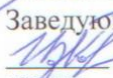


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экономики, управления и природопользования  
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 С.В. Верховец  
подпись  
« 21 » 06 20 16г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

05.03.06 - экология и природопользование  
**05.03.06.02 - Природопользование**

Оценка содержания тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия КраЗа

Руководитель

  
подпись, дата


Т.В. Пономарева  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

Е.М. Козырева  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата

И.Г. Гетте  
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Характеристика исследуемых тяжелых металлов и алюминия .....	6
1.1 Кобальт.....	6
1.2 Свинец .....	7
1.3 Цинк.....	8
1.4 Кадмий .....	9
1.5 Медь.....	9
1.6 Никель .....	10
1.7 Алюминий.....	10
2. Источники поступления, вредное воздействие и способы детоксикации почв .....	13
2.1 Источники поступления ТМ в почвы .....	13
2.2 Способы детоксикации почв.....	14
2.3 Вредное воздействие ТМ на человека .....	14
3. Объект и методы исследования .....	20
3.1 Объект исследования: ближняя зона воздействия КрАЗ.....	20
3.2 Методы исследования.....	21
4. Результаты и обсуждение .....	23
4.1. Характеристика пробных площадей .....	23
4.2. Физико-химические свойства исследуемых почв .....	27
4.3. Содержание и распределение металлов в почвах.....	30
4.4. Экологическая оценка почв по содержанию металлов.....	32
Заключение .....	40
Список использованных источников .....	40

## ВВЕДЕНИЕ

Красноярский край является лидером в России по объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, его выбросы ежегодно составляют 10-12% суммарных объемов выбросов в России в целом. Наиболее крупными загрязнителями в городе Красноярске являются ОАО «Красноярский алюминиевый завод», ТЭЦ -1, ТЭЦ - 2, ТЭЦ - 3, ОАО «Красэнерго» и другие.

Суммарное выпадение вредных веществ на территорию в 2006 году г. Красноярска составили 994 т/км<sup>2</sup>. Из общей площади 128,8 тыс. га пригородных районов г. Красноярска накопление тяжелых металлов в почвах сельхозугодий занимают площади: цинка - 34 тыс. га, свинца - 56, меди - 29, кадмия - 26, кобальта - 19 и мышьяка - 5 тыс. га [1].

В результате хозяйственной и промышленной деятельности человека вследствие загрязнения происходит нарушение различных физических, химических и биологических процессов, протекающих в почве. В настоящее время по степени опасности, темпам и объемам техногенного поступления одно из первых мест среди загрязнителей занимают тяжелые металлы, опережая пестициды, двуокись углерода, серы, промышленные и бытовые отходы. Особую биологическую опасность среди загрязняющих веществ представляет также алюминий [2].

Тяжелые металлы попадают в окружающую среду практически на всех стадиях металлургического производства. Часть теряется при транспортировании руд. Дальнейший выброс происходит непосредственно на производственной стадии (в выбросах присутствуют не только металлы, но и другие вредные вещества). Окружающая среда может быть загрязнена соединениями алюминия в результате их выбросов в атмосферу или в сточные воды в районах расположения алюминиевых, горнорудных, лакокрасочных, бумажных, текстильных и других промышленных предприятий. Опасность рассеянных металлов заключается в их способности аккумулироваться в организмах растений и животных [3,4,5].

Поступающие в почву соединения металлов накапливаются и приводят к постепенному изменению химических и физических свойств почвы, снижают численность живых организмов, ухудшают ее плодородие. В почвах медленно накапливаются токсичные уровни загрязняющих веществ, но при этом они долго в ней сохраняются, негативно влияя на экологическую обстановку целых регионов. Чрезвычайно важно изучение современного состояния и изменения почв под влиянием антропогенной деятельности, так как она является неотъемлемым звеном биосферы и играет важнейшую роль в жизни общества всей планеты [6,7,8].

Высокие концентрации многих химических элементов и соединений, обусловленные техногенными процессами, обнаружены в настоящее время во всех природных средах: атмосфере, воде, почве, растениях [9]. На основе многочисленных данных, полученных в полевых условиях и лабораторных экспериментах, выявлены тенденции миграции и аккумуляции этих элементов в почвах [10,11].

В г. Красноярск одним из основных источников техногенного поступления тяжелых металлов является Красноярский алюминиевый завод. В зону воздействия этого предприятия входят лесные и нелесные территории. Хорошо изучены проблемы загрязнения почв фтором, как одним из основных загрязняющих веществ при производстве алюминия [12,13,14]. Данные о состоянии почв в районе КрАЗа представлены и в виде научных исследований, и в виде официальных документов контролирующих органов. Так согласно постановлению Главного государственного санитарного врача Красноярского края Куркатова С.В. №14 от 17.04.1989 года «О запрещении использования земель под выращивание сельскохозяйственных культур совхоза «Солонцы» Емельяновского района» в почве на расстоянии до 15 км от территории Красноярского алюминиевого завода в Северном, Северо-Восточном, и на расстоянии до 7 км в Восточном и Юго-Восточном направлениях обнаружены концентрации водорастворимого фтора, превышающие ПДК от 2,5 до 9,2 раз. В выращенных в радиусе до 7 км от завода овощах в результате миграции и

транслокации концентрации водорастворимого фтора превышают ПДК от 1,4 до 28,7 раз. С учетом изложенных обстоятельств использование земель в указанных направлениях на расстоянии до 7 км для выращивания всех сельскохозяйственных культур, кроме используемых на технические цели и как семенной материал, было запрещено [15].

Объектом ранее проведенных исследований были в основном сельскохозяйственные земли и воздействие фтора, как главного загрязнителя, поступающего от алюминиевых заводов [14]. Почвенный покров в промышленных зонах отличается большим разнообразием и мозаичностью [10]. На прилегающих к заводу территориях почвенный покров представлен различными типами естественных и антропогенно-преобразованных почв, которые характеризуются различной устойчивостью к загрязнению. Актуальность данной работы заключается в необходимости проведения оценки состояния почв в зоне воздействия данного предприятия.

#### **Цель данной работы:**

установить зависимости содержания тяжелых металлов в почвах различных типов в ближней зоне воздействия завода от расстояния и от кислотности почв, как одного из основных свойств почв, определяющих подвижность тяжелых металлов.

#### **Задачи:**

- 1) изучить морфологические свойства почв в ближней зоне воздействия КрАЗ, определить их классификационное положение, определить физико-химические свойства исследуемых почв;
- 2) определить содержание тяжелых металлов в них, оценить уровень их содержания с помощью экологических коэффициентов;
- 3) установить зависимость содержания тяжелых металлов от кислотности почв и от расстояния от источника загрязнения.

## **1. Характеристика исследуемых тяжелых металлов и алюминия**

К тяжелым металлам относятся свыше 40 элементов, имеющих атомную массу более 50 а.е.м. Наиболее распространенными из них являются хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, кадмий, олово, сурьма, теллур, ртуть, галлий, свинец, висмут [16]. В периодической системе Д.И. Менделеева они начинаются со Sc [17].

Для наших исследований был определен следующий перечень определяемых металлов: Cu, Ni, Zn, Co, Cd, Pb и Al. Эти элементы упоминаются в литературе как приоритетные загрязнители при воздействии алюминиевой промышленности. Следует отметить, что алюминий не является тяжелым металлом, но его изучение в составе почв в зоне воздействия алюминиевого завода очень важно. Так как алюминий способен образовывать опасные соединения с другими элементами и веществами.

Каждый из элементов, относящийся по своим характеристикам к тяжелым металлам, в почве имеет определенные особенности нахождения.

### **1.1 Кобальт**

В земной коре высокие концентрации кобальта (Co) характерны для ультраосновных пород (100-220 мг/кг), а содержания в кислых породах значительно ниже (1-15 мг/кг). В осадочных породах относительное содержание кобальта, связанного с глинистыми минералами или органическим веществом, изменяется в пределах 0,1-20 мг/кг.

В природных условиях высокие содержания кобальта обычно наблюдается в почвах, развитых над рудными телами. Существенные источники загрязнения этим элементом связаны с выплавкой цветных металлов, тогда как сжигание угля и других видов топлива имеет меньшее значение. Тем не менее придорожные почвы и уличная пыль характеризуются повышенным содержанием кобальта.

Как правило, кобальт в почвах унаследован от материнских пород. Почвы, образовавшиеся на основных породах и на глинистых отложениях, содержат наибольшее его количества [18].

Поведение и формы миграции Co в водах во многом определяются pH, но все же в значительно меньшей степени, чем у ряда других тяжелых металлов, так как он менее подвержен гидролизу и вплоть до pH=9,0 может существовать в виде свободных ионов  $Co^{+2}$ . Около половины растворенных форм Co находится в закомплексованном состоянии (гидрокарбонатные и фульватные комплексы), другая половина - в свободном состоянии.

Важными факторами распределения и поведения Co в почвах являются также органическое вещество и содержание глинистых частиц. Особенно большая роль отводится монтмориллонитовым и иллитовым глинам из-за их высокой сорбиционной способности и относительно легкого высвобождения кобальта. Подвижность Co существенно зависит от характера органического вещества почв.

Источниками техногенного Co для ландшафтов служат отходы производства красителей, пластмасс, добыча и производство руд черных, цветных и редких металлов. Повышенные концентрации Co токсичны, но он не входит в число приоритетных загрязнителей [19].

## **1.2 Свинец**

Из-за широкомасштабного загрязнения окружающей среды свинцом (Pb), верхние горизонты большинства почв обогащены этим элементом. Кларк свинца в почвах мира составляет 10 мг/кг, а среднее содержание в почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава России - 40 мг/кг [20]. Среднее содержание свинца в дерново-подзолистых почвах составляет 15 мг/кг [21]. По геологической классификации этот элемент – халькофил [20].

Как и у других тяжелых металлов, миграция Pb тесно связана с щелочно-кислотными условиями. В нейтральной и щелочной среде его соединения малоподвижны, в кислой среде он хорошо мигрирует в катионной форме.

К основным источникам загрязнения почв свинцом относятся автотранспорт и цветная металлургия, при этом 11% от общих выбросов свинца – это производство железа, стали, ферросплавов. В почвах свинец менее подвижен, чем другие тяжелые металлы. При нейтральной и щелочной реакции среды подвижность свинца значительно снижается [22]. Свинец хорошо закрепляется органическим веществом почвы. Кроме того, данный элемент в почвах хемосорбируется в форме фосфатов, гидроксидов и карбонатов. Свинец может активно связываться глинистыми минералами и полуторными оксидами.

### 1.3 Цинк

Кларк Zn  $8,3 \cdot 10^{-3}\%$ . Известно 66 его минералов, важнейшие из них - сфалерит (ZnS) и смитсонит (ZnCO<sub>3</sub>). Биофильность Zn наивысшая среди халькофильных металлов, она лишь немного ниже, чем у K и Ca, превосходит Mg и Na. Валентность Zn постоянная, и поэтому главное влияние на его миграцию оказывают изменение щелочно-кислотных условий и сорбционные процессы. Существенно также значение гидролиза и комплексообразования [19].

