

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
Национальный исследовательский институт»  
Институт естественных и точных наук  
Факультет «Химический»  
Кафедра «Экологии и природопользования»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, нач. службы  
экологической безопасности и  
рационального природопользования  
Челябинского нефтепроводного  
управления (филиал)

АО Транснефть-Урал

А.С. Патрушев  
2017г.



ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.х.н,  
профессор

В.В. Авдин  
19 июля 2017г.

Исследование влияния фоновое содержания основных биогенных элементов  
на плодородие почвы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 18.03.02.62.2017.489. ПЗ ВК НИР

Руководитель работы,  
доцент, к.х.н.

Е.П. Юдина  
21 июля 2017г.

Автор работы  
студент группы Ет-454


Э.И. Хакимова  
22 июля 2017г.

Нормоконтролер,  
с.н.с., к.т.н., доцент

В.Р. Гофман  
21 июля 2017г.

Челябинск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
Национальный исследовательский институт»  
Институт «Естественных и точных наук»  
Факультет «Химический»  
Кафедра «Экологии и природопользования»  
Специальность «18.03.02.62 – Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой,  
д.х.н., профессор  
 В.В.Авдин  
19 июня 2017 г.

ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу студента  
Хакимовой Эльвины Ильсуровны

Группа Ет-454

1 Тема работы «Исследование влияния фонового содержания основных  
биогенных элементов на плодородие почвы»

утверждена приказом по университету от 28 апреля 2017 г. № 835

2 Срок сдачи студентом законченной работы 9 июня 2017 г.

3 Исходные данные к работе

Данные собраны во время практики при полевых исследованиях и в  
лаборатории НИУ ЮУрГУ

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих  
разработке вопросов)

1) Литературный обзор

- a. Плодородие почвы и истощение в мире, процессы деградации
- b. Характеристика основных макро- и микроэлементов на землях  
сельскохозяйственного пользования
- c. Биосферные циклы: круговорот азота, серы и фосфора в природе  
– Круговорот азота



- Круговорот серы
  - Круговорот фосфора
  - d. Антропогенные факторы, влияющие на плодородие почв
  - e. Характеристика ресурсного потенциала области
    - Районы области
    - Почвенный покров области
    - Агрохимические показатели почв
- 2) Объект и методика исследования
- a. Объект – почвы черноземного типа области
  - b. Методика
    - Отбор проб почвы
    - Подготовка к анализу
    - Измерение pH
    - Определение аммония колориметрическим методом с реактивом Несслера
    - Элементный анализ почвы
- 3) Результаты исследования
- a. Исследование на содержание макроэлементов
  - b. Исследование реакции почвенного раствора
  - c. Содержание биогенных элементов в почвах
  - d. Исследование содержания металлов в почве
  - e. Мероприятия по увеличению содержания основных элементов, влияющих на плодородие основных типов почв области

Заключение

Библиографический список

Приложения

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

- 1 Титульный лист
- 2 Цели и задачи
- 3 Актуальность
- 4 Карта почв Челябинской области
- 5 Методы исследования
- 6 Описание мест отбора проб
- 7 Карта исследуемого района
- 8 Содержание азота в почве
- 9 Содержание калия и кальция и кислотность почв
- 10 Содержание серы в почвах
- 11 Содержание фосфора в почвах
- 12 Содержание металлов в почве
- 13 Мероприятия по увеличению плодородия почвы
- 14 Выводы

Всего 14 слайдов

6 Дата выдачи задания 01.09.2016

Руководитель \_\_\_\_\_ Е.П. Юдина  
 Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Э.И. Хакимова

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Отбор проб	Июль 2016 г.	<i>МФН</i>
Лабораторные исследования	Август 2016 г.	<i>МФН</i>
Обзор существующей литературы по теме исследования	10 февраля 2017 г.	<i>МФН</i>
Проведение рентгенофлуоресцентного анализа	15 марта 2017 г.	<i>МФН</i>
Обсуждение результатов анализов	15 апреля	<i>МФН</i>
Оформление пояснительной записки к научно-исследовательской дипломной работе	13 мая	<i>МФН</i>
Подготовка доклада	10 июня	<i>МФН</i>

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *МФН* /В.В. Авдин  
 Руководитель работы \_\_\_\_\_ *МФН* /Е.П. Юдина  
 Студент \_\_\_\_\_ *МФН* /Э.И. Хакимова

## РЕФЕРАТ

Хакимова Э.И. Исследование влияния фонового содержания основных биогенных элементов на плодородие почвы. – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ–454, 2017. – 62 с., 12 ил., 7 табл., библиогр. список – 34 наим., 2 прил.

