику. Однако во многих случаях возникает проблема поиска фоновой территории, учитывая современные масштабы техногенеза и урбанизации. Наиболее подходящими объектами с данной точки зрения считают особо охраняемые территории, где не ведется хозяйственная и промышленная деятельность. Для территории Тюменской области к таковым относится Тюменский федеральный заказник.

В целом, изучение воздействия предприятий ведущей региональной отрасли промышленности позволяет выявить геоэкологическую специфику и районировать территорию по степени геохимической нагрузки.

Объектом исследования являются территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода и района Тюменского федерального заказника, предметом – элементный состав компонентов природной среды – почва, подстилка, травостой и листья березы повислой (*Betula pendula* Roth).

Цель: выявить особенности изменения элементного состава компонентов природной среды в условиях техногенеза на территории деятельности предприятия нефтепереработки (Антипинского нефтеперерабатывающего завода) в сравнении с условно фоновой территорией Тюменского федерального заказника.

Задачи исследований:

- Определить элементный состав компонентов природной среды (подстилки, травостоя, почвы, листьев) условно фоновой территории Тюменского федерального заказника и установить особенности минералогического и микроминерального состава почв.
- Провести оценку состояния условно-фоновой территории в сравнении с литературными данными и установить особенности миграции элементов в компонентах природной среды.
- Установить особенности элементного состава компонентов природной среды, а также специфики микроминерального состава почв территории деятельности предприятия по нефтепереработке (Антипинского НПЗ) и выявить закономерности их изменения по удалению от предприятия.
- Провести сравнение анализируемых параметров в компонентах природной среды техногенно измененной и условно фоновой территорий.
- Выявить специфику изменения миграции отдельных элементов по профилю почв, установить ореолы рассеяния, закономерности распределения химических элементов и изменение соотношения отдельных из них на условно-фоновой и техногенно измененной территориях Тюменской области.

Фактический материал и методы исследований. Пробоотбор и пробоподготовка материалов для исследований осуществлялись лично автором в сотрудничестве с ИНЗЕМ ТюмГУ (Тюмень) и ИПА СО РАН (Новосибирск). Их анализирование проводилось частично лично, а также сотрудниками ОГ ИШПР ТПУ (Томск) и ИПА СО РАН (Новосибирск).

Пробы почвы, подстилки, травостоя, листьев в количестве 56, 36, 29, 20 штук соответственно были отобраны на локальной территории Тюменского федерального заказника и в районе расположения Антипинского НПЗ. Все они были проанализированы инструментальным нейтронно-активационным методом анализа в ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора ТПУ и атомно-абсорбционным методом на содержание Hg с использованием анализатора ртути РА-915+ с приставкой ПИРО-915 в МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ. Методом растровой электронной сканирующей микроскопии были изучены пробы почвы и листьев на микроскопе Hitachi S-3400N с ЭДС приставкой Bruker XFlash 4010 в МИНОЦ «Урановая геология»

ТПУ. Дополнительно было осуществлено изучение смешанных проб почвы методом порошковой рентгеновской дифрактометрии на дифрактометре Bruker D2 PHASER в МИНОЦ «Урановая геология», определен гранулометрический состав и содержание магнитной фракции, определено содержание валовых и подвижных форм отдельных химических элементов в лаборатории Биогеохимии почв ИПА СО РАН. Подстилка была разделена на фракции. Статистическая обработка данных осуществлялась с применением программ Microsoft Excel, LibreOffice, Statistika.

Степень достоверности обеспечена достаточным количеством проб, проанализированных в лабораториях, прошедших соответствующую аттестацию и аккредитацию. Анализ проб проводился с применением стандартных образцов сравнения. При этом проводился внутренний и внешний контроль путем дублирования и параллельного определения элементного состава исследуемых образцов разными аналитическими методами. Погрешность определения значительной части определяемых химических элементов не превышала 10-15 %.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. На территории Тюменского федерального заказника содержание химических элементов в почве ниже (за исключением незначительного превышения хрома) в сравнении с литературными данными и нормативными показателями. Особенности накопления и низкий коэффициент вариации Ca, Rb, Fe, Co, Ba в почве, подстилке, травостое и листьях березы повислой характеризуют территорию как условно-фоновую.

2. Проявленность влияния Антипинского нефтеперерабатывающего завода заключается в увеличении концентрации Br, Zn, La, Ce в верхнем горизонте почв и присутствии микроминеральных фаз фосфатов редкоземельных элементов. Концентрирование мышьяка в ореолах рассеяния по данным содержания в подстилке, травостое, листьях березы установлено в районе расположения факельного хозяйства. По мере приближения к предприятию увеличивается сумма редкоземельных элементов (почва – от 40 до 52 мг/кг, подстилка – от 26 до 53 мг/кг, травостой – от 6,8 до 21 мг/кг, листья березы – от 1,4 до 4,3 мг/кг).

3. Ртуть поступает с листовым опадом в подстилку с концентрированием в верхнем горизонте почв (до 0,047 мг/кг в почвах Тюменского федерального заказника и до 0,093 мг/кг – Антипинского нефтеперерабатывающего завода). Максимальное накопление ртути фиксируется в листьях, травостое и подстилке, которые можно применять в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды.

Научная новизна. Впервые выполнено комплексное исследование и сравнение природно-техногенной и условно-фоновой территорий по минералогеохимическим показателям компонентов природной среды локальных территорий юга Тюменской области (почва, подстилка, растения). Впервые на примере Тюменского федерального заказника проведено комплексное изучение компонентов природной среды, и установлены фоновые концентрации 29 химических элементов. Впервые установлена эколого-геохимическая специфика природно-техногенной территории, подверженной воздействию Антипинского нефтеперерабатывающего завода. Установлено наличие микроминеральных фаз

сложного состава в компонентах природной среды. Выявлены особые закономерности распределения Hg: накопление в верхнем горизонте почв, преимущественное накопление в компонентах фоновой территории, кроме травостоя и почвы, преимущественное накопление в южном и восточном направлении от АНПЗ.

Теоретическая и практическая значимость. Установлены элементный состав почв, подстилки, травостоя и листьев березы повислой территории Тюменского федерального заказника и района расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода. Выявлены элементы-индикаторы техногенной трансформации природной среды, включая специфику микроминерального состава почв территории деятельности предприятия. Возможно применение полученных данных в целях экологического мониторинга самим АНПЗ, а также научными и природоохранными организациями в качестве основы для дальнейших исследований экологического состояния территории региона. Также эта информация используется в образовательных целях в содержании таких дисциплин, как «Геоэкология», «Экология», «Геохимия живых организмов».

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы представлены на конференциях международного и всероссийского уровня:

- VIII Всероссийская научная студенческая конференция с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина «Творчество юных – шаг в успешное будущее» по теме: «Проблемы геоэкологии и устойчивого развития в XXI веке. Экология человека и планеты», Томск (2015).
- XX Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр", Томск (2016).
- Международная школа-семинар для молодых исследователей «Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах», Тюмень (2016).
- XX Международные биогеохимические чтения «Современные тенденции развития биогеохимии в условиях техногенеза биосферы», Москва (2016).
- XII Международная ландшафтная конференция «Ландшафтно-экологическое обеспечение рационального природопользования и устойчивого развития», Тюмень-Тобольск (2017).
- Международный симпозиум имени академика М.А. Усова, Томск (2017).
- III Международная школа-семинар для молодых исследователей «Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах», Тюмень (2018).

По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК, включая 3 в журнале, индексируемом базами данных Scopus и Web of Science.

Структура и объем работы. Работа состоит из 5 глав, введения, заключения и списка литературы, включающего 404 источника.

В главе 1 приведены закономерности накопления химических элементов в компонентах природной среды, дана минералого-геохимическая характеристика почв.

Глава 2 содержит геоэкологическую характеристику юга Тюменской области и основные характеристики Антипинского НПЗ.

В главе 3 приведены материалы и методы сбора, подготовки, анализа изучаемых компонентов природной среды, статистической обработки, интерпретации минералого-геохимической информации.

В главе 4 описано накопление химических элементов в компонентах природной среды Тюменского федерального заказника и представлен их минералогический и микроминеральный фазовый состав.

В главе 5 рассмотрено накопление химических элементов в компонентах природной среды и приведены минералого-геохимические характеристики для почв территории расположения Антипинского НПЗ, показаны ореолы рассеяния и закономерности концентрирования химических элементов по мере удаленности от предприятия, дана сравнительная характеристика по отношению к условному фону.