Основные источники загрязнения почв цинком (Zn) – это цинкоплавильные заводы (60%). В верхнем горизонте почвы на расстоянии до 1 км от цинкоплавильного завода можно обнаружить содержание цинка в тысячи и десятки тысяч мг/кг [20]. Цинк является наиболее растворимым элементом в почве. С гумусом этот элемент образует устойчивые соединения. Адсорбция цинка почвой зависит от pH. В щелочной среде цинк адсорбируется по механизму хемосорбции, а в кислой среде происходит катионо-обменное поглощение. При повышенной кислотности возрастает доля подвижного цинка [22].



## 1.4 Кадмий

Распространенность Кадмия (Cd) в магматических и осадочных породах не превышает 0,3 мг/кг. Этот элемент, по-видимому, концентрируется в глинистых осадках и сланцах. Геохимия кадмия тесно связана с геохимией Zn, и обнаруживает большую, чем Zn, подвижность в кислых средах. Кадмий образует соединения, изотипичные соответствующим соединениям таких катионов, как  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и в некоторых случаях  $Ca^{2+}$ . Главный фактор, определяющий содержание Cd в почвах, - это химический состав материнских пород. Средние содержания Cd в почвах лежат между 0,07 и 1,1 мг/кг. При этом фоновые уровни Cd в почвах, по-видимому, не превосходят 0,5 мг/кг, и все более высокие значения свидетельствуют об антропогенном вкладе в содержание Cd в верхнем слое почв [20].

Cd наиболее подвижен в кислых почвах в интервале pH 4,5-5,5, тогда как в щелочных он относительно неподвижен. Кадмий менее активный комплексообразователь, чем многие другие тяжелые металлы. Преобладают гидроксо- и карбонатные комплексы, роль фульватных комплексов значительно меньше. Последние образуются преимущественно в щелочной среде [19].

Современные концентрации Cd в верхнем слое почв по имеющимся данным высоки вблизи свинцово-цинковых рудников и в особенности в окрестностях предприятий цветной металлургии. Орошение сточными водами и фосфатные удобрения - также важные источники Cd, поэтому им посвящено несколько обширных работ [23,24].

## 1.5 Медь

Особенностью нахождения меди (Cu) в почвах является аккумуляция в поверхностных горизонтах, вызванная техногенным воздействием на окружающую среду и биоаккумуляцией. Кларк меди в почвах мира составляет 20 мг/кг. В суглинистых и глинистых почвах России среднее содержание 12 мг/кг [21]. ПДК этого элемента для почв составляет 55 мг/кг. Минимальное

содержание меди отмечается в песчаных почвах, а максимальное - в ферралитных. По геологической классификации этот элемент относится к группе халькофилов. В почвах медь в основном содержится в валовой форме и является малоподвижным элементом. Подвижная медь представлена двухвалентным катионом. Основная часть меди в почвах связана с оксидами железа и марганца. При этом медь теснее ассоциируется с марганцем, чем с железом. Гуминовые кислоты образуют с медью устойчивые полимеры. При щелочной реакции среды наблюдается наименьшая растворимость меди [22].

## **1.6 Никель**

Содержание никеля (Ni) в почвах в основном зависит от насыщенности этим элементом почвообразующих пород. Однако часто уровень никеля в почвах связан с масштабами техногенного загрязнения [20]. Кларк никеля в почвах составляет 40 мг/кг, а его среднее содержание в суглинистых и глинистых почвах России 24 мг/кг [4]. Уровень ПДК никеля в почвах соответствует значению 85 мг/кг. По геологической классификации тяжелых металлов никель относится к группе сидерофилов.

В почвах мира содержание Ni мигрирует слабее, чем многие другие тяжелые металлы из-за его связывания глинами, оксидами Fe и Mn, органическим веществом и сравнительно малой доли подвижных форм. В нейтральной и слабощелочной среде он малоподвижен.

Никель попадает в почву за счет промышленных выбросов и при сжигании топлива. Никель в почвах образует соединения с органическим веществом в формах легкорастворимых хелатов. Внутрипрофильная миграция никеля происходит в двухвалентной форме.

## **1.7 Алюминий**

Алюминий (Al) - один из главных компонентов земной коры, он присутствует в породах в количестве 0,45 - 10%. В соединениях с

кислородосодержащими лигандами алюминий образует единственный устойчивый и широко распространенный ион  $Al^{3+}$ . При выветривании минералов первичных пород образуется ряд гидроокисных соединений Al различного заряда и состава- от  $Al(OH)^{2+}$  до  $Al(OH)_6^{3-}$ , и эти частицы затем становятся структурными компонентами глинистых минералов.

Алюминий - амфотерный элемент, его соединения растворимы только в сильноокислых и сильнощелочных растворах. В кислой среде алюминий образует растворимые отрицательно заряженные (анионные) фульватные комплексы. В широком диапазоне от слабокислых до слабощелочных сред Al представлен труднорастворимым  $Al(OH)_3$  и мигрирует слабо [19].

Общее содержание Al в почвах унаследовано от материнской породы, однако важную роль в плодородии почв играет та фракция Al, которая обладает легкой подвижностью и способностью к катионному обмену. В кислых почвах с pH ниже 5,5 подвижность Al резко возрастает, и при ионном обмене он активно конкурирует с другими катионами. В нейтральных почвах растворы содержат Al в количестве примерно 400 мкг/л, тогда как в почвенном растворе с pH 4,4 содержание Al составляет 5700 мкг/л. Подвижный Al в кислых почвах быстро поглощается растениями, что может вызывать у них химический стресс [20].

Важной проблемой, возникающей при изучении воздействия тяжелых металлов непосредственно в районах, подверженных техногенезу является то, что различные уровни загрязнения тяжелыми металлами приходится на разные почвы с различными свойствами и, поэтому, выявить влияние одного только фактора загрязнения на свойства почв, а тем более сравнить свойства загрязненной и чистой, не подверженной техногенезу почвы представляется практически невозможным.

Если почва прочно связывает тяжелые металлы (обычно в богатых гумусом глинистых почвах), это предохраняет от загрязнения грунтовые и питьевые воды, растительную продукцию. Но тогда сама почва постепенно становится все более загрязненной и в какой-то момент может произойти

разрушение органического вещества почвы с выбросом тяжелых металлов в почвенный раствор. В итоге такая почва окажется непригодной для сельскохозяйственного использования. Обедненные гумусом почвы слабо связывают тяжелые металлы, легко отдают их растениям. На таких почвах возрастает опасность загрязнения растений и подземных вод [6].

## **2. Источники поступления, вредное воздействие и способы детоксикации почв**

### **2.1 Источники поступления ТМ в почвы**

Важно учитывать и разграничивать источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду. В самом общем плане выделяют естественные (природные) и техногенные источники поступления тяжелых металлов [16,25,20].

Первичное местонахождение тяжелых металлов на планете - верхняя мантия, базальты и граниты [26], поэтому естественным источником тяжелых металлов для почв являются горные породы (осадочные, магматические, метаморфические), на продуктах выветривания которых сформировался почвенный покров [25]. Осадочные породы, воды океана, живое вещество - уже вторичные резервуары, содержащие тяжелые металлы [27].

Формирование и динамика ореолов загрязнения почв тяжелыми металлами, поступающими от источников промышленных выбросов (техногенные источники), зависят как от объемов выбросов ТМ, так и от многих факторов, связанных с миграцией загрязняющих веществ в атмосферу, поступлением их на почву, с миграцией в почве и из почвы в сопредельные среды. С удалением от источника промышленных выбросов массовые доли тяжелых металлов в почвах уменьшаются до фоновых (примерно на расстоянии от 5 до 20 км в зависимости от мощности источника). Особенно сильно могут быть загрязнены почвы 1-километровой зоны вокруг крупного источника промышленных выбросов тяжелых металлов в атмосферу. Выпадения тяжелых металлов на почву, особенно в ближней зоне от источника выбросов, свидетельствуют о высокой неоднородности (пятнистости) загрязнения почв.

В атмосферных выпадениях вокруг алюминиевых заводов, кроме фтора – специфического загрязняющего элемента, обнаруживается значительное содержание алюминия и щелочных металлов, особенно натрия, а также тяжелых металлов – свинца, марганца, меди и цинка. В кислых и нейтральных

почвах, расположенных вокруг алюминиевых заводов, могут изменяться и другие свойства, обусловленные действием фторидов натрия: сдвиг рН в щелочную область может достигать 1,5-1,8 единиц.

Уровни содержания ТМ в почвах зависят от окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств последних, водно-теплового режима и геохимического фона территорий.

## **2.2 Способы детоксикации почв**

Если почвы загрязнены тяжелыми металлами, то очистить их практически невозможно. Один из способов – засеять такие почвы быстрорастущими культурами, дающими большую зеленую массу; такие культуры извлекают из почвы токсичные элементы, а затем собранный урожай уничтожают. Но это довольно длительная и дорогостоящая процедура.

Можно снизить подвижность токсичных соединений и поступление их в растения, если повысить рН почв известкованием или добавить большие дозы органических веществ, например, торфа.

Неплохой эффект может дать глубокая вспашка, когда верхний загрязненный слой почвы при вспашке опускают на глубину 50 - 70 см, а глубокие слои почвы поднимают на поверхность. Для этого можно воспользоваться специальными многоярусными плугами, но при этом глубокие слои все равно остаются загрязненными.

Наконец, на загрязненных тяжелыми металлами почвах можно выращивать культуры, не используемые в качестве продовольствия или кормов, например, цветы [28].

## **2.3 Вредное воздействие ТМ на человека**

Состояние всех компонентов экосистемы проявляет четкую градиентную зависимость от воздушного загрязнения. С приближением к источнику загрязнения закономерно снижается надземная масса деревьев, как наиболее

чувствительная к его воздействию, падает продуктивность коренных и антропогенно-преобразованных лесов. Наблюдаются изменения и в структуре фитоценоза. Происходит выпадение жизненных форм, более чувствительных к загрязнению (зеленые мхи, лишайники), которые доминируют в фоновых условиях.

Тяжелые металлы, попадая в наш организм, остаются там навсегда, вывести их можно только с помощью белков молока и белых грибов. Достигая определенной концентрации в организме, они начинают свое губительное воздействие - вызывают отравления, мутации. Кроме того, что сами они отравляют организм человека, они еще и чисто механически засоряют его - ионы тяжелых металлов оседают на стенках тончайших систем организма и засоряют почечные каналы, каналы печени, таким образом, снижая фильтрационную способность этих органов.