Объектом исследования является почва ОАО совхоза «Акбашевский» Аргаяшского района.

Цель данной работы – изучить химический состав почв Аргаяшского района, как одного из основных сельскохозяйственных районов Челябинской области.

Задачи:

- оценить содержание серы, фосфора, рН и металлов на различных площадках одного сельскохозяйственного района;
- провести сравнительный анализ проб почв различных площадок;
- охарактеризовать степень влияния основных биогенных элементов на плодородие почвы;
- предложить мероприятия по регулированию содержания основных элементов, влияющих на плодородие основных типов почв области и по увеличению их плодородия.

В данной работе проводится анализ почв на содержание основных биогенных элементов, металлов и анализ реакции среды в различных горизонтах Аргаяшского района.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	10
1.1 Плодородие почв и истощение в мире, процессы деградации.....	10
1.2 Характеристика основных макро- и микроэлементов на землях сельскохозяйственного пользования.....	11
1.3 Биосферные циклы: круговорот азота, серы и фосфора в природе .....	14
1.3.1 Круговорот азота.....	14
1.3.2 Круговорот серы.....	19
1.3.3 Круговорот фосфора .....	21
1.4 Антропогенные факторы, влияющие на плодородие почв.....	21
1.5 Характеристика ресурсного потенциала области .....	24
1.5.1 Районы области .....	24
1.5.2 Почвенный покров области.....	27
1.5.3 Агрохимические показатели почв .....	31
1.5.3.1 Химический состав и окраска почв.....	31
1.5.3.2 Кислотность и щелочность почвы .....	32
1.5.3.3 Содержание азота в почвах.....	36
1.5.3.4 Влияние микроэлементов на плодородие почвы.....	38
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
2.1 Объект – почвы черноземного типа области.....	41
2.2 Методика .....	41
2.2.1 Отбор проб почвы .....	41
2.2.2 Подготовка к анализу.....	42
2.2.3 Измерение рН .....	43
2.2.4 Определение аммония колориметрическим методом с реактивом Несслера .....	43
2.2.5 Элементный анализ почвы .....	46
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	48

3.1 Исследования на содержание макроэлементов .....	48
3.2 Исследование реакции почвенного раствора .....	50
3.3 Содержание серы в почве .....	51
3.4 Исследование содержания металлов в почве .....	52
3.5 Мероприятия по увеличению содержания основных элементов, влияющих на плодородие основных типов почв области.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	57
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	61

## ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение почв, находящихся на территориях близлежащих промышленных предприятий, тяжелыми металлами является проблемой, которая затрагивает многие регионы мира [1–10]. Их накопление в плодородном слое почв приводит как к аккумуляции в сельскохозяйственной продукции, так и к снижению плодородия почв в дальнейшем [1, 2, 4, 5]. По причине того, что Южный Урал – промышленно развитый район, это очень актуально, здесь агропромышленный регион находится в зоне влияния крупных промышленных предприятий. Проблема продовольствия в настоящее время особенно актуальна по причине постоянного роста численности населения планеты. Для использования пахотных земель без вреда для сельскохозяйственных растений и здоровья человека, требуется проводить мониторинг почв на содержание тяжелых металлов и биогенных элементов, а также разрабатывать методы управления плодородием.

Актуальным является такое направление развития сельского хозяйства, как снижение уровня химизации. Для этого требуется восстановление естественного плодородия сельскохозяйственных почв. К сожалению, во многих регионах мира почвы подвержены эрозии, засолению и закислению, но в некоторых районах есть возможность повышения плодородия почв без химизации.

Кроме того, сера, азот, фосфор, калий и кальций являются необходимыми биогенными элементами для роста и вегетации сельскохозяйственных растений, но в настоящее время очень мало исследований посвящено данной теме не только в Российской Федерации, но и в других регионах мира.

Цель данной работы – изучить химический состав почв Аргаяшского района, как одного из основных сельскохозяйственных районов Челябинской области.

Задачи:

- 1) оценить содержание серы, фосфора, рН и металлов на различных площадках данного сельскохозяйственного района;
- 2) провести сравнительный анализ проб почв различных площадок;



- 3) охарактеризовать степень влияния основных биогенных элементов на плодородие почвы;
- 4) предложить мероприятия по регулированию содержания основных элементов, влияющих на плодородие основных типов почв области и по увеличению плодородия почв.

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Плодородие почв и истощение в мире, процессы деградации

В настоящее время деградация почвы – это весьма распространенное явление в мире. Даже при том, что качество почвы можно улучшить путем рекультивации, большинство антропогенных воздействий снижают качество почвы, вызывая ее деградацию [11].