Личный вклад автора. Автор диссертации принимал участие в комплексных полевых работах, в которых выполнялся отбор проб почв и растений. Также самостоятельно выполнена пробоподготовка ко всем использованным видам анализа, определение содержания ртути, гранулометрического состава, содержания магнитной фракции, фракционного состава подстилки, частично рентгеноструктурный анализ, статистическая и графическая обработка данных, сопоставление с литературными данными, оценка, а также сформулированы защищаемые положения и предложено их доказательство.

Благодарности. Профессору ОГ ИШПР ТПУ, д.б.н. Н.В. Барановской за поддержку и консультирование на всех этапах подготовки диссертации; за консультации и помощь на разных этапах подготовки работы – сотрудникам ОГ ИШПР ТПУ: профессору, д.г.-м.н. Рихванову Л.П., профессору, д.г.-м.н. С.И. Арбузову, профессору, д.г.-м.н. Е.Г. Языкову, доценту, к.г.-м.н. Д.В. Юсупову, доценту, к.х.н. Н.А. Осиповой, доценту, к.г.-м.н. Л.В. Жорняк, доценту, к.г.-м.н., Б.Р. Соктоеву, к.г.-м.н. Е.А. Филимоненко, к.г.-м.н. Т.С. Шаховой, к.б.н. М.Т. Джамбаеву, к.г.-м.н. А.С. Торопову, к.г.-м.н. А.И. Беляновской, к.г.-м.н. А.Н. Злобиной, Г.М. Есильканову, М.А. Дериглазовой. Особую благодарность выражаем аналитику МИНОЦ «Урановая геология» при ОГ ИШПР ТПУ, к.г.-м.н. С.С. Ильенку и аналитикам МИНОЦ «Урановая геология», с.н.с. А.Ф. Судыко и Л.В. Богутской, а также Г.А. Бабченко, В.В. Жукову. Благодарим за содействие и поддержку в осуществлении пробоотбора и анализа материала директора ИПА СО РАН (г.Новосибирск), заведующего лабораторией Биогеохимии почв, д.б.н. А.И. Сысо, ведущего инженера лаборатории Биогеохимии почв ИПА СО РАН А.В. Осипову, заведующую лабораторией Биоценологии ИПА СО РАН, к.б.н. Н.П. Миронычеву-Токареву и других сотрудников ИПА СО РАН, доцента ИНЗЕМ ТюмГУ (г. Тюмень), к.б.н. В.А. Боева, директора ИНЗЕМ ТюмГУ, доцента, к.г.н. В.Ю. Хорошавина, доцента ИНЗЕМ ТюмГУ, к.б.н., В.В. Иеронову, к.г.н. Н.В.

Жеребятьеву, Д.В. Рогачева, К.Г. Смирнова и др. сотрудников ИНЗЕМ ТюмГУ, а также В.А. Соколова и других сотрудников Тюменского федерального заказника.

Основные положения, выносимые на защиту

1-е защищаемое положение. На территории Тюменского федерального заказника содержание химических элементов в почве ниже (за исключением незначительного превышения хрома) в сравнении с литературными данными и нормативными показателями. Особенности накопления и низкий коэффициент вариации Са, Rb, Fe, Со, Ва в почве, подстилке, травостое и листьях березы повислой характеризуют территорию как условно-фоновую.

Почвы с древних времен изучаются как депо химических элементов. Изучение почв Сибири отражено в работах В.Б. Ильина, М.А. Мальгина А.И. Сысо, и многих других.

Изучение современного состояния почвенного покрова остается актуальным с точки зрения влияния фактора техногенеза на ее трансформацию с последующим изменением циклов миграции химических элементов в надпочвенном горизонте. Исходный элементный состав почвы зависит от множества факторов, в том числе типа, содержания гумуса, кислотности и многих других.

Почвы рассматриваемых в данном исследовании территорий представлены дерново-подзолистым типом. Почва Тюменского федерального заказника характеризуется преимущественной долей фракций, соответствующих крупной пыли, размерность которой от 0,04 до 0,125 мм согласуется с классификацией Н.А. Качинского (1957). Изучение изменения содержания магнитной фракции позволяет сделать вывод, что ее доля в почве территории Тюменского федерального заказника в среднем составляет около 3%. Магнитность почвы сокращается до минимального значения во втором горизонте и возрастает с глубиной. Показатели гумуса для изученной территории несколько ниже литературных данных (Добровольский и др., 2004; Почвоведение, 1988) и характеризуется максимумом в горизонте А2, составляющим 2,5%. Полученные нами показатели рН имеют диапазон от 4,2 в верхнем горизонте (А1) и до 4,4 в нижнем горизонте (В), что, соответствует таковым для этого типа почв. Основными минералами являются кварц, микроклин, альбит и мусковит.

Почвы территории Тюменского федерального заказника характеризуются естественными закономерностями распределения химических элементов по профилю с весьма незначительным концентрированием в верхнем горизонте и значимым увеличением в нижнем (рис. 1).

Изученные основные статистические параметры, полученные нами для почвы, показали, что большинство исследованных элементов имеет однородное распределение, характерное для условно-фоновых условий, о чем свидетельствует незначительный коэффициент вариации. Исключения составляют Sc, Fe, Br, As, Tb, Се, для которых характерно слабодифференцированное распределение, Zn, Cs с дифференцированным и Hg с интенсивно дифференцированным типом распределения.

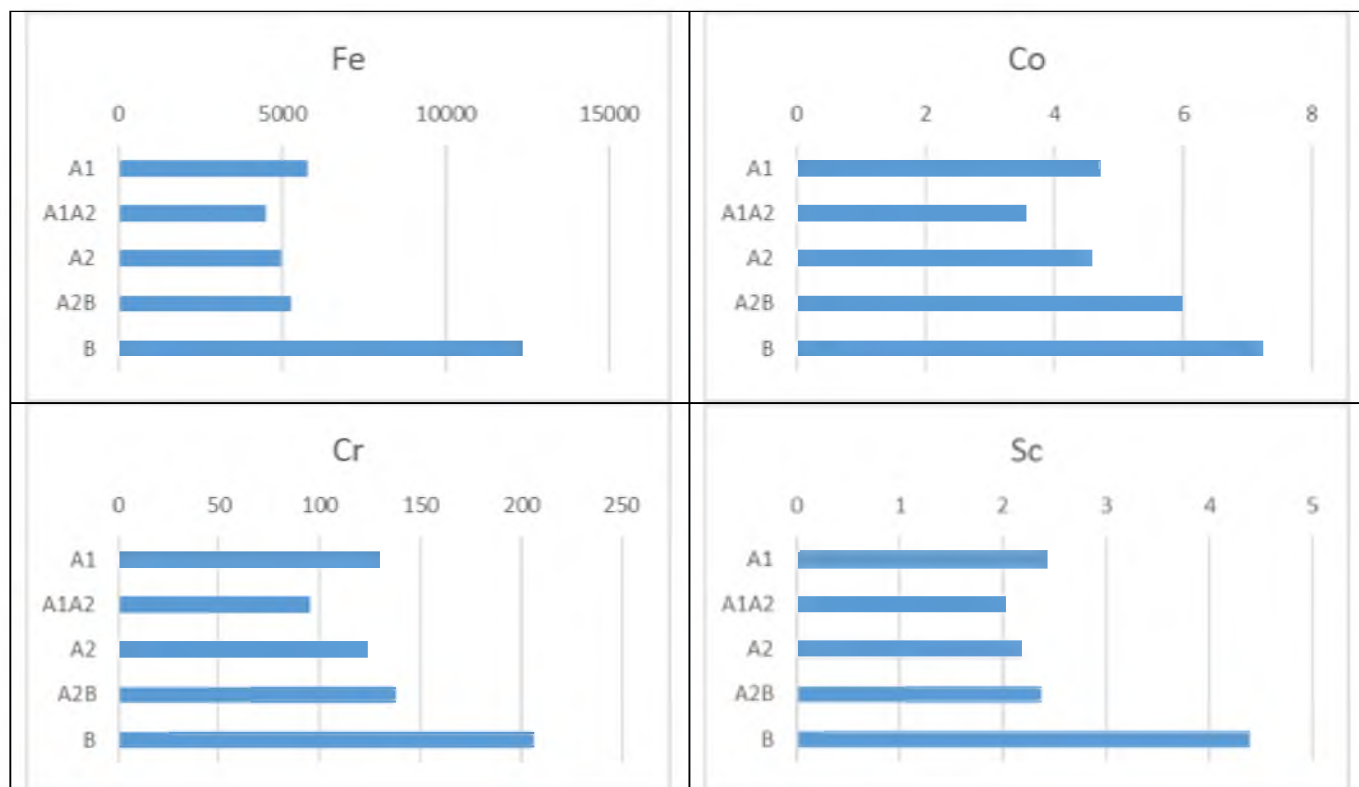


Рисунок 1 – Распределение по профилю сидерофильных (Fe, Co) и литофильных (Cr, Sc) элементов в почве Тюменского федерального заказника

В сравнении с кларком (Ярошевский, 1990) наблюдается пониженное содержание всех изученных элементов, за исключением Cr в верхнем горизонте (табл. 1).