#### **Токсическое действие кадмия**

Кадмий, цинк и медь являются наиболее важными металлами при изучении проблемы загрязнений, так они широко распространены в мире и обладают токсичными свойствами. В результате атмосферных процессов эти элементы легко попадают в океаны. Растительность содержит различное количество обоих элементов, но содержание цинка в золе растений относительно высоко, так как этот элемент играет существенную роль в питании растений.

Около 1 млн. кг кадмия попадает в атмосферу ежегодно в результате деятельности заводов по его выплавке, что составляет около 45 % общего загрязнения этим элементом. 52 % загрязнений попадают в результате сжигания или переработки изделий, содержащих кадмий. Кадмий обладает относительно высокой летучестью, поэтому он легко проникает в атмосферу.

Попадание кадмия в природные воды происходит в результате применения его в гальванических процессах и техники. Наиболее серьезные источники загрязнения воды цинком – заводы по выплавке цинка и гальванические производства.

Потенциальным источником загрязнением кадмием являются удобрения. При этом кадмий внедряется в растения, употребляемые человеком в пищу, и в конце цепочки переходят в организм человека. Кадмий и цинк легко проникают в морскую воду и океан через сеть поверхностных и грунтовых вод.

Кадмий и его соединения относятся к I классу опасности. Он проникает в человеческий организм в течение продолжительного периода. Вдыхание воздуха в течение 8 часов при концентрации кадмия  $5 \text{ мг/м}^3$  может привести к смерти. При хроническом отравлении кадмием в моче появляется белок, повышается кровяное давление.

Ведение контроля за содержанием кадмия в выбросах плавильных заводов и других предприятий является одним их эффективных путей предотвращения поступления кадмия.

Пища является основным источников воздействия кадмия на все группы населения. В сильно загрязненных районах пыль, содержащаяся в окружающем воздухе, может в значительной степени загрязнять сельскохозяйственные культуры и оказывать воздействие через дыхательные и пищеварительные системы [29].

#### **Токсическое действие никеля**

Металлический никель и его соединения вызывают рак. Канцерогенное действие никеля связывают с нарушением метаболизма клеток. Соли никеля вызывают поражение кожи человека с развитием повышенной чувствительности к металлу.

Смертность от рака легких, полости носа и его пазух составляет 35,5% всех смертей рабочих, занятых электролизом и рафинированием никеля.

Тетракарбонил никеля  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  раздражает глубокие дыхательные пути, вызывая пневмонию и отек легких независимо от пути поступления в организм. Значительное общее токсическое действие направлено на нервную систему.

Считают, что никель не обладает прямым раздражающим действием на кожу. Однако у никелировщиков, работающих на производстве электролизом и



имеющих контакт с его солями, наблюдается «никелевая экзема», «никелевая чесотка»: фолликулярно-расположенные папулы, отек, эритема, пузырьки.

### **Токсическое действие кобальта**

Кобальт – важный биологический элемент. В малых дозах в организме он активизирует ряд ферментов, регулирующих тканевое дыхание, кроветворение и другие процессы, а в больших дозах угнетает.

Избыток кобальта в организме влияет на сердечно-сосудистую систему, расширяет сосуды, снижает кровяное давление; избирательно поражает сердечную мышцу. Дефицит белка усиливает токсическое действие кобальта. При длительном вдыхании кобальта или его оксидов возникают воспалительные и склеротические изменения в легких.

Мелкие частицы кобальта вызывают острый дерматит в виде многочисленных не сливающихся красных капсул, узелков и отека; иногда поверхностные изъязвления. Сам металлический кобальт – слабый аллерген и редко бывает причиной контактного дерматоза.

Процесс вдыхания паров у человека вызывает слабость, тошноту и затруднение дыхания. При более высоких концентрациях – расширенные и суженные, неравномерные зрачки, двойное видение, снижение сухожильных рефлексов, отклонение языка, а иногда судорожные подергивания.

При хронических отравлениях среди работающих много ринитов, ринофарингитов, понижения обоняния. Бывают также признаки поражения миокарда, тенденции к анемизации.

После однократного вдыхания в легких задерживается ~5%, которые удаляются в течение 2 недель.

### **Токсическое действие свинца**

Свинец является одной из главных причин промышленных отравлений. Загрязнение свинцом атмосферного воздуха, почвы и воды в окрестности таких производств, а также вблизи крупных автомобильных дорог создает угрозу поражения свинцом населения, проживающего в этих районах, особенно чувствительны к воздействию тяжелых металлов дети [30].

Вдыхаемая пыль примерно на 30-35 % задерживается в легких, значительная доля её всасывается потоком крови. Всасывания в желудочно-кишечном тракте составляют в целом 5-10 %, у детей – 50 %. Дефицит кальция и витамина Д усиливает всасывание свинца.

Свинец не является жизненно необходимым элементом. Он токсичен и относится к I классу опасности. Неорганические его соединения нарушают обмен веществ и являются ингибиторами ферментов (подобно большинству тяжелых металлов). Одним из наиболее коварных последствий действия неорганических соединений свинца считается его способность заменять кальций в костях и быть постоянным источником отравления в течение длительного времени. Биологический период полураспада свинца в костях - около 10 лет. Количество свинца, накопленного в костях, с возрастом увеличивается, и в 30-40 лет у лиц, по роду занятий не связанных с загрязнением свинца, составляет 80-200 мг.

Вследствие глобального загрязнения окружающей среды свинцом он стал вездесущим компонентом любой пищи и кормов. Растительные продукты в целом содержат больше свинца, чем животные.

#### **Токсическое действие меди**

Медь содержится в организме в основном в виде комплексных органических соединений и играет важную роль в процессах кроветворения. Во вредном действии избытка меди в организме предполагают реакцию её с SH-группами ферментов. С колебаниями содержания меди в сыворотке и коже связывают появление депигментации кожи. Соединения меди, вступая в реакцию с белками тканей, оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта.

Попадание сульфата или ацетата меди в желудок человека вызывает тошноту, рвоту, боли в животе, понос, быстрое появление гемоглобина в плазме крови и моче. Процесс может вызвать желтуху, анемию.

В процессе хронической интоксикации медью и ее соединениями возможны функциональные расстройства нервной системы, нарушение функции печени и почек, изъязвление и перфорация носовой перегородки.

С пищей человек ежедневно получает 2-5 г меди, из которых усваивается около 30%. До 90% меди откладывается в печени. Выделение же из организма происходит в основном через желудочно-кишечный тракт [26,31,32].

#### **2.4 Влияние алюминиевой промышленности на почвы**

Крупные промышленные производства алюминия являются источниками интенсивного загрязнения атмосферы токсичными веществами. Помимо соединений фтора, диоксида серы, технологической пыли и других веществ, в выбросах таких предприятий содержится большое количество металлов.

Большая часть взвешенных веществ осаждается на расстоянии 1-2 км от предприятия в санитарно-защитной зоне. Поскольку металлы в основном находятся в составе технологической пыли, они вместе с ней оседают на данной территории.

Высокая концентрация фтористого водорода в выбросах алюминиевого завода может косвенно влиять на увеличение подвижных форм металлов в почве за счет повышения кислотности среды [2,33,34,35].

### **3. Объект и методы исследования**

#### **3.1 Объект исследования: ближняя зона воздействия КрАЗ**

Красноярский алюминиевый завод имени В. И. Ленина построен в 1964 году в северо-восточной части г. Красноярск. Проектная мощность завода составляла 865 тыс. тонн. Продукцией является первичный алюминий, алюминиевые сплавы, алюминий высокой чистоты. КрАЗ работает от энергии Красноярской ГЭС, и потребляет около 70 % производимой ею электроэнергии. Поставщиками сырья являются Ачинский и Николаевский глинозёмные комбинаты, Павлодарский алюминиевый завод. КрАЗ представляет собой крупный промышленный объект с развитой инфраструктурой, сетью автомобильных дорог. Для рабочих был построен посёлок Индустриальный на удалении 1000-2000 м от завода, который в последствии был ликвидирован и жители поселка переселены, в результате признания данной территории непригодной для проживания.

Красноярск расположен в лесостепной зоне, на юге красноярского края. Данный район характеризуется резко-континентальным климатом, со средними температурами января от  $-18$  до  $-22$  °С и средними температурами июля до  $+20$  °С. Продолжительность безморозного периода 103-120 суток. Осадки преимущественно летние, составляют 400-600 мм.

В соответствии с особенностями розы ветров в исследуемой местности формируются ореолы рассеяния загрязняющих элементов. В связи со спецификой выпадения тяжелых металлов с технологической пылью в небольшом радиусе от источника в данной работе изучались особенности распределения тяжелых металлов в почвах в ближней зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода (удаление от источника загрязнения до 5 км).

Для реализации поставленных задач была заложена сеть пробных площадей ( рисунок 1), расположенных на различном расстоянии (от 300 м до 20 км и на контрольных пробных площадях, удаленных на 100 км от города).

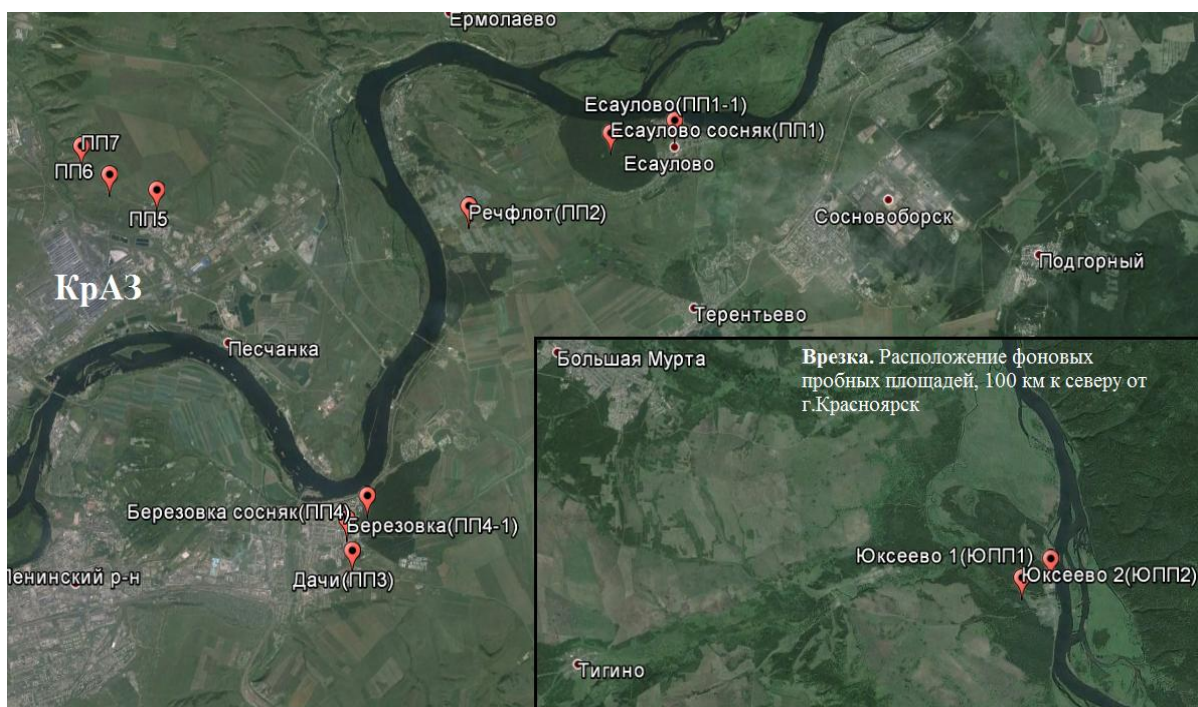


Рисунок 1 - Карта-схема расположения заложённых почвенных разрезов

Почвы на пробных площадях относятся к разным классификационным категориям (Классификация 2004), что отражает специфику прилегающей к предприятию территории.