Деградация почв и уменьшение почвенного плодородия приводит к снижению запасов гумуса и количества других питательных веществ – калия, азота, фосфора, микроэлементов, повышению кислотности почв, ухудшению структуры почв и гранулометрического состава, переувлажнению почв, засолению почв, их разрушению и утрате удаления плодородного слоя почвы при строительных и горнодобывающих работах. Проблемы, связанные с деградацией почв, вызваны такими причинами, как хищническое отношение к земле, несоблюдение системы севооборотов в земледелии, а также агрономическая неграмотность [12].

Выделяют химическую (химическое загрязнение, засоление) и физическую (уплотнение, эрозия) деградацию почвы.

Основными источниками загрязнения почвы являются атмосферные осадки с закисляющими и потенциально опасными химическими соединениями, поступление загрязнителей с загрязненными почвенными частицами или водой в результате эрозии, а также непосредственное внесение человеком пестицидов, удобрений и навоза, содержащего тяжелые металлы и иловых осадков [13].

Загрязнение почвы от местных источников по большей части связано с существованием промышленных предприятий и неправильным захоронением промышленных и бытовых отходов. Влияние промышленной деятельности, спектр загрязняющих веществ, риск загрязнения грунтовых вод и почвы различны в разных странах. Это приводит к различным системам классификации, по многим странам являющимся недостаточно информативными.

Загрязненные таким образом территории представляют угрозу для окружающей среды и здоровья человека [13].

Наиболее важные проблемы загрязнения почвы это, в первую очередь, химическое загрязнение, закисление и влияние избыточного количества питательных веществ на почву.

К физической деградации почв относятся эрозия почвы, уплотнение и запечатывание почвы, а также истощение запасов органического вещества в почве.

Удаление поверхностных слоев почвы путем выдувания ветром, смыва водой, удалением со льдом, в результате изменения температуры или при влиянии других факторов природного либо антропогенного происхождения называется почвенной эрозией.

В России сформировалась и усиливается тенденция ухудшения состояния земель. Основные процессы – эрозия, заболачивание, опустынивание, подтопление, зарастание земель сельскохозяйственного назначения кустарником, приводящее к потере плодородия и выводу из хозяйственного оборота. Согласно данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году» около 80 % земель сельскохозяйственного назначения подвержены деградации: водной эрозии – 17,8 % всей площади, ветровой – 8,4 %, переувлажненные и заболоченные местности занимают 12,3 %, засоленные и солонцеватые – 20,1 % земель сельскохозяйственного назначения [12].

Прямым эффектом эрозии является уменьшение содержания органического вещества в почве, в результате чего снижается доступность питательных веществ для почвенных организмов, их биомасса и биоразнообразие. Эрозия может оказывать опосредованное действие на почвенные экосистемы и их функции, снижая разнообразие растений, их биомассу и продуктивность [11].

## **1.2 Характеристика основных макро- и микроэлементов на землях сельскохозяйственного пользования**

Все элементы по абсолютному содержанию в почвах объединяются в группы:

### 1) Макроэлементы:

- а) Si и O, которые в сумме могут составлять 80–90 % почвенной массы (содержание их в почве десятки процентов);

- б) элементы, содержащиеся в почве в количестве от десятых долей до нескольких процентов: Al, Ca, Mg, Fe, Na, K, C;
- 2) переходная группа к микроэлементам: Ti, P, N, S, H; количество в почве – сотые и десятые доли процента;
- 3) микроэлементы и ультрамикроэлементы: Ba, V, Sr, Cu, Rb, Cr, Co, Cs, V, Li, Se, Mo; количество их в почве составляет  $n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10^{-10} \%$ .

Концентрационная классификация химических элементов в почве полезна при выявлении роли определенных элементов в формировании почвенной массы, а также для выбора методов химического анализа почв.

По данной классификации макро- и микроэлементы различаются по уровням их содержания в живых организмах или в почвах. Микроэлементы – элементы, необходимые живым организмам в малых количествах, при этом выполняющие важные физиологические функции. Данное определение условно, так как один и тот же элемент может выступать в разных ролях в зависимости от нахождения его в организмах либо в почве.

Также имеются и другие классификации элементов, которые применимы в зависимости от задач исследования.

Многие вещества необходимы для нормального развития организма именно в малых количествах, в повышенных концентрациях оказывают токсическое действие. Подобное влияние наблюдается на примере разных веществ, но в особенности микроэлементов.

В число микроэлементов и ультрамикроэлементов входят все элементы, 5–7 периодов таблицы Д. И. Менделеева, а также некоторые элементы 2 периода и большинство элементов 4 периода [14].