Таблица 1 - Геохимический ряд и суммарный показатель загрязнения для верхнего горизонта почвы территории Тюменского федерального заказника (относительно кларка по А.А. Ярошевский, (1990))

$\text{Cr}_{2,2} > \text{Hf}_{0,85} > \text{Na}_{0,73} > \text{Ca}_{0,58} > \text{Ba}_{0,56} > \text{U}_{0,53} > \text{Co}_{0,52} > \text{Rb}_{0,43} > \text{Yb}_{0,41} > \text{Ta}_{0,37} > \text{Th}_{0,37} > \text{Ce}_{0,36} > \text{Lu}_{0,31} > \text{Sr}_{0,31} > \text{Sc}_{0,3} > \text{Tb}_{0,3} > \text{Sb}_{0,28} > \text{Sm}_{0,26} > \text{Zn}_{0,25} > \text{Eu}_{0,24} > \text{Hg}_{0,23} > \text{As}_{0,23} > \text{Nd}_{0,22} > \text{Cs}_{0,2} > \text{La}_{0,19} > \text{Fe}_{0,15} > \text{Br}_{0,02}$	$Z_c = 2,2$
---	-------------

Примечание: жирным выделены элементы с $K_k \geq 1$

О фоновом характере данной территории свидетельствует сопоставление с данными как литературных источников (Ярошевский, 1990; Григорьев, 2009) (рис. 2), так и показателей для почв других регионов (Джамбаев и др., 2019; Барановская, 2011; Боев и др., 2016, Мальгин, 1978; Сысо и др., 2008) (рис. 3, 4).

В сравнении с кларками в почве Тюменского федерального заказника наблюдается повышенное содержание Cr среди изученных химических элементов.

Относительно почв Челябинской и Томской областей для Тюменского федерального заказника также характерно меньшее содержание химических элементов, за исключением Cr и Hf.

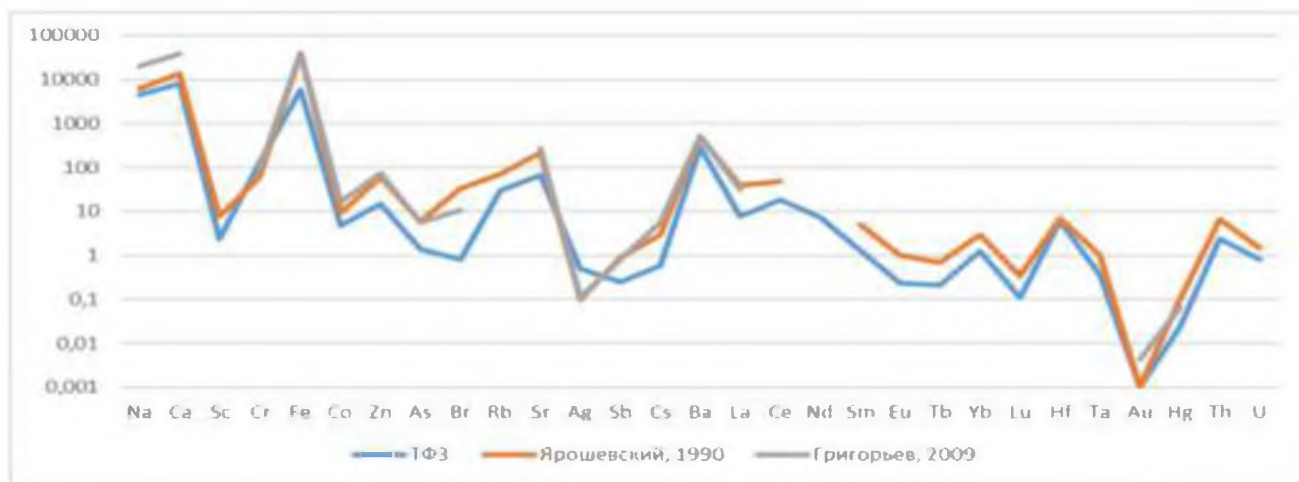


Рисунок 2 – Элементный состав почвы территории Тюменского федерального заказника в сравнении с кларками (мг/кг, логарифмическая шкала)
Примечание: Ag – предел определения – менее 1 мг/кг



Рисунок 3 – Элементный состав почвы территории Тюменского федерального заказника в сравнении с почвами других регионов (верхний горизонт) (мг/кг, логарифмическая шкала)

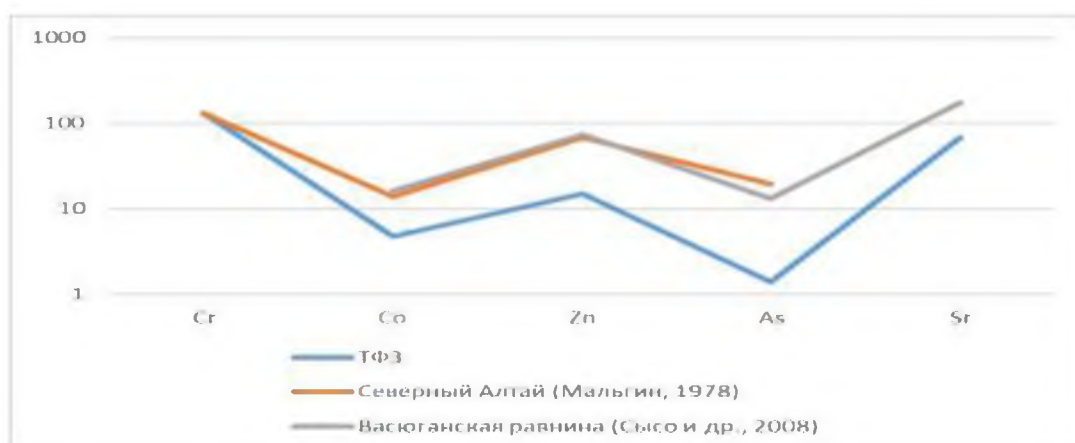


Рисунок 4 – Элементный состав почвы территории Тюменского федерального заказника в сравнении с почвами других регионов (верхний горизонт) (мг/кг, логарифмическая шкала)

Однако в сравнении с почвами северного Алтая, относимыми к фоновым, содержание Cr в почвах Тюменского федерального заказника очень близко.

К тому же о естественном характере накопления Cr свидетельствует его распределение по разрезу (рис. 1).

Сравнение с имеющимися ПДК (ГН 2.1.7.2041-06) по валовым формам элементов свидетельствует о более низком содержании мышьяка (1,3 мг/кг относительно ПДК (ОДК) = 2), ртути (0,01 мг/кг по сравнению с ПДК = 2,1), сурьмы (0,23 мг/кг относительно ПДК = 4,5), цинка (12 мг/кг по сравнению с ПДК = 100 мг/кг).

Кроме того, было исследовано содержание подвижных форм некоторых элементов. Для Zn распределение подвижных форм близко к валовым: наибольшее количество в верхнем и нижнем горизонтах и наименьшее в А1А2. В сравнении с имеющимися нормативами содержание подвижного цинка в почве заказника значительно ниже (ПДК=23 по ГН 2.1.7.2041-06)

Для Mn наблюдается наибольшая подвижность в горизонте А1А2. В сравнении с ПДК для подвижной формы марганца, извлекаемого ацетатно-аммонийным буфером при pH 4,0 содержание ее в почве заказника значительно ниже (ПДК – 60 мг/кг).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что, согласно минералогическому и элементному составу, а также выявленным закономерностям распределения химических элементов по горизонтам, почвы Тюменского федерального заказника могут быть отнесены к условно-фоновым. Из установленной специфики можно отметить повышенное концентрирование хрома в сравнении с кларком.

Состав органических компонентов территории Тюменского федерального заказника – подстилки, травостоя и листьев березы – характеризуется низким коэффициентом вариации большинства из 29 изученных химических элементов. В изученных органических компонентах территории Тюменского федерального заказника, в сравнении с литературными данными, (Ткалич, 1969) проявляется накопление общего ряда химических элементов (табл. 2). Предположительно это является региональной спецификой. Наибольшим накоплением химических элементов характеризуется подстилка, наименьшим – листья березы.