### 3.2 Методы исследования

Организация исследований состояния экосистем в районе воздействия КраЗ проводилась согласно действующим нормативным документам [36].

Пробные площади подбирались с учетом градиента загрязнения на различном расстоянии от источника поллютантов (300 м, 1500 м, 3000 м, 10000 м, 20000 м, 100 км). Кроме того, пробные площади заложены с учетом наличия вариантов антропогенных экосистем (городские, агрогенные, техногенные) и мозаичности почвенного покрова в зоне воздействия промышленного предприятия.

Для оценки состояния почв на территории воздействия алюминиевого завода заложены почвенные разрезы по стандартным методикам [37], проведен

их морфологический анализ, отобраны образцы почв из генетических горизонтов и по слоям 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см, 15-20 см для физико-химических анализов и определения валового содержания тяжелых металлов и алюминия [38].

Водородный показатель pH широко используется для характеристики кислотно-основных свойств различных биологических сред, в том числе и почв. Кислотность среды имеет важное значение для множества химических процессов. Возможность протекания или результат той или иной реакции часто зависит от pH среды. В данной работе определение показателя pH проводилось потенциометрически с помощью pH-метра Piccolo HI 1280. Сущность метода заключается в извлечении водорастворимых солей из почвы дистиллированной водой при отношении почвы к воде 1:5 и определении pH путем погружения прибора в суспензию [39].

Валовое содержание тяжелых металлов является фактором емкости, отражающим в первую очередь потенциальную опасность загрязнения растительности, инфильтрационных и поверхностных вод. Характеризует общую загрязненность почв. Валовое содержание тяжелых металлов и алюминия определено методом атомно-адсорбционной спектрометрии с использованием спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915. Метод атомно-абсорбционной спектрометрии широко используется при анализе минерального вещества для определения различных элементов. Принцип действия метода основан на переведении анализируемой пробы в атомарное состояние и последующем измерении оптической плотности атомных паров определяемого элемента в определенном спектральном диапазоне. Перечень металлов для наших исследований был определен по литературным данным, как приоритетные загрязнители при воздействии алюминиевой промышленности (Cu, Ni, Zn, Co, Cd, Pb, Al).

## 4. Результаты и обсуждение

Обследования почв и растительности на территории, находящейся в ближней зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода проводились неоднократно [40,12,41]. В литературе также приводятся количественные характеристики содержания металлов в почвах, но эти сведения касаются в основном сельско-хозяйственных земель .

На территории примыкающей к КрАЗу, локализуются почвы различных антропогенно-преобразованных типов, отличающихся своим генезисом и, соответственно, закономерностями распределения веществ в профиле. В связи с этим были проведены исследования нескольких отличающихся разностей почв в данной зоне.

### 4.1 Характеристика пробных площадей

Содержание загрязняющих веществ в почвах зависит от расстояния от источника поллютантов, в связи с этим исследованы почвы на участках, расположенных по градиенту выпадения анализируемых элементов.

Таблица 1 - Характеристика пробных площадей (ПП)

Наименование пробной площади	Характеристика
ПП5	Расстояние 300 м от забора завода. Расположен в непосредственной близости от автомобильной дороги. Участок относится к зоне тяжелого поражения растительности, периодически подвергается воздействию пирогенного фактора. Характеризуется рудеральной растительностью в напочвенном покрове, почвы относятся к абразёмам <sup>1</sup> [42]. На суглинистом, уплотненном после прохождения тяжелой строительной техники

<sup>1</sup> Отдел абразёмы объединяет почвы, лишённые верхних диагностических горизонтов в результате естественных или антропогенных процессов – эрозии, дефляции или механического срезания. Непосредственно на дневную поверхность выступает в той или иной степени сохранившийся срединный горизонт.

Продолжение таблицы 1

	на поверхности сформировался органо-минеральный горизонт мощностью 8-9 см (рисунок 2).
ПП6	Расстояние 1500 м от завода, место бывшего посёлка Индустриальный. На данном участке (рисунок 3) в искусственных насаждениях тополя формируются специфические сообщества с преимуществом луговой растительности в напочвенном покрове. Почвы представлены урбиквазизёмами <sup>2</sup> [42]. Под верхним органогенным слоем, состоящем из опада тополя и травянистой растительности, в профиле встречаются остатки антропогенных включений. Верхние горизонты формируются на культурном слое.
ПП7	Расстояние 3000 м от источника воздействия. Участок характеризуется полого-холмистым рельефом, в напочвенном покрове преимущественно злаковая растительность (рисунок 4). Почвы на данном участке представлены агрочернозёмами [42]. Гумусовый горизонт мощный (40-50 см). Почвы периодически подвергаются воздействию пирогенного фактора.
ПП1 (Есаулово сосняк)	Есауловский бор расположен в 30 км к северо-востоку от г. Красноярска, по основному переносу воздушных масс. Территория бора представляет собой слегка приподнятое плато с максимальными абсолютными отметками 135-140 м и занимает южную окраину Канско-Ачинской низменности. Площадь соснового массива составляет 360 га. В подлеске бузина, реброплодник. В напочвенном покрове осочка, герань, фиалка, земляника, василистник, зеленый мох 2-3 см. Почвы дерновые.
ПП1-1 (Есаулово)	Березняк разнотравный на древнеаллювиальных отложениях реки Енисей.

<sup>2</sup> Урбиквазизёмы характерны главным образом для городских промышленных районов. Характеризуются наличием почвенного слоя, состоящего из смеси минерального материала (часто с примесью органического вещества) и специфических антропогенных включений в виде остатков строительных материалов, коммуникаций, дорожных покрытий и пр.



Окончание таблицы 1

	Серые почвы с признаками антропогенного воздействия. 20 км от КрАЗа.
ПП2 (Речфлот)	Березняк разнотравный на древнеаллювиальных отложениях реки Енисей. Серые почвы с признаками антропогенного воздействия. 15 км от КрАЗа.
ПП3 (Дачи)	Березняк разнотравный на древнеаллювиальных отложениях реки Енисей. Серые почвы с признаками антропогенного воздействия. 10 км от КрАЗа.
ПП4 (Березовка сосняк)	Березовский бор расположен в 10 км от города в направлении основного переноса ветров. Площадь бора составляет 384 га. Лесной массив продуцирует под постоянным воздействием пылевых и газообразных загрязнителей предприятий г. Красноярск. Кроме того, насаждение является местом активного отдыха жителей Красноярск и пос. Березовка, а также объектом побочного лесопользования и местом для пастбы скота.  В подлеске, кизильник. В напочвенном покрове осочка, герань, фиалка, земляника. Почвы дерновые.
ПП4-1 (Березовка)	Березняк высокотравный на древнеаллювиальных отложениях реки Енисей. Серые почвы. 10 км от КрАЗа.
ЮПП1 (Юкеево 1)	Юкеевский бор расположен на расстоянии 100 км к северу от г. Красноярск, представлен сосновыми лесами травяными и мелкотравно-зеленомошными на дерново-подзолистых почвах. Шиповник, княжик, фиалка, осочка, грушанка, костяника, зеленый мох 3-4см.  Основными факторами нарушения лесного покрова на исследуемой территории являются рубки леса, пожары, рекреация и пасквальная дигрессия. Проведенные исследования показали, что степень нарушенности лесов Юкеевского бора пока не превышает пороговых значений.
ЮПП2 (Юкеево 2)	Сосновый бор с примесью березы . Черемуха, чина, горошек, хвощ, злаки, осочка, костяника, зеленый мох 4-5 см.



Рисунок 2 - Фотографии почвенного профиля 5 и местности



Рисунок 3 - Фотографии почвенного профиля 6 и местности



Рисунок 4 - Фотографии почвенного профиля 7 и местности

#### **4.2 Физико-химические свойства исследуемых почв**

На техногенных территориях происходят значительные трансформации почв, прежде всего это отражается на морфологии почвенного профиля и физических свойствах. В ближней зоне аэротехногенного воздействия КраЗа почвенный покров представлен различными антропогенно-преобразованными типами. Кроме того, наблюдается значительная мозаичность почвенного покрова, обуславливающая выбор объектов исследования.

По результатам морфологических описаний установлено, что на минимальном удалении от предприятия на ПП5 формируется техногенный профиль, характеризующийся наличием маломощного органо-аккумулятивного горизонта (рисунок 5) с очень ровной и резкой границей и оптимальной плотностью сложения, и уплотненного ( $1,3 - 1,4 \text{ г/см}^3$ ) нижележащего минерального слоя, слабо затронутого почвообразовательным процессом (рисунок 6).

На ПП6 в почвенном профиле развит горизонт подстилки из опада тополя и травянистых растений мощностью до 3 см, ниже лежит органо-

аккумулятивный горизонт, имеющий оптимальную плотность (0,8-1,0 г/см<sup>3</sup>), нижележащий минеральный горизонт, включающий артефакты, уплотнен (1,2 – 1,3 г/см<sup>3</sup>).

На ПП7 почвы представлены агро-черноземами, которые характеризуются хорошими показателями плотности сложения (0,8-1,2 г/см<sup>3</sup>). Пахотный горизонт мощностью 40 см диагностируется по плотности.