Количество микроэлементов, требующееся для всех организмов, должно быть оптимальным. Недостаток микроэлементов, равно как и избыток, в питании вызывает различные заболевания и может привести к гибели живых организмов. Микроэлементы принимают участие в важнейших биохимических процессах: ды-

хание, фотосинтез, синтез белков, кроветворение, жировой, белковый и углеводный обмен веществ, а также синтез гумуса.

Для своего развития живые организмы поглощают микроэлементы из почвы. Избыток или недостаток микроэлементов в почвах отрицательно сказывается на развитии различных организмов, вызывает эндемические заболевания животных, растений, человека. К примеру, избыток меди и цинка приводит к заболеванию животных анемией, при недостатке цинка у цитрусовых растений наблюдается пятнистость листьев, у кукурузы побеление верхушки, утолщение кожи у животных. Наблюдается появление низкорослых растений кустистой формы при избытке бора в почве, при его недостатке у растений не образуются цветки, свекла заболевает сухой гнилью [15].

Недостаток и избыток микроэлементов в почве обусловлены биогеохимическими особенностями почв и ландшафтов, а также влиянием техногенных потоков вещества.

Повышение концентраций элементов техногенного происхождения – следствие выбросов промышленных предприятий, влияния автотранспорта, накопления остаточного количества минеральных удобрений. Техногенные геохимические аномалии, формирующиеся в результате подобных воздействий, делятся по А. И. Перельману на три типа:

- глобальные аномалии (охватывают земной шар);
- региональные (охвачены части области, страны, материка);
- локальные (радиус поражения связан с конкретным источником загрязнения, не превышает нескольких десятков километров).

Химическое загрязнение разных почв различно: одни почвы податливее к загрязнению, нежели другие. Аккумуляция химических соединений, поступающих в почву, зависит от механического состава почвы, содержания гумуса, рН, карбонатности, водного режима, а также емкости поглощения. Химические загрязняющие вещества объединены М. А. Глазовской в две группы:



- педохимические активные вещества, которые способны повлиять на окислительно-восстановительные условия в почвах (например, минеральные кислоты, карбонаты, щелочи, метан и сероводород);
- биохимически активные техногенные вещества, которые действуют на живые организмы непосредственно (пестициды, токсичные микроэлементы, углеводороды). Их воздействие на организмы зависит от доступности растениям, их подвижности в почве.

Опасность загрязнения почв слабоподвижными формами соединений биохимически активных элементов увеличивается при высоком содержании гумуса, а также высокой сорбционной способности. Накоплению способствуют такие процессы, как:

- сорбция ионов металлов глинистыми минералами;
- изоморфные замещения в решетках глинистых минералов;
- соосаждение со свежевыпавшими оксидами и гидроксидами (в особенности железа);
- образование малоподвижных комплексных органометаллических соединений.

### **1.3 Биосферные циклы: круговорот азота, серы и фосфора в природе**

Между живой и не живой природой существует постоянная взаимосвязь, происходят непрерывные процессы превращения веществ и энергии, создания и разложения органических веществ. Эти непрерывные процессы составляют малый биологический круговорот, который составляет часть абиогенного круговорота.

#### **1.3.1 Круговорот азота**

В природе имеется большое количество азота, в том числе в почве. Но не весь существующий азот может усваиваться растениями. Таким образом, вовлечение азота в круговорот веществ в природе осуществляется благодаря микроорганизмам, разлагающим органические азотсодержащие вещества либо синтезирующим

их. Производимые микроорганизмами процессы непрерывного разрушения и синтеза азотсодержащих веществ лежат в основе биогенного круговорота азота в природе.

В круговороте азота выделяют такие биохимические процессы, как аммонификация, нитрификация, денитрификация, фиксация атмосферного азота.

Разложение азотистых органических соединений происходит по следующей схеме, предложенной на рисунке 1.1:

белки,  
гуминовые → аминокислоты, → аммиак → нитриты → нитраты  
кислоты амины

Рисунок 1.1 – Схема разложения азотистых органических соединений

Распад азотистых органических веществ почвы до аммиака называется аммонификацией. Этот процесс осуществляется различными группами анаэробных и аэробных микроорганизмов. Белковые вещества гидролизуются до аминокислот под влиянием протеолитических ферментов, выделяемых этими микроорганизмами. Аминокислоты легко усваиваются микроорганизмами и далее подвергаются процессам дезаминирования и дезамидирования под действием ферментов микробных клеток [16].