Таблица 2 – Геохимические ряды и показатели суммарного накопления для органических компонентов территории Тюменского федерального заказника относительно среднего содержания в золе (по Ткалич, 1969) современных континентальных растений

Подстилка (n=5)	Ta₇₃ > Hf₇₁ > Sb₄₅ > Sc₃₈ > Ba₁₄ > As₁₄ > Sr₁₂ > Th_{3,9} > Ca_{3,5} > Hg_{2,1} > Zn₁ ,6>U _{1,4} >Fe _{1,2} >Co _{0,95} >Cs _{0,65} >Cr _{0,45} >Rb _{0,31} >Br _{0,25} >Na _{0,16} >La _{0,092} > Ce _{0,091} >Sm _{0,0099} >Yb _{0,0095} >Eu _{0,0034} >Tb _{0,0024} >Lu _{0,0013}	Z _C =269
Травостой (n=5)	Ba₁₉ > Sr₁₄ > Hf₁₃ > Ta₁₁ > Sb_{9,1} > Sc_{8,8} > As_{4,8} > Ca_{2,6} > Hg_{1,1} >Rb _{0,63} >Z n _{0,62} >Cr _{0,52} >U _{0,36} >Fe _{0,27} >Co _{0,19} >Br _{0,15} >Cs _{0,13} >Na _{0,06} >Nd _{0,018} >La 0,012>Sm _{0,0036} >Au _{0,0033} >Yb _{0,0023} >Eu _{0,00064} >Tb _{0,00058} >Lu _{0,00029}	Z _C =75
Листья (n=5)	Ba₃₀ > Sr₁₅ > Ca_{4,9} > Zn_{3,9} > Sc_{2,1} > Sb_{2,1} > Hg_{2,1} > Hf_{1,3} >Rb _{0,84} >U _{0,2} >C o _{0,17} >Fe _{0,08} >Na _{0,046} >Br _{0,038} >Cs _{0,028} >Cr _{0,028} >Au _{0,0047} >Yb _{0,00023} >E u _{0,00021} >Lu _{0,00015}	Z _C =54

Примечание: жирным выделены элементы с $Kk \geq 1$, подчеркнуты элементы с $Kk \geq 1$, общие для всех сред, Hg нормирована относительно Markert, B. (1992)

При этом большинство химических элементов с повышенным коэффициентом концентрации для всех органических компонентов, за исключением Ta, Hf, Sb, As, характеризуется повышенным коэффициентом биологического поглощения в данных средах, что свидетельствует об их природном характере поступления в живые организмы.

Таким образом, элементный состав изученных компонентов Тюменского федерального заказника может являться ориентировочным условным фоном в экологических исследованиях, в том числе при организации экологического мониторинга на территории юга Сибири.

2-е защищаемое положение. Проявленность влияния Антипинского нефтеперерабатывающего завода заключается в увеличении концентрации Br, Zn, La, Ce, в верхнем горизонте почв и присутствии микроминеральных фаз фосфатов редкоземельных элементов. Концентрирование мышьяка в ореолах рассеяния по данным содержания в подстилке, травостое, листьях березы установлено в точке расположения факельного хозяйства. По мере приближения к предприятию увеличивается сумма редкоземельных элементов (почва – от 40 до 52 мг/кг, подстилка – от 26 до 53 мг/кг, травостой – от 6,8 до 21 мг/кг, листья березы – от 1,4 до 4,3 мг/кг).

Почва природно-техногенной территории, как и условно-фоновой, характеризуется преобладающей долей пылеватых фракций. Однако среди них наблюдается большая доля фракции 0,04 мм за счет фракции 0,125 мм. В распределении по горизонтам гранулометрических фракций в целом наблюдаются близкие к условно-фоновой территории закономерности. Доля магнитной фракции почвы природно-техногенной территории ниже в сравнении с условно-фоновой (чуть больше 2,6%). Однако, в отличие от ТФЗ, на территории расположения Антипинского НПЗ наибольшее содержание магнитной фракции характерно для верхнего горизонта.

Для почвы территории расположения предприятия характерно возрастание содержания большинства рассмотренных химических элементов в верхнем горизонте, а также смена закономерностей распределения по профилю. Нами зафиксировано сокращение суммарного показателя загрязнения и количества элементов с повышенными коэффициентами концентрации с глубиной. Все это свидетельствует о поступлении их в верхний горизонт (рис. 5).

Так, Zn изменяет распределение по профилю, переходя в верхний горизонт, с концентрированием до 18 мг/кг на территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода. Так же ведут себя церий, бром, лантан (рис. 6).

Показатель суммарного загрязнения для верхнего горизонта относительно территории ТФЗ составляет 23 (табл.3), что соответствует среднему уровню загрязнения согласно «Методические рекомендации...» (1990). Это говорит о том, что почва не успела сконцентрировать достаточно много загрязняющих неорганических компонентов из-за относительно недолгой работы предприятия. Тем не менее, в геохимическом ряду накопления элементов на первые места выходят те из них, которые являются специфичными для такого рода техногенного

воздействия, согласно литературным источникам (Язиков, 2006; Шахова, 2018 и др.) – бром, сурьма, редкоземельные элементы и некоторые другие.

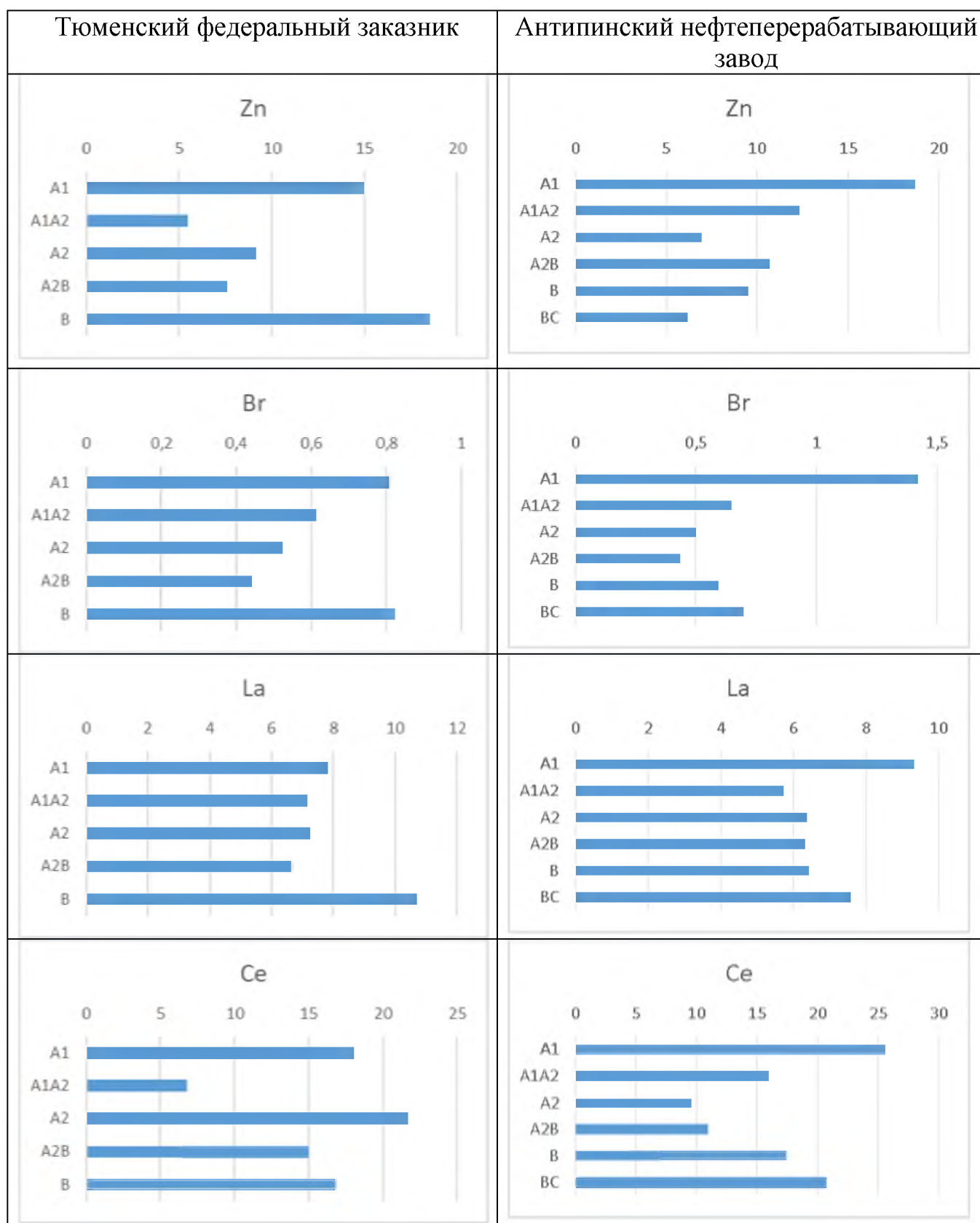


Рисунок 5 – Распределение химических элементов по разрезу почв Тюменского федерального заказника и территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода.