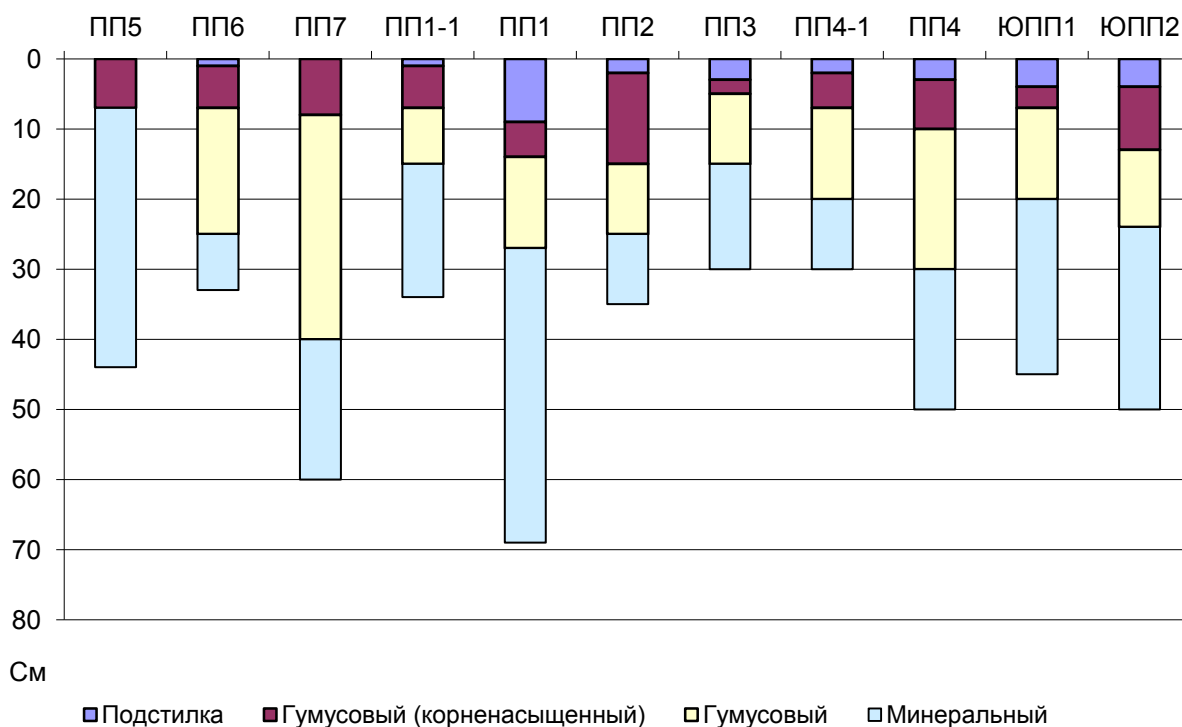


Рисунок 5 - Диаграмма мощностей горизонтов всех исследуемых пробных площадей

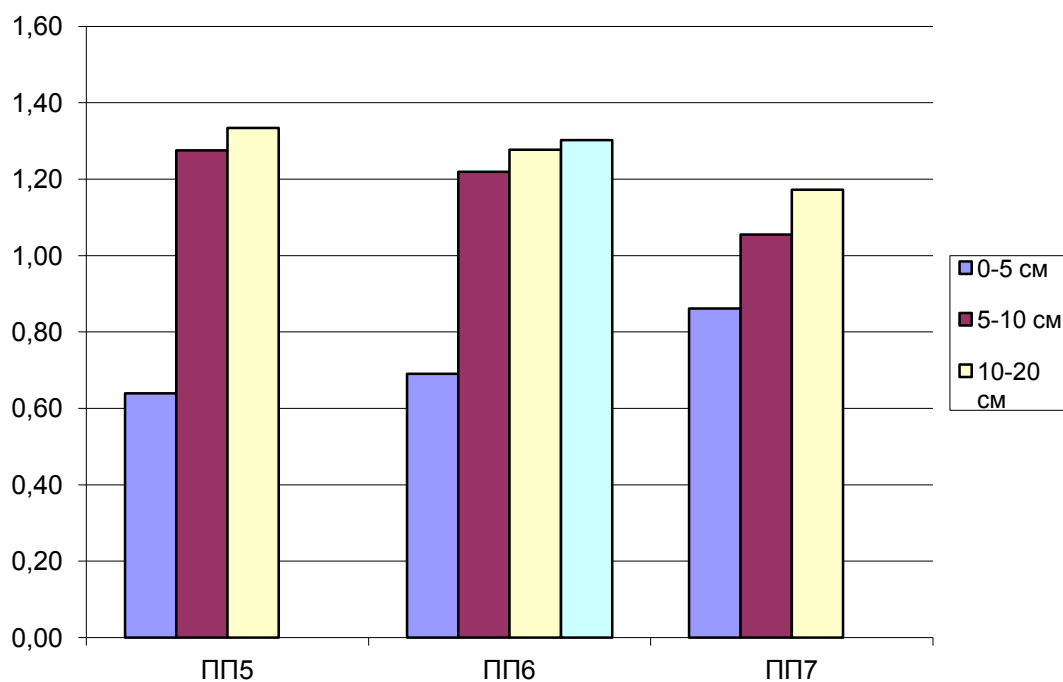


Рисунок 6 - Плотность почв ближней зоны воздействия завода

Для определения уровня загрязнения почв применяют нормативы ОДК (ориентировочно допустимые концентрации). В настоящее время разработаны ОДК для почв разного гранулометрического состава и уровня кислотности, поэтому для оценки состояния почв определяли гранулометрический состав и кислотность.

При полевом обследовании было установлено, что все исследуемые почвы относятся к суглинистым. По уровню кислотности почвы на ПП5 и ПП6 слабокислые, близкие к нейтральным, а на ПП7 – кислые (рисунок 7), что обусловлено, согласно литературным данным [12], высоким уровнем содержания фтора на данном участке. Удаленные участки (на расстоянии 10, 15, 20 км) характеризуются также слабокислым, близким к нейтральному уровнем кислотности, а фоновые почвы Юкеево (на расстоянии 100 км) имеют кислую реакцию почвенной среды.

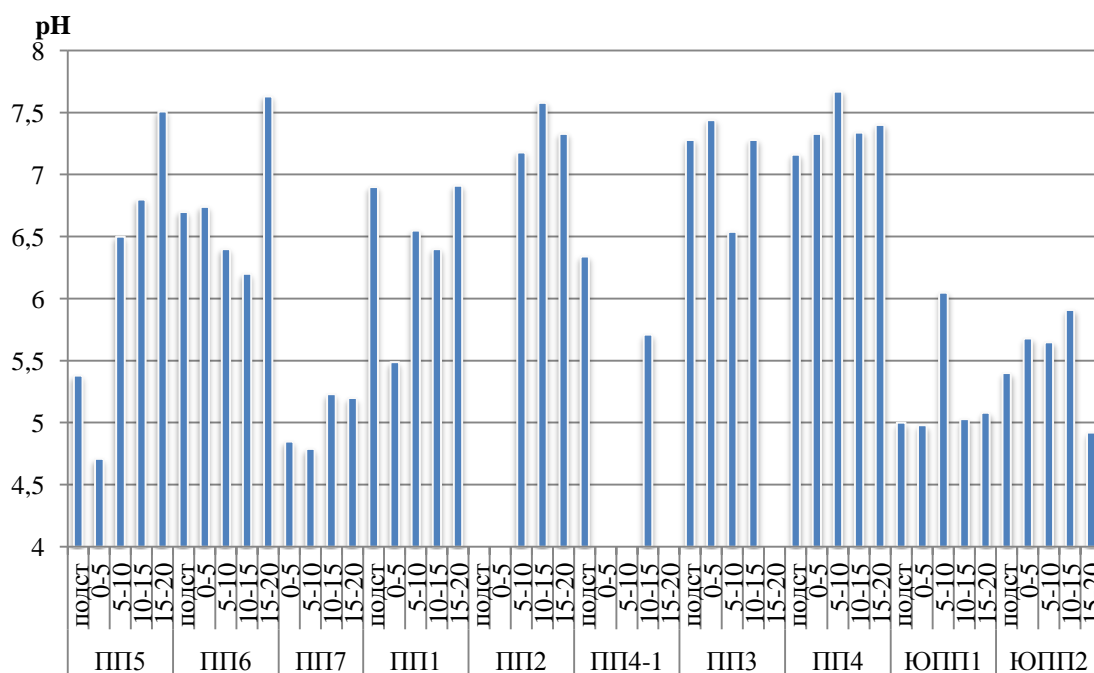


Рисунок 7 - Реакция почвенной среды, pH

#### 4.3 Содержание и распределение металлов в почвах

Ранее было установлено, что выбранный район исследования относится к загрязненному. Так по данным Кириенко Н.Н., Терлеевой П.С. в 2006-2008 гг. в зоне сильного антропогенного загрязнения (санитарно-защитная зона ОАО «КрАЗ»), по сравнению с условно экологически чистой (микрорайон «Ветлужанка») содержалось больше свинца и кадмия: в почве - в 2,2 и 2,4 раза, в растениях – в 5,2 и 1,9 раза. Однако не указано для каких почв проводились исследования.

Для выявления степени антропогенной нагрузки необходимо не только определить содержание тяжелых металлов в почвах, но и оценить их накопление, учитывая региональный фон, а также превышение над допустимыми нормами. В этом случае были использованы показатели ПДК, ОДК, расчет кларка концентрации, геохимического фона и коэффициента техногенного накопления [32,43].

Валовое содержание элементов дает характеристику общего содержания, менее зависящего от сезонных колебаний. Определенные валовые

концентрации тяжелых металлов и алюминия в исследованных почвах значительно варьируют.

Установленное значение ПДК в почве для кобальта - 20 мг/кг. Максимальное содержание 15 мг/кг в слое 0-5 см гумусового горизонта ПП7. Минимальное содержание 4 мг/кг отмечается в подстилке ПП6. Содержание кобальта ниже установленных нормативов, распределение на всех ПП равномерное .

ОДК для ПП5 и ПП6 – 130 мг/кг, для ПП7 - 65 мг/кг. Содержание свинца ниже установленных нормативов. Максимальное содержание 24 мг/кг в слое 0-5 см гумусового горизонта ПП6. Минимальное содержание 3 мг/кг отмечается в слое 10-15 см ПП6.

ОДК для ПП5 и ПП6 – 220 мг/кг, для ПП7 - 110 мг/кг. Содержание цинка не превышает установленных нормативов. Максимальное содержание 169 мг/кг наблюдается в 0-5 см гумусового горизонта ПП5. Минимальное содержание 35 мг/кг в слое 10-15 см ПП6. Прослеживается тенденция снижения валового содержания металла по мере удаления от источника загрязнения .

ОДК для ПП5 и ПП6 – 2 мг/кг, для ПП7 - 1 мг/кг. Максимальное содержание - 0,56 мг/кг в 0-5 см гумусового горизонта ПП6. Минимальное содержание - 0,08 мг/кг в горизонте 10-15 см ПП6. Содержание кадмия не превышает ОДК, но прослеживается тенденция снижения валового содержания металла по мере удаления от источника загрязнения.

ОДК для ПП5 и ПП6 – 132 мг/кг, для ПП7 - 66 мг/кг. Содержание меди практически во всех образцах ниже установленных нормативов. Превышение ОДК отмечается в верхнем слое ПП6 0-5 см гумусового горизонта - 177 мг/кг (рисунок 12). Наименьшее значение валового содержания составляет 10 мг/кг в фоновых почвах ЮПП2 ( верхний слой 0-5 см).