Белок и другие азотистые органические вещества всегда содержатся в больших количествах в остатках растений, животных и микробов. Микробы производят гидролитическое расщепление этих веществ при помощи ферментов протеаз [17].

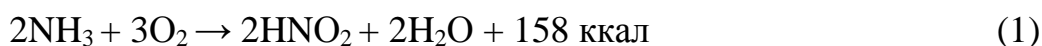
Аммонификация может происходить во всех почвах с разной реакцией среды, в аэробных и анаэробных условиях, но без воздуха и при сильноокислой и щелочной реакциях она значительно замедляется. Также на скорость аммонификации достаточное влияние оказывают температура, влажность почвы и многие другие факторы. В анаэробных условиях азотистые органические вещества разлагаются до аммиака. В аэробных условиях соли аммония окисляются до нитратов [16]. Если в составе белков присутствует сера, она высвобождается в виде сероводорода

или меркаптанов, имеющих неприятный запах. Из аминокислот ароматического ряда получается фенол.

Аммиак, образованный при помощи микроорганизмов, частично идет на синтез азотистых веществ тела этих микроорганизмов, но большая часть накапливается в почве. Участвующие в разложении белка микроорганизмы широко распространены в природе.

Аммонификация связанного азота в форме гумусовых веществ происходит очень медленно. В умеренном климате в течение года подвергается разложению только 1–3 % общего запаса перегноя [17].

Другой процесс, осуществляющийся группой бактерий, это окисление аммиака до нитратов – нитрификация. Первым этот процесс изучил С. Н. Виноградский, выделивший чистые культуры возбудителей и выяснивший сущность нитрификации. В окислении аммиачных солей до азотистой кислоты (первая фаза) принимают участие бактерии рода *Nitrosocystis*, *Nitrosomonas* и *Nitrospira*, а до азотной кислоты (вторая фаза) – бактерии рода *Nitrobacter* [16]. Первая и вторая фаза указаны в формулах (1) и (2) соответственно:



В основе процесса нитрификации лежит дегидрирование аммиака, осуществляемое дегидразой, и окисление азота при помощи оксидаз. Нитрификация – это многоэтапный процесс: аммоний окисляется до гидроксиламина, который через ряд промежуточных продуктов окисляется до азотистой кислоты, затем азотистая кислота окисляется до азотной [16].

Бактерии, участвующие в процессах нитрификации, широко распространены в почве и иле. Это строгие аэробы, они чувствительны к реакции среды. Оптимальным значением является рН 8,6. Окисление аммиака приводит к подкислению почвы, поэтому требуется проводить известкование почв.

Нитрифицирующие бактерии являются очень полезными бактериями, которые обуславливают урожайность полей. В течение года в почве может накапливаться

более 300 кг азотной кислоты на 1 га. Этого количества достаточно для азотного питания растений, кроме того, оно оказывает большое влияние на фосфорное питание растений из-за свойства азотной кислоты растворять труднорастворимые фосфорнокислые соли, превращая их в усвояемые для растений формы [17].

На процесс нитрификации большое влияние оказывает температура почвы, насыщенность кислородом, обработка почвы, известкование и удобрения.

При внесении извести снижается кислотность почвы, повышается жизнедеятельность нитрифицирующих бактерий, почва обогащается необходимым для связывания нитратов кальцием.

Минеральные и органические удобрения обогащают почву азотом и зольными элементами, усиливают процессы минерализации в ней. С органическими удобрениями вносятся органические вещества, активизирующие жизнедеятельность микроорганизмов, а также разнообразная микрофлора, способствующая ускорению разложения органического вещества почвы. Минеральные удобрения интенсифицируют биологические процессы в почве, являются источником питания микроорганизмов азотом, калием, фосфором, кальцием. Но процесс нитрификации также играет и отрицательную роль, потому как нитраты вследствие своей подвижности могут вымываться из почвы и подвергаться процессам денитрификации с образованием газообразных форм азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ), в результате этого азот выделяется из почвы.

Размеры потерь азота зависят от погодных условий, системы обработки почвы и от наличия растительности на поле. На полях, находящихся под паром, в увлажненных районах обнаруживаются наибольшие потери нитратов. Растительность предохраняет нитраты от вымывания вследствие поглощения корнями и уменьшения промывания в задернелой почве [16].

Кроме процесса нитрификации в природе возникают и другие противоположные процессы разложения азотнокислых солей до свободного газообразного азота. Такие процессы называются денитрификацией. Ее вызывают микроорганизмы, широко распространенные в почве, навозе, на поверхности и корнях растений.