Таблица 3 – Геохимический ряд и суммарный показатель загрязнения для верхнего горизонта почвы территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода относительно условно-фоновой территории Тюменского федерального заказника

Au₁₃>Eu₂>Br_{1,8}>Fe_{1,6}>Sb_{1,6}>Na_{1,6}>Co_{1,5}>Ce_{1,4}>Cs_{1,4}>Sc_{1,4}>Sm_{1,4}>Tb_{1,4}>Th_{1,2}>La_{1,2}>Rb_{1,2}>Hg_{1,2}>Lu_{1,2}>Zn_{1,2}>Ca_{1,1}>As_{1,1}>Sr₁>Ba₁>Ta_{0,9}>Hf_{0,9}>Cr_{0,9}>Yb_{0,8}>U_{0,8}>Nd_{0,6}	Z_C=23
---	-------------------------

Примечание: жирным выделены элементы с $Kk \geq 1$

В почве природно-техногенной территории отмечено наличие в глинистой фракции частиц сложного состава, включающего, помимо Si и Al, характерных для фоновой территории, также P, Ca, Fe, Mg, Zn, Cu, Th, K, некоторые редкоземельные элементы, что хорошо демонстрируют данные электронной микроскопии (рис. 6).

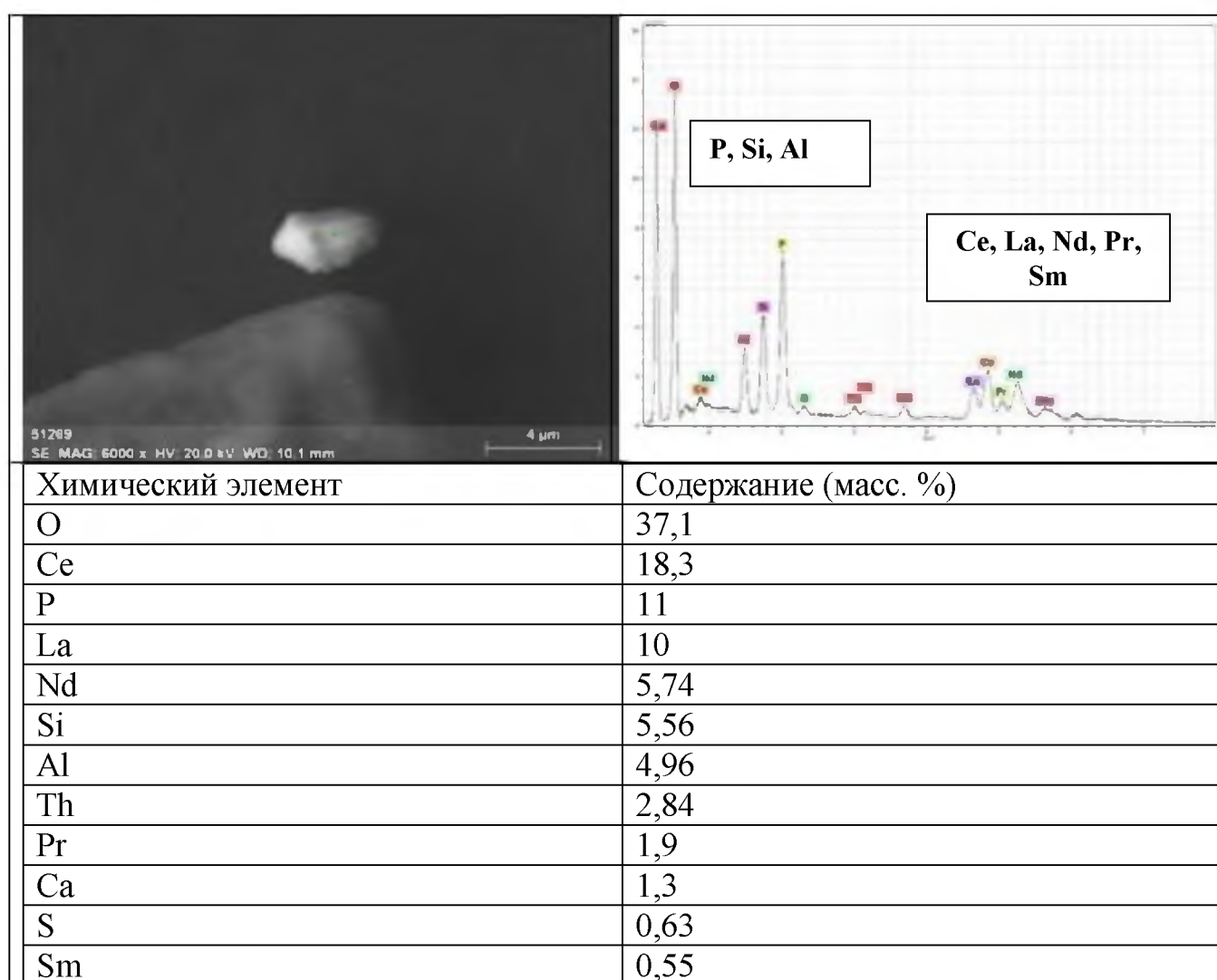


Рисунок 6 – Микроминеральный фазовый состав верхнего горизонта почвы территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода

По обобщенным Т.С. Шаховой (2018) данным, редкоземельные элементы являются индикатором воздействия нефтеперерабатывающей промышленности. Источник их поступления – цеолитные катализаторы, применяемые при

переработке нефти (процесс каталитического крекинга), содержащие эти элементы. Многие прочие элементы с повышенными концентрациями содержатся в нефти: Fe, Ca, Zn, Cu и др.

В целом выявлено, что в почве, подстилке и травостое большинство химических элементов накапливается в ближней к АНПЗ зоне, в листьях – в дальней, что характерно для элементов с высокой летучестью (например, для брома) (рис. 7).

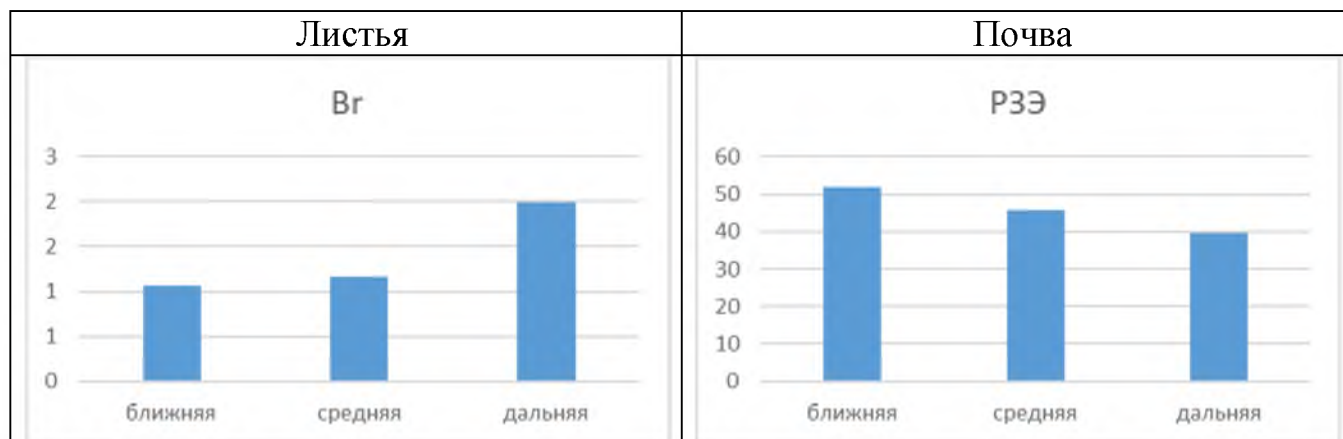


Рисунок 7 – Распределение химических элементов по удаленности от границ Антипинского нефтеперерабатывающего завода (мг/кг, шкала логарифмическая)

Так, редкоземельные элементы накапливаются в почве в ближней к заводу зоне, в то время как Br, источником которого является сжигание попутного газа на факелах (Шахова, 2018), переносится в дальнюю зону, что отражают листья. Для всех компонентов природно-техногенной территории характерно изменение в ассоциативных взаимосвязях химических элементов по сравнению с условно-фоновой территорией, особенно в листьях, где сохранились лишь отдельные связи. Характерной является появление специфических корреляционных значимых связей между бромом, цинком и ртутью, а также сурьмой и кобальтом, отсутствующих в ассоциациях элементов условно-фоновой территории Тюменского федерального заказника. Схемы распределения химических элементов на территории расположения АНПЗ свидетельствуют о локальном характере концентрирования некоторых из них. Так, для листьев техногенной территории характерно накопление Zn у факелов и в направлении господствующего ветра. As накапливается в подстилке у факелов. Элементы группы редких земель накапливаются в ближней от Антипинского НПЗ зоне в направлении преобладающего ветра. Сг накапливается в том же направлении, но в дальней зоне (рис. 8). Источник As – предположительно факельное сжигание нефтепродуктов, при котором производится очистка газов от сероводорода мышьяково-содовым способом.