ОДК для ПП5 и ПП6 – 80 мг/кг, для ПП7 - 40 мг/кг. Содержание никеля превышает ОДК и на ПП5 и на ПП6, наибольшее содержание отмечается в подстилке ПП6 - 225 мг/кг. В ПП5 содержание никеля превышает ОДК на 20 мг/кг и составляет 100 мг/кг. На удаленных пробных площадях содержание

никеля в пределах ОДК за исключением небольшого превышения на ПП1-1 (Есаулово) и составляет 49 мг/кг.

Содержание алюминия в почве не нормируются. Но по литературным данным среднее содержание в почвах составляет 150-600 мг на кг. В почвах исследуемого района содержание алюминия как специфического поллютанта огромно. Так, например, наибольшее содержание алюминия наблюдается в слое 0-5 см почвенного разреза ПП6, расположенного на расстоянии 1500 м от источника воздействия и составляет 117000 мг на кг .

#### **4.4 Экологическая оценка почв по содержанию металлов**

##### *Кларк концентрации*

Кларк концентрации (КК) - отношение содержания химического элемента в горной породе, руде, минерале (А) к кларку этого элемента в земной коре (К) :  $КК = А/К$ . Также кларк концентрации именуют как «вернад» [45].

Для оценки состояния почв рассчитаны кларки концентрации меди, никеля, кобальта, цинка, кадмия, свинца и алюминия.

Было создано два типа диаграмм, характеризующих в отдельности каждую пробную площадь (рисунок 15) и весь спектр исследуемых металлов (рисунок 16). Проанализировав обе диаграммы, можно говорить о высокой концентрации алюминия на всех ПП. Меньше концентрируются кадмий и цинк, и просматриваются единичные концентрации остальных металлов. Свинец, медь и никель на большинстве пробных площадей рассеиваются, а концентрации кобальта не происходит ни на одной из исследуемых ПП ( $КК < 1$ ). Высокий кларк концентрации алюминия наблюдается на ПП5 (14,5) и ПП6 (18,5), что обуславливается непосредственной близостью данных ПП к алюминиевому заводу.



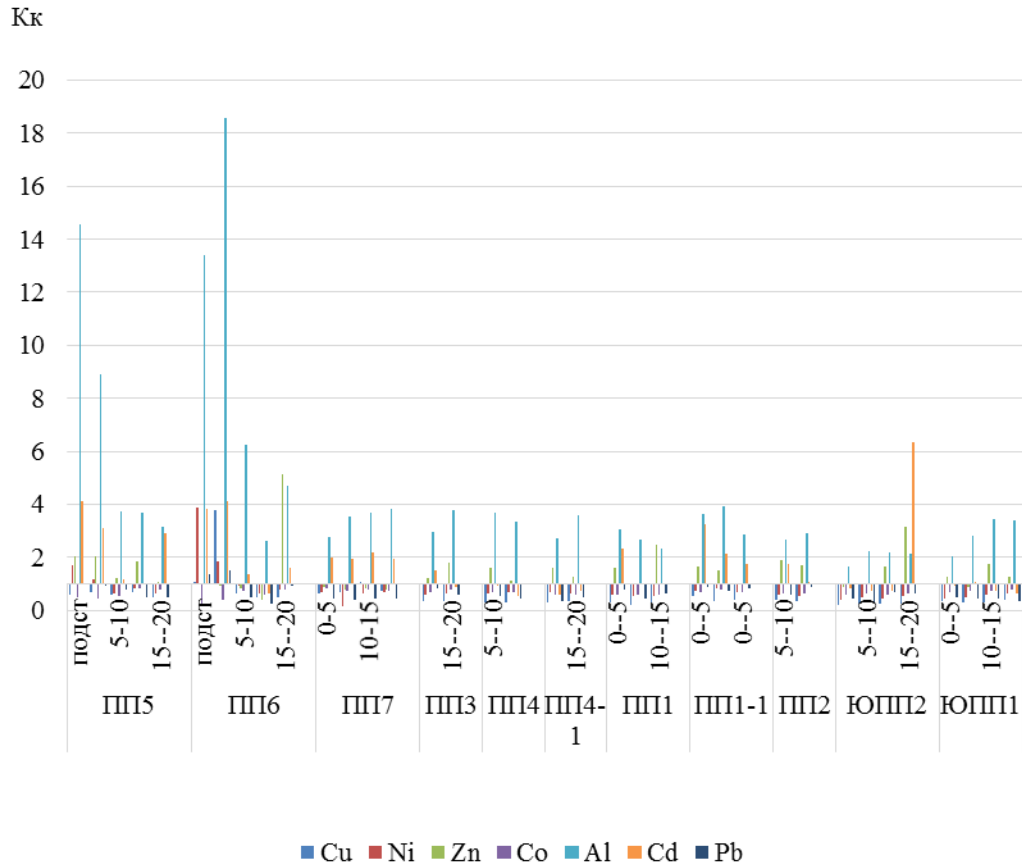


Рисунок 8 - Кларк концентрации, рассчитанный по всем исследуемым пробным площадям (КК)

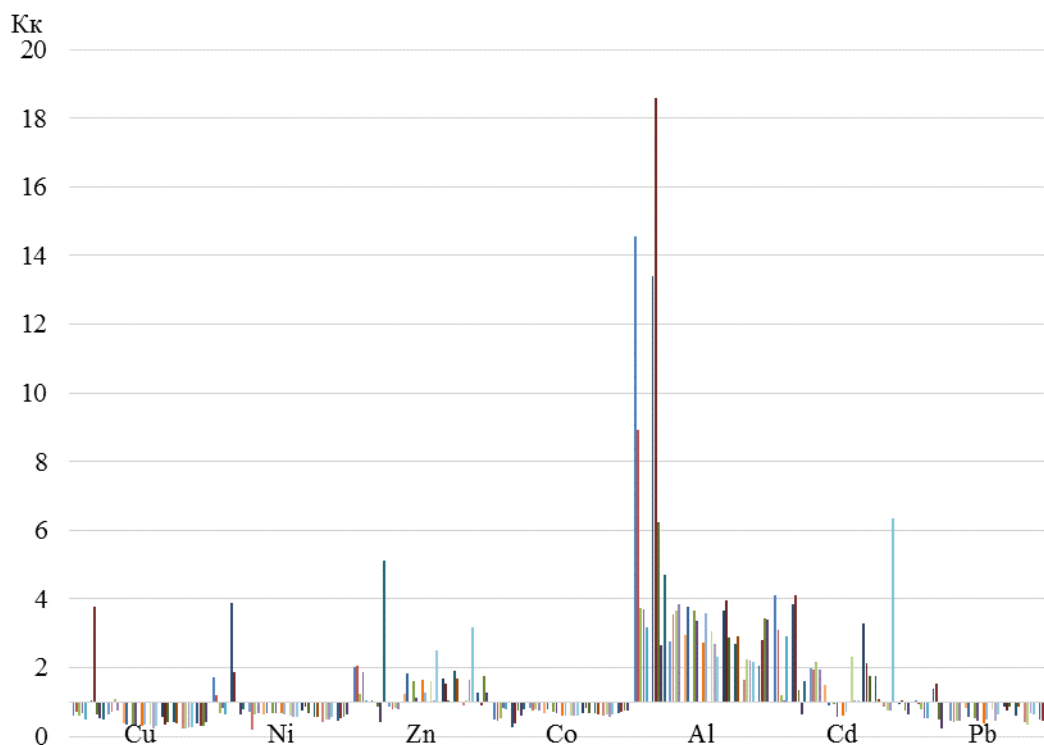


Рисунок 9 - Кларк концентрации (Кк), рассчитанный по всему спектру металлов

Для каждого элемента построены диаграммы кларка концентрации исследуемого района в приложении А.

#### *Геохимический фон*

Среднее содержание химического элемента для данного типа пород в определённом районе называют геохимическим фоном. Превышение содержания исследуемого металла над фоном (Кг) рассчитывается по формуле:

$$Кг = C_i / C_{фон},$$

где,  $C_i$  - содержание химического элемента в исследуемых почвах, мг/кг,  $C_{фон}$  - содержание химического элемента в фоновых почвах, мг/кг [47].

Превышение содержания исследуемого металла над фоном рассчитывается на незагрязненных территориях, в связи с чем мы для расчета Кг выбрали почвы контрольных пробных площадей (ЮПП1 и ЮПП2), удаленных на 100 км от города.

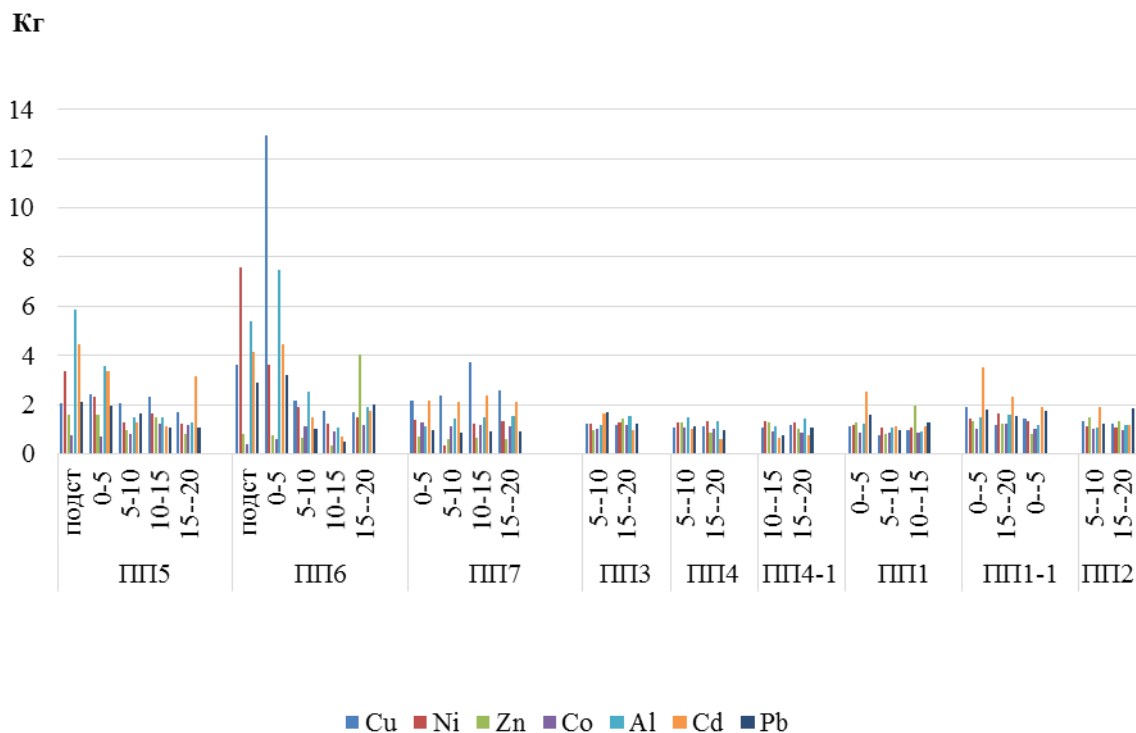


Рисунок 17 - Коэффициент концентрации (Кг), рассчитанный по всем исследуемым пробным площадям