Они являются факультативными анаэробами. Попадая в бескислородные условия, денитрифицирующие бактерии отщепляют кислород из азотнокислых или азотинокислых солей, восстанавливая их до азота. Отщепленным кислородом они окисляют безазотистые органические соединения, получая необходимую энергию. Денитрификация – нежелательный процесс в почве, так как ведет к обеднению почвы нитратами. Борьба с этим можно аэрацией путем перепахивания.

Заканчивается круговорот азота возвращением его в атмосферу в процессе денитрификации [17].

Общая схема круговорота азота представлена на рисунке 1.2.

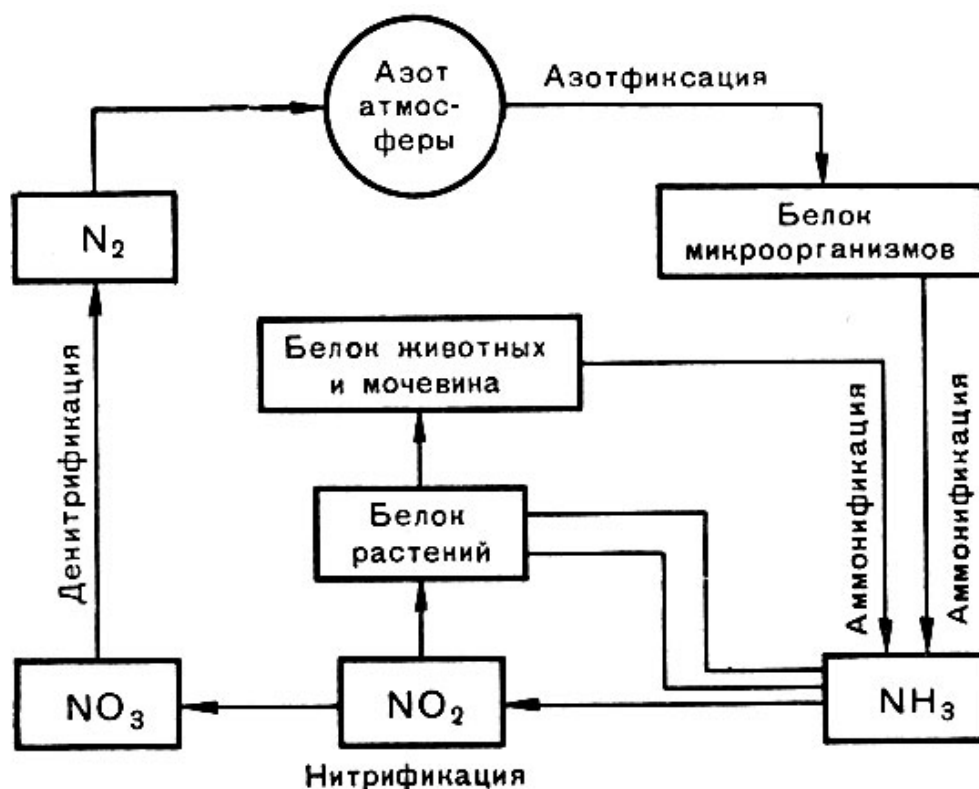


Рисунок 1.2 – Схема круговорота азота по А. А. Имшенецкому

Большие запасы газообразного азота недоступны для высших растений и животных. Вовлечение его в биогенный круговорот совершается двумя путями: азот под действием электрических разрядов, происходящих во время гроз, либо при фотохимическом окислении превращается в диоксид азота, который растворяется в воде, почве или дальше окисляется; второй путь вовлечения азота в круговорот осуществляется азотфиксирующими микроорганизмами (клубеньковые бактерии,



свободноживущие бактерии). Также атмосферный азот усваивают некоторые виды сине-зеленых водорослей, отдельные виды актиномицетов, грибы рода *Phoma*, некоторые почвенные бактерии. Все они фиксируют азот в меньших количествах.

### 1.3.2 Круговорот серы

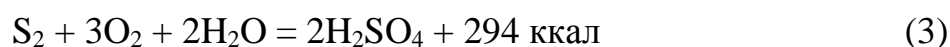
На земную поверхность сера поступает в виде  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  в результате вулканической деятельности, также воды некоторых источников содержат сероводород. Основную роль в круговороте серы играют биологические процессы, вызываемые микроорганизмами при разложении животных и растительных остатков. При гниении белков, в составе которых имеются аминокислоты, содержащие серу, и разложении растительных эфирных масел образуется сероводород и меркаптан. Также сероводород может образовываться при восстановлении солей сернистой, серной и серноватистой кислот сульфатредуцирующими бактериями.