Каждый из изученных компонентов обладает различной чувствительностью к техногенному воздействию (табл. 4). В почве и травостое большинство химических элементов накапливается в направлении господствующего ветра (на севере), что отражает длительные закономерности накопления (рис. 9).

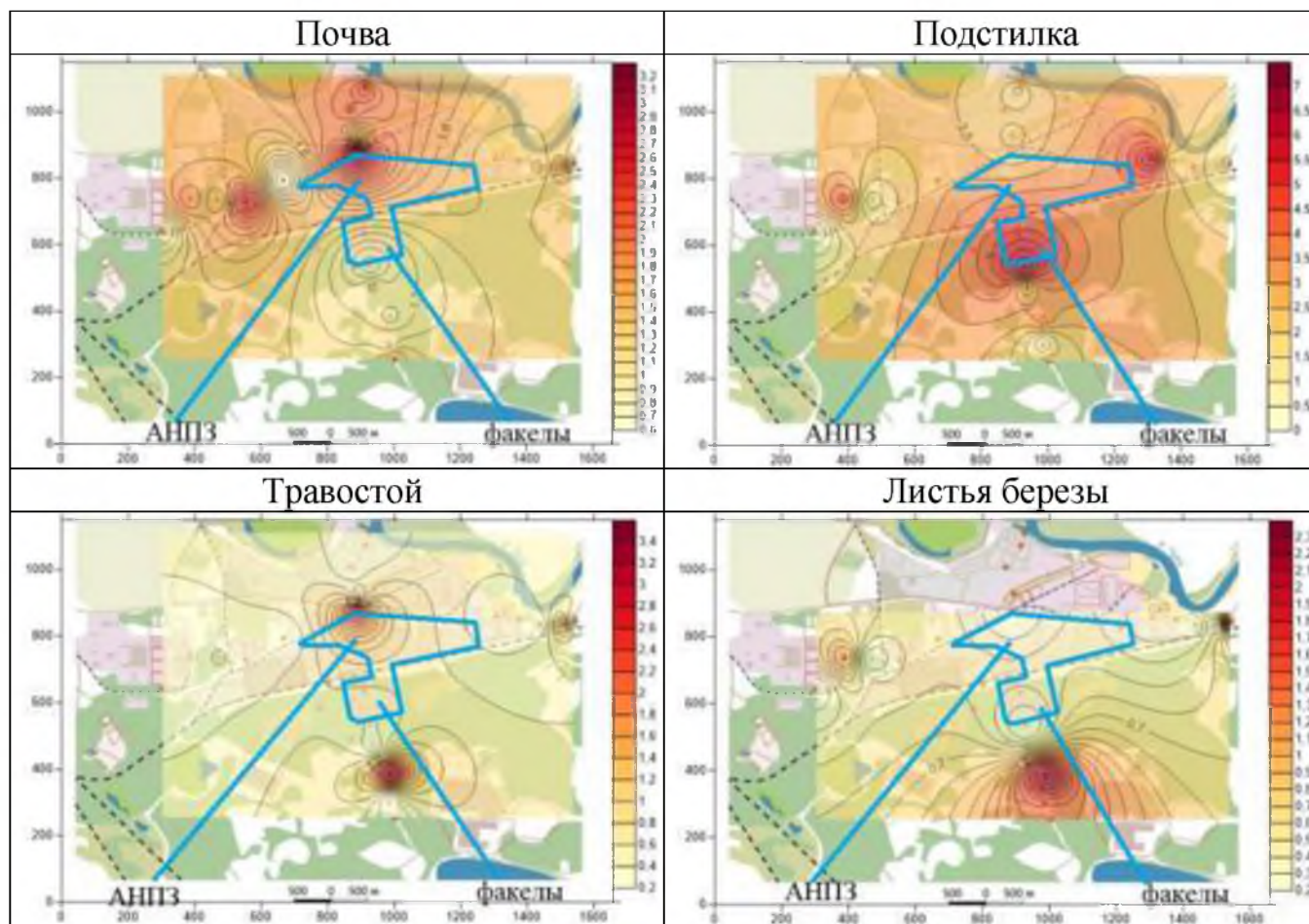


Рисунок 8 – Схемы распределения содержаний As (мг/кг) в компонентах природной среды на территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода

Таблица 4 – Геохимические ряды и суммарные показатели накопления для органических компонентов территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода относительно условно-фоновой территории Тюменского федерального заказника

Подстилка (n=16)	Cr_{2,3} > Na_{2,2} > U_{1,8} > Th_{1,5} > Fe_{1,5} > Eu_{1,4} > Sc_{1,4} > Ta_{1,4} > Hf_{1,4} > Ce_{1,3} > Rb_{1,3} > Yb_{1,3} > La_{1,3} > Sm_{1,3} > Lu_{1,2} > Tb_{1,1} > Co₁ >Cs _{0,96} >Sb _{0,84} >Sr _{0,77} >Hg _{0,64} >As _{0,62} >Ba _{0,45} >Ca _{0,38} >Br _{0,36} >Zn _{0,32}	Z _C =8,7
Травостой (n=20)	Ce_{3,7} > Br_{2,5} > Ta_{2,3} > Hf_{2,1} > Eu_{2,1} > La_{1,9} > Sm_{1,9} > Sc_{1,9} > Yb_{1,8} > U_{1,8} > Fe_{1,8} > Lu_{1,7} > Cs_{1,6} > Tb_{1,6} > Na_{1,6} > Hg_{1,5} > Co_{1,4} > Rb_{1,4} > Au_{1,2} > Sb_{1,2} >Cr _{0,95} >Sr _{0,81} >Ca _{0,71} >Zn _{0,63} >Ba _{0,3}	Z _C =18
Листья (n=12)	Sm_{2,4} > La_{1,6} > Cr_{5,1} > Sb_{4,6} > Cs_{3,9} > Yb_{3,7} > Tb_{3,5} > Eu_{3,3} > Fe₃ > Co₃ > Sc_{1,9} > Br_{1,9} > Sr_{1,8} > Hf_{1,8} > Au_{1,3} >Ca _{0,89} >Na _{0,82} >Rb _{0,71} >Zn _{0,69} >Hg _{0,59} >Ba _{0,56}	Z _C =65

Примечание: жирным выделены элементы с $Kk \geq 1$, подчеркнуты элементы с $Kk \geq 1$, общие для всех сред

В листьях зафиксировано почти равномерное накопление на западе и юге, что отражает смену преимущественного направления ветра в летний период с юго-западного на северо-восточное.

Наиболее показательным и универсальным для всех компонентов природной среды индикатором является суммарное концентрирование элементов группы редких земель. Этот показатель увеличивается по мере приближения к техногенному объекту с изменением для почвы – от 40 до 52 мг/кг, для подстилки – от 26 до 53 мг/кг, в травостое – от 6,8 до 21 мг/кг, в листьях – от 1,4 до 4,3 мг/кг.

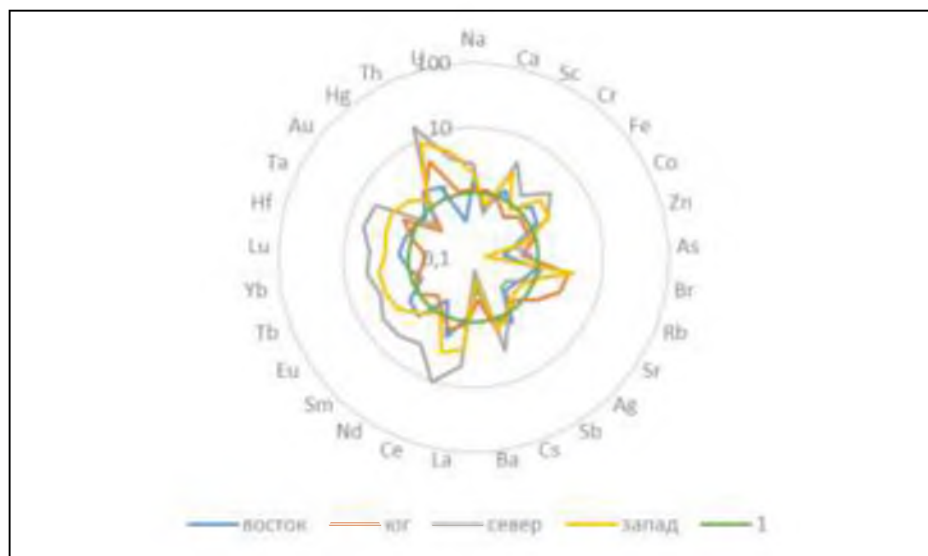


Рисунок 9 –
Распределение
химических элементов в
травостое по сторонам
света относительно
Антипинского
нефтеперерабатывающего
завода (мг/кг,
логарифмическая шкала)

В целом, в районе влияние НПЗ наблюдается неоднородный характер распределения с локальными аномалиями содержания химических элементов во всех изученных компонентах природной среды.