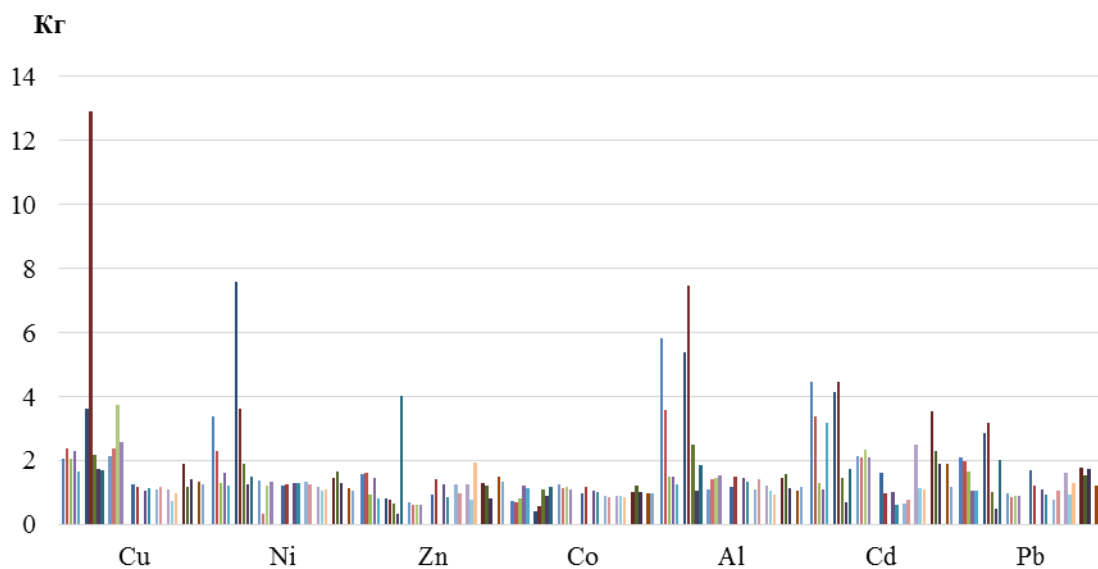


Рисунок 18 - Коэффициент концентрации, рассчитанный по всему спектру металлов

На основании данного коэффициента установлено, что превышение геохимического фона наблюдается в основном для двух ближних пробных площадей (удаленных на 300 и 1500 м от источника загрязнения). Ниже уровня геохимического фона или незначительно выше, менее чем в 2 раза, содержание кобальта и свинца.

#### *Коэффициент техногенного накопления*

Для оценки уровня химического загрязнения почвы используют коэффициент техногенного накопления  $K_T$ . Коэффициент техногенного накопления рассчитан по формуле:

$$K_T = C_{\text{верхний}}/C_{\text{нижний}},$$

где,  $C_{\text{верхний}}$  - содержание химического элемента в верхнем поверхностном горизонте почвы, мг/кг;

$C_{\text{нижний}}$  - содержание химического элемента в нижнем минеральном горизонте почвы, мг/кг.

Если  $K_T \geq 1$ , то на данной пробной площади происходит аккумуляция исследуемого металла. Если  $K_T \geq 2$ , то можно говорить о загрязнении пробной площади исследуемым металлом.

Было создано два типа диаграмм, отражающих коэффициент техногенного накопления с разных подходов. На первой диаграмме для каждой пробной площади в отдельности представлен весь спектр анализируемых элементов. Очевидно, что на данной диаграмме хорошо заметны различия в содержании металлов на разных участках, а расположив участки по удалению от источника загрязнения, прослеживается и зависимость загрязнения от расстояния.

На рисунке 19 выделяются две пробные площади (ПП5 и ПП6). На данных площадях наблюдаются высокие значения (больше 2) алюминия и никеля, соответственно происходит их накопление и загрязнение почв этими металлами. На более удаленных от источника загрязнения площадях коэффициенты техногенного накопления не превышают значения 2, но явно

выделяются значения по кадмию на пробных площадях Дачи, Березовка сосняк, Есаулово сосняк, Есаулово, Речфлот.

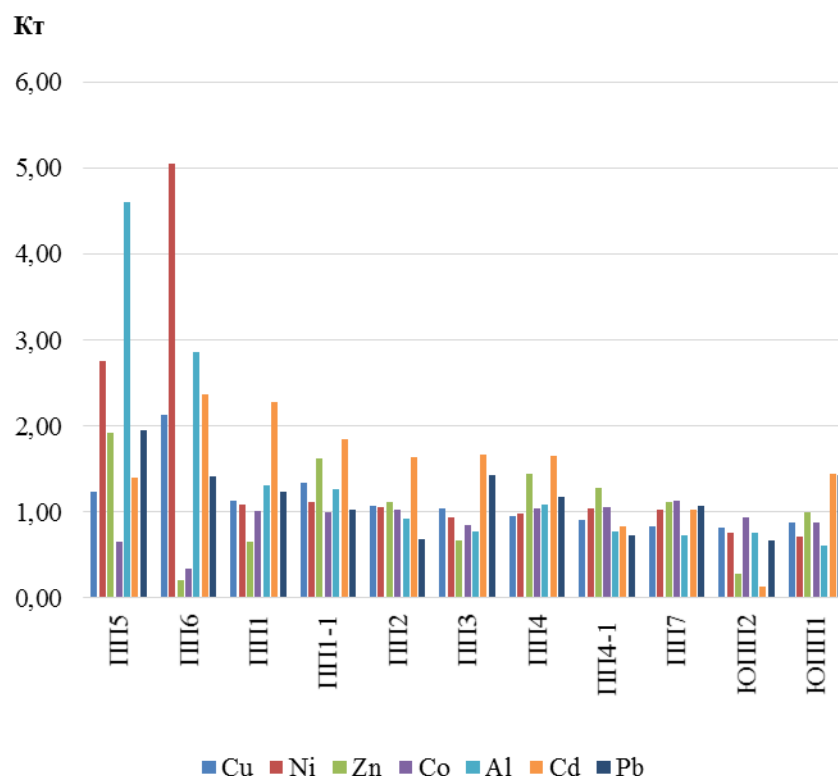


Рисунок 19 - Коэффициент техногенного накопления по пробным площадям

Рисунок 20 иллюстрирует те же коэффициенты техногенного накопления, но на оси абсцисс отображены металлы. С помощью этой диаграммы можно охарактеризовать уровень содержания каждого металла в отдельности. Таким образом представленный материал выявляет специфичные техногенные элементы, которые характерны для ближней зоны (3 км) воздействия КраЗ. В данном случае к ним относятся Ni и Al. Высокий коэффициент техногенного накопления у меди и цинка на ПП6 (~2).

На рисунке 20 помимо высоких значений никеля и алюминия выделяются такие металлы как кадмий и свинец. Повышенное содержание этих элементов почти на всех пробных площадях, включая контрольные, указывает на повышенный геохимический фон данных элементов, но также может быть связано с поступлением с выбросами автомобилей.

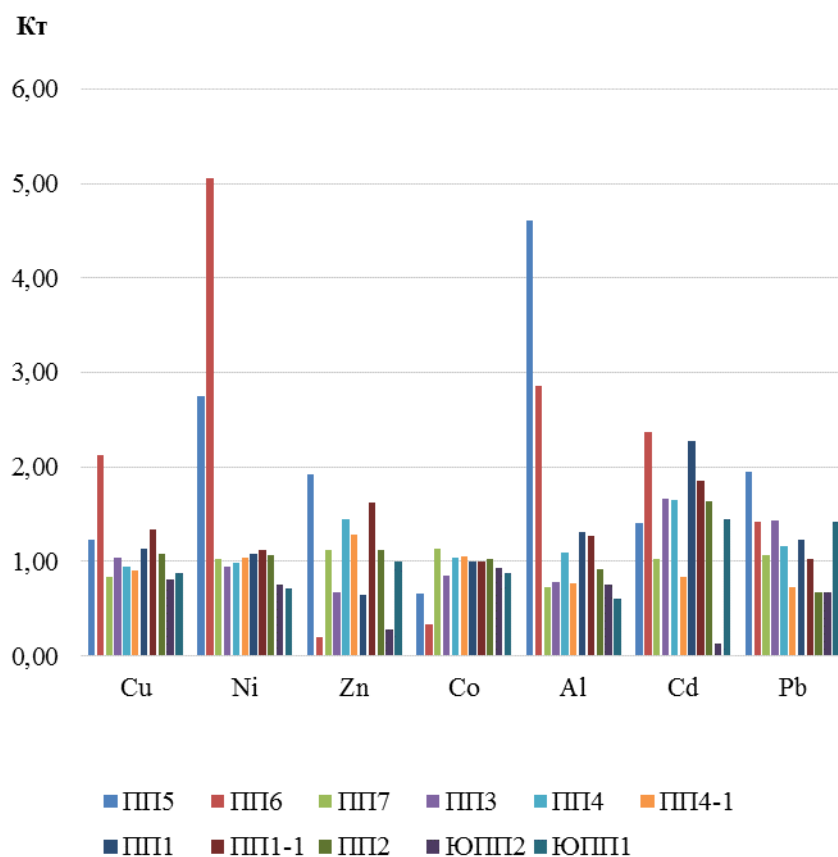


Рисунок 20 - Коэффициент техногенного накопления по всему спектру металлов

По максимальным значениям  $K_t$  исследуемые металлы можно выстроить в убывающий ряд:  $Ni \rightarrow Al \rightarrow Cd \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Zn \rightarrow Co$ .

По средним значениям для всего исследуемого района другой ряд:  $Ni \rightarrow Cd \rightarrow Al \rightarrow Pb \rightarrow Cu \rightarrow Zn \rightarrow Co$ .

Исходя из получившихся рядов металлов по максимальным и средним значениям  $K_t$  можно говорить о том, что тяжелые металлы цинк и кобальт не накапливаются в исследуемых почвах, так как занимают предпоследнее и последнее места в ряду техногенного накопления. Первое место по средним и максимальным значениям занимает никель, а алюминий и кадмий замыкают тройку самых техногенных металлов.

Использование различных коэффициентов для анализа распределения металлов в почвах дает приблизительно одинаковый результат. Однако не

стоит ограничиваться использованием лишь одного коэффициента, так как разные подходы дают более подробную и полную информацию об исследуемом объекте.

*Зависимость содержания металлов в почвах от кислотности*

В настоящей работе проведен корреляционный анализ показателя рН и содержания металлов в ближней зоне воздействия, поскольку кислотность является одним из главных факторов, влияющих на подвижность металлов.