Сам по себе сероводород не усваивается растениями и животными, он для них ядовит. Хорошо усваиваются растениями сернокислые соли, образующиеся в результате окисления сероводорода особой группой серобактерий. В растениях сера из этих солей вновь идет на синтез соединений серы.

Таким образом, в круговороте серы принимают участие такие бактерии, как аммонифицирующие и сульфатвосстанавливающие, либо серобактерии.

Все серобактерии автотрофы, образующуюся серу они откладывают внутри клетки. В природных условиях обитают в местах со свободным доступом кислорода и постоянным образованием сероводорода.

Окисление сероводорода бактериями происходит в две стадии: окисление сероводорода до серы, накапливающейся в протоплазме клеток в качестве запасного энергетического материала; при недостатке сероводорода происходит постепенное окисление отложенной серы в серную кислоту, нейтрализующуюся бикарбонатами клетки и выводящейся в виде сернокислой соли (формула (3)):



Серобактерии широко распространены в природе, они находятся в застойных водах, илах, почве. Они автотрофы, ассимилируют углекислый газ, используя энергию окисления восстановленных соединений серы. Схема круговорота серы указана на рисунке 1.3.

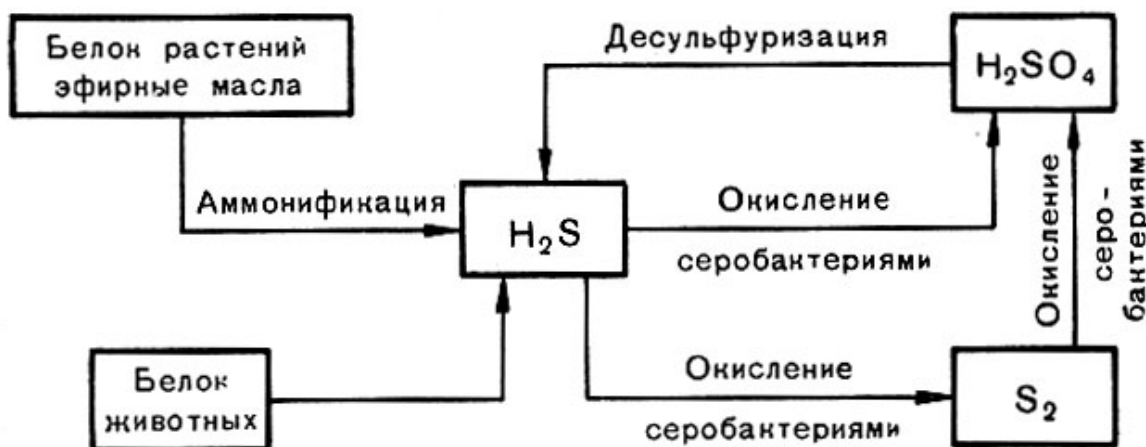
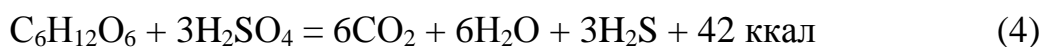


Рисунок 1.3 – Схема круговорота серы

Также существуют бактерии, восстанавливающие соли серной кислоты до сероводорода – десульфуризирующие бактерии. Восстановление сульфатов идет при окислении органических соединений и имеет энергетическое значение. Такие бактерии – строгие анаэробы и гетеротрофы. В качестве источника углерода ими используются углеводы, жиры, органические кислоты, нефть. Десульфуризирующие бактерии могут являться причиной огромных потерь нефтепродуктов. Восстановление сульфатов показано в формуле (4):



Сульфатредуцирующие бактерии играют главную роль в образовании целебной серной грязи многих озер. Они также вызывают коррозию железа, чем повреждают трубы орошения и канализации.

Серобактерии принимают участие в биологическом очищении сточных вод и являются показателями резкого загрязнения воды и почвы в населенных пунктах [17].

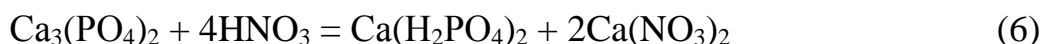
### 1.3.3 Круговорот фосфора

Круговорот фосфора в природе значительно проще азотного. Состоит он из минерализации органического фосфора и перевода фосфорнокислых солей в более растворимые соли.

В телах растений и животных фосфор входит в состав белковых веществ и некоторых липоидов. После отмирания растений и животных при разложении гнилостными микроорганизмами минерализуется и переходит в фосфорную кислоту, связывающуюся основаниями и переходящую в соли кальция, железа, магния, которые являются труднорастворимыми, а потому непригодными для питания растений.

В результате биохимических процессов происходит перевод этих солей в растворимые. Данные процессы производят кислотообразующие бактерии: нитрифицирующие, серобактерии, аммонифицирующие.