3-е защищаемое положение. Ртуть поступает с листовым опадом в подстилку с концентрированием в верхнем горизонте почв (до 0,047 мг/кг в почвах Тюменского федерального заказника и до 0,093 мг/кг – Антипинского нефтеперерабатывающего завода). Максимальные способности к фиксации ртути проявляют листья, травостой и подстилка, которые можно применять в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды.

Леса вносят огромный вклад в биологический круговорот химических элементов в системе почва-растение. Одним из важных компонентов, участвующих в этом процессе является лиственный опад. Масса опада составляет 1,5-2% органического вещества, заключенного в биомассе сообществ. Лиственный опад играет важную роль в формировании лесной подстилки, которая выполняет ряд функций в лесных фитоценозах. Кроме того, именно ему отведена ведущая роль в биологическом круговороте химических элементов в лесах.

Одним из таких элементов, представляющих значительный интерес с экологической точки зрения, является ртуть. Ртуть относится к группе тяжелых металлов, обладающих высокой токсичностью в весьма незначительных концентрациях в компонентах биосферы.

Для Hg и на условно-фоновой, и на природно-техногенной территории зафиксировано накопление преимущественно в верхнем горизонте почв. Однако в первом случае наблюдается небольшое возрастание концентрации книзу профиля, что отражает поступление элемента из материнских пород, возможность которого отмечалась ранее некоторыми авторами (Фурсов, 1977) (рис. 10).

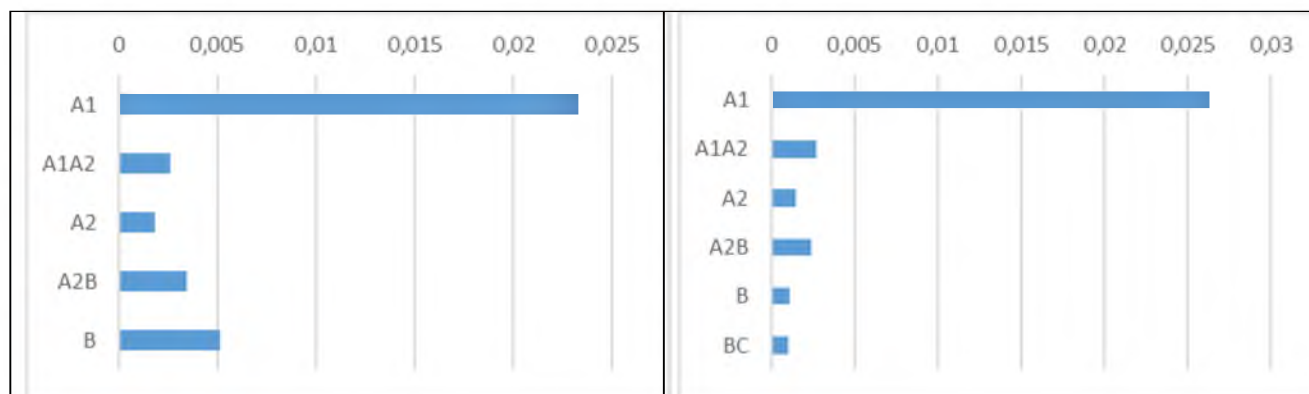


Рисунок 10 – Распределение Hg в профиле почв условно-фоновой и природно-техногенной территории (мг/кг)

Количество ртути, определенное нами в листовом опаде Тюменского федерального заказника, соответствует таковому, определенному в верхнем слое почв разреза. Так, в листовом опаде оно в среднем составляет 36 мкг/кг, а для верхнего горизонта почвы — 27,6 мкг/кг. С глубиной концентрация элемента уменьшается, что свидетельствует о его преимущественном поступлении именно с листовым опадом.

В органических компонентах также в обоих случаях отмечены повышенные значения содержания данного элемента в сравнении с литературными источниками (Боев и др., 2019). При этом, для большинства из них отмечены более низкие содержания на природно-техногенной территории в сравнении с фоновой, за исключением травостоя, что свидетельствует о высокой чувствительности стеблей многолетних злаков, применение которых возможно в качестве геохимического индикатора.

Для подстилки и верхнего горизонта почвы одним из источников поступления Hg является листовая фракция листового опада.

Выяснено, что на 1 га поверхности почвы смешанного леса с осенним опадом каждый год поступает в среднем 700 г Hg (точное количество определяется плотностью леса, составом растительности и т. д.) (табл. 5).

Таблица 5 – Масса ртути, поступающей на поверхность почвы с листовым опадом на площадь 1 га. в г.

Фракция опада	Хвойная фракция	Листовая фракция
Масса Hg во фракциях опада в г/га	276,8 (41,1)	396 (58,9)
Суммарная масса Hg, поступающей с опадом в г/га	672,8 (100)	

Примечание: в скобках указано содержание ртути (%) во фракции опада относительно суммарного содержания в опаде

В пространственном распределении относительно техногенного объекта в почве наблюдается концентрирование данного элемента в направлении господствующего ветра (на севере) в дальней зоне. В органических средах Hg накапливается преимущественно вблизи факелов, в травостое и листьях – в дальней зоне (рис. 11).

Таким образом, ртуть с опадом попадает в подстилку и оттуда поступает в верхний почвенный горизонт как на территории расположения Антипинского

нефтеперерабатывающего завода, так и на условно-фоновой территории Тюменского федерального заказника.

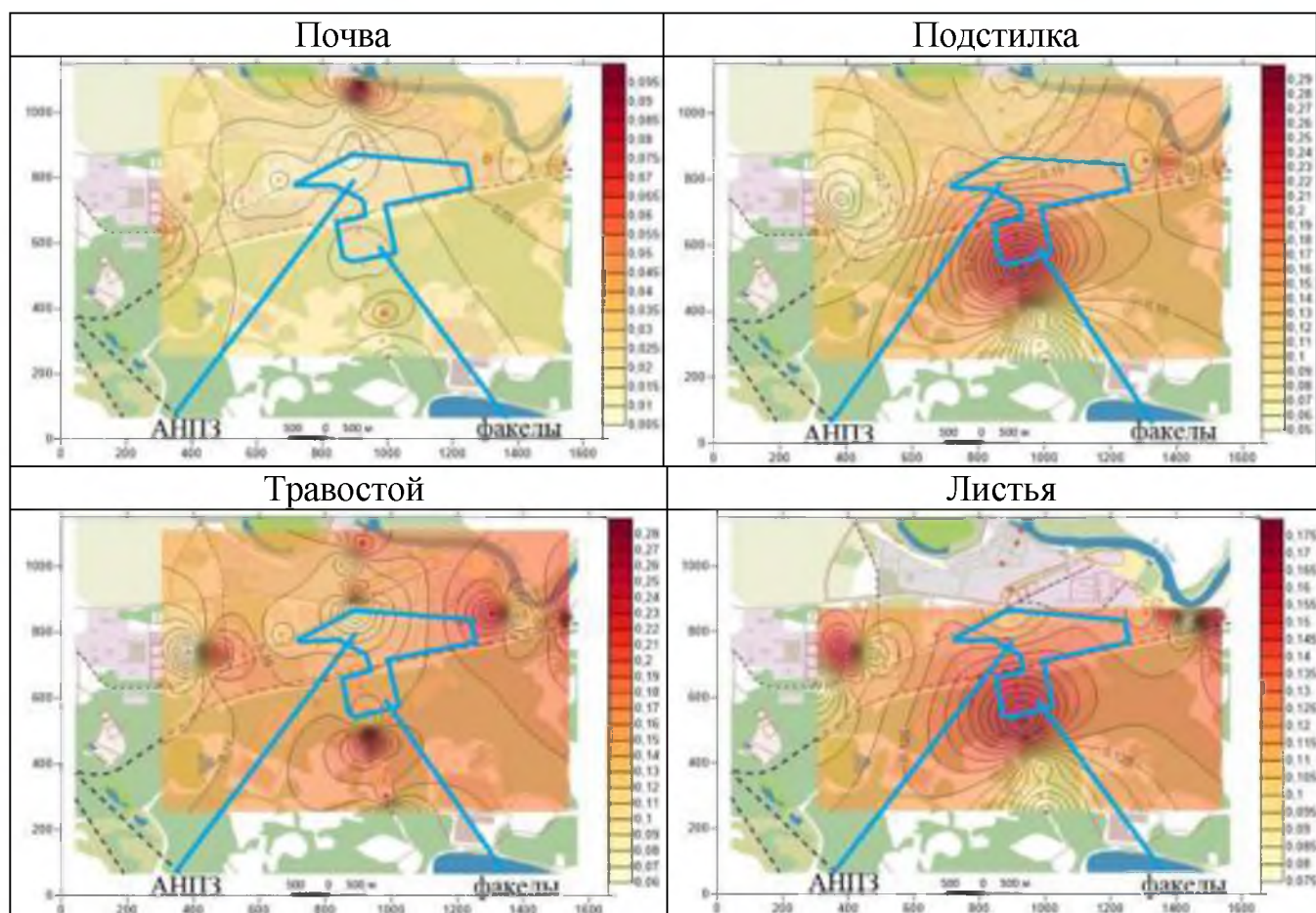


Рисунок 11 – Распределение ртути (мг/кг) на территории расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода в изученных объектах продолжение

Заключение

Проведенные нами исследования геоэкологической ситуации территории расположения Антипинского НПЗ позволяет установить ряд специфических закономерностей.