Красным цветом в таблице 2 выделены коэффициенты корреляции, характеризующие тесную связь анализируемых параметров (близкие к 1 или к -1). Для цинка, кадмия и кобальта наблюдаются высокие коэффициенты корреляции кислотности с содержанием валовых форм металлов на ПП5 и ПП6, которые характеризуются слабокислой реакцией среды. Следовательно, данные элементы подвижны именно в таковых условиях. Для кобальта коэффициент корреляции достигает высоких значений на ПП7, которые характеризуются кислой реакцией среды. Кобальт наиболее подвижен в условиях кислой среды. При подкислении почв (например, при увеличении поступления фтора) можно прогнозировать увеличение подвижности данного металла и доступности его растениям, т.е. вовлечение его в трофические цепи.

Таблица 2 - Корреляция содержания металлов в почвах с показателем рН

	Cu	Ni	Zn	Co	Al	Cd	Pb
ПП5	-0,09	-0,21	0,73	-0,01	-0,57	0,98	0,86
ПП6	0,28	0,16	0,74	-0,59	-0,76	0,97	1,00
ПП7	-0,08	0,19	0,47	0,98	-0,85	0,16	-0,05

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты проведенных исследований содержания тяжелых металлов в конкретных местных условно загрязненных почвах в зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода показывают, что:

1. В зоне воздействия КрАЗ сформированы антропогенно-преобразованные и техногенные почвы. Исследуемые почвы можно отнести к отделу химически-преобразованных по классификации почв России 2004 года.

2. Установлено превышение ПДК для Cu и Ni в абраземах и урбиквазиземах; отмечается высокое валовое содержание алюминия в почвах абраземах и урбиквазиземах, которое превышает валовое содержание в фоновых почвах Юксеево в 7 раз. В остальных исследованных почвах, включая фоновые, наблюдается превышение кларка в 2 - 4 раза.

3. На основании оценки по кларку концентрации, коэффициенту техногенного накопления и коэффициенту концентрации наиболее загрязненными являются почвы на удалении до 1500 м от КрАЗа.

4. В ближней зоне воздействия наблюдается уменьшение валовой концентрации по мере удаления от источника загрязнения для Zn и Cd, для других элементов зависимости не установлено.

5. Выявлена высокая корреляция концентрации элементов и кислотности почв в ближней зоне воздействия КрАЗ.

При оценке состояния почв в техногенных экосистемах для повышения объективности экспертной оценки необходимо использовать различные экологические коэффициенты (кларк концентрации, коэффициент техногенного накопления и т.д.), отражающие превышение содержания по сравнению с фоновыми почвами.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2006 год» - Красноярск, 2007 - 232с.



2. Шугалей, И.В. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы/ И. В. Шугалей, А. В. Гарабаджиу, М. А. Илюшин, А. М. Судариков// Экологическая химия. - СПб: 2012. - С. 172-186.
3. Борцова, И.Ю. Техногенное загрязнение естественных пастбищ красноярской лесостепи и миграция тяжелых металлов в цепи почва-растение-продукт (молоко) : дис.....канд. биол. наук: 03.00.16: Борцова Ирина Юрьевна. - Красноярск, 2007. - 121с.
4. Аббас, Д.А. Соединения тяжёлых металлов в организме овец в промышленном и сельскохозяйственном регионах Ирака/ Д.А. Аббас// Ветеринария. -1991.- №8. С.58-60.
5. Тарабрин, В.П. Влияние избыточного содержания тяжелых металлов в воздухе и в почве на растения: биофизические аспекты загрязнения биосферы/В.П. Тарабрин. -М., 1973, -147 с.
6. Васильев, А.А. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения: монография. / А.А. Васильев, А.Н. Чащин, М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 197 с.
7. Сосорова ,С.Б. Микроэлементы (Mn, Cu, Zn) в почвах и растениях дельты реки Селенги/ С.Б. Сосорова, В.К. Кашин, В.Г. Ширеторова// Агрохимия. - №6. - С.52-61. 2008
8. Танделов Ю.П. Загрязнение почв и растительного покрова в окрестностях г. Красноярска, Ачинска, Назарова: монография// Загрязнение почв и растений тяжелыми металлами и фтором /Ю.П. Танделов . –Красноярск, 1991. – С. 28–51.
9. Орлов, Д.С. Химия почв: учебное пособие / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. - 376 с.
10. Андроханов, В.А. Технозёмы: свойства, режимы, функционирование/В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М.Курачев. - Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. - 200 с.

11. Никонов, В.В. Рассеянные элементы в бореальных лесах / В.В. Никонов, Н.В. Лукина, В.С. Безель и др.; Отв. ред. А.С. Исаев. - М.: Наука, 2004. - 616 с.
12. Танделов, Ю.П. Фтор в системе почва–растение. – 2-е изд., перераб. и доп.: монография / Ю.П. Танделов; под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – Красноярск, 2012.- 146 с.
13. Егунова, Н.А. Мониторинг экологического состояния почв в зоне техногенного воздействия саяногорского алюминиевого завода: 03.00.27 / Н.А. Егунова Красноярск, 2007. – 20 с.
14. Егунова, Н.А. Фторидное загрязнение почвенного покрова пастбищ в зоне активного действия газопылевых выбросов от Саяногорского алюминиевого завода / Н.А. Егунова // Почва как связующее звено функционирования природных антропогенно-преобразовательных систем: матлы II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Иркут. гос. ун-та. – Иркутск, 2006. – С.451-457.
15. Справочная система "Росправосудие" [Электронный ресурс]: Решение Емельяновского районного суда по иску Красноярского природоохранного прокурора в интересах неопределенного круга лиц к СПК «Солонцы» о запрещении эксплуатации земельных участков для выращивания сельскохозяйственной и овощной продукции и возложении обязанности по проведению рекультивации земельных участков// Справочная система "Росправосудие". - Режим доступа: <http://rospravosudie.com/>
16. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях: учебное пособие/ Ю.В. Алексеев. - СПб.: Агропромиздат, 1987. – 23 с.
17. Мотузова, Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг. Изд. 2-е / Г.В. Мотузова. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. - 167 с.
18. Алексеенко, В. А. Экологическая геохимия: учеб. / В. А. Алексеенко. –М. : Логос, 2000. – 627 с.

19. Перельман, А.И. Геохимия: учебник для геол. спец. вузов/ А.И. Перельман. - М.: Высш. шк., 1989. -528 с.
20. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. в англ./ А. Кабата-Пендиас. Х. Пендиас. - М.: Мир, 1989. – 439 с.
21. Аникина, А. П. Иод в почвах и растениях Центральной Барабы /А.П. Аникина.- Сибирск. вестн. с.-х. наук, № 1,1975.
22. Айдиньян, Н. Х. Распределение ртути в различных почвах СССР и Вьетнама/ Н. Х. Айдиньян, А.И. Троицкий, Г.А. Беловская,- Геохимия, № 9, 1965.
23. Fleischer, M. Mercury and selenium in a modified Allum test, Hereditas, 1979. - 169.
24. Williams, C. H. David D. J., The effect of superphosphate on the cadmium content of soils and plants, Aust. J. Soil Res., 1981. - 143.
25. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение/ В.Б. Ильин. - Новосибирск: Наука, 1991. - 151 с.
26. Кузубова, Л.И. Токсиканты в пищевых продуктах // Аналитический обзор. Новосибирск, 1990. - 127 с.
27. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова: учебник для вузов/ В.А. Ковда. - М.: Наука, 1985. – 264 с.
28. Герасимова, М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: Учебное пособие /М. И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева; под редакцией академика РАН Добровольского Г.В. - Смоленск: Ойкумена, 2003. – 270 с.
29. Бирюкова, С.В. Влияние тяжелых металлов и детоксикантов на продуктивные показатели цыплят-бройлеров : диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.02.10 / Бирюкова Светлана Владимировна - Новосибирск, 2012. - 114 с.
30. Аванесян, Н.М. Влияние промышленных предприятий и транспорта на содержание тяжелых металлов в почвах Правобережья г. Ульяновска :

диссертация ... кандидата биологических наук : 03.02.08 / Аванесян Наринэ Мельсиковна. - Ульяновск, 2014. - 147 с.

31. Майстеренко, В.Н. Эколого-аналитический мониторинг суперэкотоксикантов: монография/ В.Н. Майстеренко, Р.З. Хамитов, Г.К. Будников . М.: Химия, 1996. - 319 с.

32. Ильин, С.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области: монография/ С.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 226 с.

33. Манаенков, И.В. Оценка воздействия алюминиевого производства на загрязнения почвы металлами и на состояние растительного покрова//Поволжский экологический вестник. - вып. 8. - Волгоград: Издательство ВолГУ, 2001, - С. 107-111.

34. Белозерцева, И.А. Особенности элементного химического состава снегового покрова и почв в зоне влияния Иркутского алюминиевого завода // Геохимия. – М.: НАУКА, 2003. – № 6. – С. 681–685.

35. Манаенков, И. В.. Экологическая оценка влияния алюминиевого производства на содержание металлов в почве и растительности санитарно-защитной зоны: диссертация.... канд. биол. наук: 03.00.16/ Манаенков Игорь Викторович. - Волгоград, 2002. - 179 с.

36. Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга): постановление Правительства РФ от 31 марта 2003 N 177// Собрание законодательства РФ.-2003.

37. Самофалова, И.А. Полевая учебная практика по географии почв с основами картографии: учебное пособие/ И.А. Самофалова, В.П. Дьяков, М-во с.-х. РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – Пермь: Изд- во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2010. – 111 с.

38. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического

анализа // Охрана природы. Почвы / Сборник. Государственные стандарты. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. - 7 с.

39. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.- Москва, 1985. - 7 с.

40. Кириенко, Н. Н. К вопросу о специфике аккумуляции тяжелых металлов в одуванчике лекарственном. Проблемы современной аграрной науки: материалы международной заочной конференции/ Н. Н. Кириенко, П. С. Терлеева //– Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2009. – С. 39-42.

41. Терлеева, П.С. Оценка антропогенной загрязненности территории г. Красноярска методом биотестирования / П.С. Терлеева // Вестник КрасГАУ. - Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2009. - № 8. - С. 152 -154.

42. Информационно-справочная система по классификации почв России [Электронный ресурс]: Характеристика абраземов, урбиквазиземов, агрочерноземов// Информационно-справочная система по классификации почв России. - Режим доступа: <http://www.infooil.ru>

43. Муравьев, А.Г. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. Изд. 2-е, перераб. и дополн. - СПб.: Крисмас+, 2008. - 216 с.

44. Чертко, Н.К. Геохимическая экология: учебное пособие/ Н.К. Чертко. – Мн.: БГУ, 2002. - 171 с.

45. Экологическая геохимия : словарь-справочник / авт.-сост.: Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкин . – Владимир : Ред.- издат. комплекс ВлГУ, 2005. – 140 с.

46. Вальков, В. Ф. Почвоведение : учебник для бакалавров / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2014. — 527 с.

47. Водяницкий, Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах: монография/ Ю.Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. - 85 с.