Так, в природно-техногенной почве, по сравнению с условно-фоновой, трансформация проявляется в верхней части профиля и сокращается с глубиной. В верхнем горизонте зафиксирован наибольший спектр химических элементов с повышенными коэффициентами концентрации: Au, Br, Eu, Na, Co, Fe, Sb и др. Несмотря на это, как по разрезу, так и в горизонте A1 большинство из них сохраняет однородное распределение. Зафиксировано изменение вертикального распределения большинства рассмотренных химических элементов. Наблюдается большая доля глинистой фракции в сравнении с условно-фоновой территорией и прямая зависимость ее количества от техногенной нагрузки. В глинистой фракции содержатся микрочастицы сложного состава.

Для почв Тюменского федерального заказника характерны содержания изученных химических элементов ниже кларка, за исключением Cr. При этом большинство из них имеет однородное распределение и накапливается преимущественно в нижнем горизонте.

В органических компонентах природно-техногенной территории расположения АНПЗ обнаружено повышенное содержание многих химических элементов. Зафиксирован общий спектр (Nd, U, Th, Fe, Eu, Sc, Hf, Ce, Yb, La, Sm, Tb, Co, Au), а также специфические элементы для каждого из них. При этом в сравнении с литературными данными сохраняется общий региональный условно-фоновый спектр элементов с повышенным содержанием, но изменяется количественный порядок, и возрастают показатели суммарного загрязнения.

В органических компонентах условно-фоновой территории наблюдается общий спектр химических элементов с повышенным содержанием: Hg, Ba, Sr, Hf, Ta, Sb, Sc, As, Ca. Таким образом, рассмотренные органические компоненты весьма схожи, несмотря на некоторые специфические элементы, которых больше всего в подстилке. При этом по дифференциации распределения они значительно различаются. На поверхности листьев условно-фоновой территории отмечено наличие микрочастиц сложного состава.

Большинство химических элементов в компонентах условно-фоновой биогеоценоза образует обширные и прочно связанные ассоциации, особенно в органических, с общей редкоземельной специализацией.

Пространственное распределение химических элементов в компонентах природной среды на изучаемой территории относительно НПЗ определяется господствующими направлениями ветра, летучестью элементов, параметрами изученных компонентов и прочими факторами, влияние которых зафиксировано в неоднородном характере получаемых схем как для отдельно взятого компонента, так и для каждого из изученных элементов. В целом выявлено, что в почве, подстилке и травостое большинство химических элементов накапливается в ближней к НПЗ зоне, в листьях березы – наоборот в дальней. В почве и травостое большинство химических элементов накапливается в северном направлении. В листьях зафиксировано почти равномерное накопление на западе и юге. В подстилке распределение элементов по сторонам света приблизительно равномерное. В травостое и березовых листьях проявляется рост дифференциации распределения большинства химических элементов. В целом, в районе влияния промышленного объекта наблюдается неоднородный характер распределения с локальными аномалиями содержания химических элементов вблизи него.

Во всех рассмотренных компонентах изученной территории наблюдается разрушение большинства выявленных в условно-фоновых условиях ассоциативных связей химических элементов и присутствие других связей и ассоциаций. Наиболее прочную элементную ассоциацию сохранил травостой.

Hg в почве и в условно-фоновых, и в природно-техногенных условиях характеризуется преимущественным накоплением в верхнем горизонте. На условно-фоновой территории наблюдается повышенное накопление в березовых листьях и подстилке, на природно-техногенной – в травостое и почве. Листовой опад в фоновых условиях может являться источником поступления ртути в почву.

Количество ртути поступающей на поверхность почвы смешанных хвойно-лиственных лесов с листовым опадом определяется видовым составом и соотношением древесных растений-эдификаторов. В пространственном распределении от НПЗ Нг проявляет высокую летучесть в подветренных направлениях, что отражается как на графиках, так и на картах-схемах ее распределения по удаленности от промышленного объекта.

Список публикаций

Статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК

1. Боев В.А. Соотношение хвойной и листовой составляющих и величина листового опада смешанных хвойно-лиственных лесов подзоны подтайги / В.А. Боев, В.В. Боев // Вестник ОмГАУ – 2017 - №1 (25) - С. 43-49.

2. Боев В.А. Ртуть в листовом опаде подтаежных лесов на фоновой территории / В.А. Боев, Н.В. Барановская, В.В. Боев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – №. 8. – С. 124-131.

3. Барановская Н.В. Элементы – индикаторы воздействия предприятий нефтепереработки в компонентах прилегающих экосистем / Н.В. Барановская, В.В. Боев, В.А. Боев // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 1 (26). С. 16-21.

4. Джамбаев М.Т. Индикаторы ядерного техногенеза на примере территории, прилегающей к бывшему Семипалатинскому испытательному полигону. / М.Т. Джамбаев, Н.В. Барановская, А.В. Липихина, В.В. Боев и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – №. 4 – С.217-229.

5. Боев В.В. Изменение элементного состава верхнего горизонта почв под воздействием предприятий нефтегазопереработки / В.В. Боев, Н.В. Барановская, В.А. Боев, М.Т. Джамбаев, Т.С. Шахова, Л.В. Жорняк // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – №.11 – С.179-191.

В том числе публикации в зарубежных научных журналах, включенных в библиографические базы данных Web of Science и Scopus

1. Boev V.A. Mercury in leaf litter of subtaiga forests on the natural territory / Boev V.A., N.V. Baranovskaya, V.V. Boev // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering – 2018 - V. 329 (8). – P. 124-131.

2. Jambayev M.T. Indicators of nuclear technogenesis on the example of the territories adjacent to the former Semipalatinsk test site / M.T. Jambayev, N.V. Baranovskaya, A.V. Lipikhina, V.V. Boev, Z.S. Apsalikova, M.K. Raiymkulova, A.F. Sudyko // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering – 2019. – V. 330 (4). – P. 217-229.

3. Boev V.V. Change of elemental composition of soil upper horizon under the influence of oil and gas refining enterprises / V.V. Boev, N.V. Baranovskaya, V.V. Boev, M.T. Jambayev, T.S. Shakhova, L.V. Zhornyak // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. – 2019. – V. 330 (11). – P. 179–191.

Статья в материалах конференций

1. Боев В.А., Боев В.В. Некоторые микроэлементы в серых лесных почвах и травянистых растениях ландшафтов подтайги юга Тюменской области /

Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития, материалы XII Международной ландшафтной конференции: в 3 т. Том. 1. с. 251-254.

2. Боев В.А., Боев В.В., Черевко А.С. Микроэлементы в дерново-подзолистых почвах лесов подтайги Западной Сибири. - Современные тенденции биогеохимии (Тр. Биогеохим. лаборатории, т. 25). – М.: ГЕОХИ РАН, 2016. с. 268-275.

3. Боев В.А., Боев В.В., Черевко А.С. Особенности содержания и распределения некоторых микроэлементов в почвах подтаежных лесов юга Тюменской области. - Современные проблемы состояния и эволюции таксонов биосферы (Тр. Биогеохим. лаборатории, т. 26). – М.: ГЕОХИ РАН, 2017. с. 307-313.

4. Боев В.А., Боев В.В. Соотношение хвойной и листовой составляющих и величина листового опада смешанных хвойно-лиственных лесов подзоны подтайги. – «Вестник ОмГАУ» №1 (25) 2017 г. с. 43-49.

5. Боев В.В. Распределение ртути в дерново-подзолистых почвах восточной части Тюменского федерального заказника / Творчество юных – шаг в успешное будущее: Материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 614 с.