Труднорастворимая трехкальциевая соль переводится в двухкальциевую фосфорную соль по формулам (5) и (6):



В условиях недостатка кислорода почвенные бактерии способны восстанавливать фосфорнокислые соли до фосфина (фосфористый водород) при наличии органического вещества. В этом случае происходит потеря ценных фосфорнокислых солей. Чтобы этого избежать, необходимо проводить аэрацию почвы [17].

### 1.4 Антропогенные факторы, влияющие на плодородие почв

Истощение запасов органического вещества в почве приводит к ее истощению, снижению плодородия и биомассы почвенных организмов. Антропогенными воздействиями, влияющими на содержание органического вещества являются:

- распашка пастбищ (к примеру, перевод природных экосистем в сельскохозяйственные приводит к утрате 50–75 % предыдущего накопленного запаса углерода);

- глубокая вспашка, приводящая к удалению органического вещества из почвы;
- эрозия почвы;
- выщелачивание (вымывание) питательных веществ из почвы;
- искусственное удаление подстилки;
- лесные пожары;
- перевыпас.

Большая часть Европейской почв (около 45 %) содержит незначительные запасы органического вещества (от 0 до 2 %), также как половина пахотных земель нечерноземной зоны России отличается низким содержанием гумуса [11]. По результатам расчетов содержания гумуса на пашне, проведенных в 1967–1971, 1981–1985, 1986–1990 гг. и 1995 г., ясно, что его содержание падает. В результате происходящих процессов за последние 100 лет содержание гумуса снизилось на 30%, что является катастрофой для продовольственной безопасности страны [12].

Анализируя многолетние данные космических наблюдений и результаты исследований снежного покрова в ареалах промышленных центров загрязнение территории Челябинской области тяжелыми металлами зарегистрировано на площади 29,5 тыс. м<sup>2</sup>. Наибольшей площадью обладают ареалы загрязнения вокруг Челябинска и Магнитогорска (примерно 11–13 тыс. м<sup>2</sup>). Суммируя зоны интенсивного антропогенного изменения – Сатка, Коркино, Бакал, Еманжелинск, территория загрязненности составит около 52 тыс. м<sup>2</sup>, а это почти 56 % территории всей области.

Следствием деятельности предприятий черной и цветной металлургии, а также угольной и горнодобывающей промышленности является нарушение почвенного слоя – промышленной эрозии почв. По всей территории Челябинской области работает около 90 горнорудных предприятий, 20 шахт и 160 карьеров. Наиболее богаты отвалами и карьерами окрестности городов Верхний Уфалей, Сатка, Копейск, Еманжелинск, Коркино, Пласт, Бакал.

На территории области действует около 90 горнорудных предприятий, 160 карьеров, 20 шахт. Изобилуют карьерами и отвалами окрестности городов Сатка, Верхний Уфалей, Копейск, Коркино, Еманжелинск, Пласт.

В Челябинской области образуется около 500 млн. тонн в год промышленных и 5 млн. тонн в год бытовых отходов. В Челябинском промузле занято 984,5 га земли отходами 9 перерабатывающих предприятий и ТЭЦ. Ежегодно в Челябинске складывается примерно 60 млн. тонн отходов с повышенным содержанием хрома, свинца, меди, бария, мышьяка и иных токсичных соединений. Воздействие таких хранилищ на гидросферу, атмосферный воздух и почвы приводит к появлению районов экологического неблагополучия [18].

Захоронения промышленных отходов на территории Челябинской области составляют 15 % от показателей по России.

Концентрация тяжелых металлов в почвах вблизи предприятий цветной и черной металлургии превышает предельно допустимые нормы в десятки и сотни раз. Из-за горных разработок сильно изменились естественные ландшафты Урала. В связи с многолетней деятельностью по добыче железной руды с лица земли были полностью стерты горы Магнитная и Высокая, а также почти полностью выработан Челябинский угольный бассейн [19].

Черная металлургия, производящая самый большой объем продукции по России, представлена металлургическими комбинатами Челябинска и Магнитогорска, заводами Златоуста, а также предприятиями по производству стальных труб и ферросплавов. В Челябинской области также производят никель, медь и огнеупорные материалы из магнезита. Предприятия данной отрасли – основные источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Самые «грязные» города – Челябинск, Карабаш, Магнитогорск. Кроме тяжелых металлов в почве повышено содержание ртути, марганца, свинца, бензапирена, хрома, кроме того отработанные газы производств содержат оксиды углерода и азота, сажу и другие токсичные вещества, которые потом и попадают в почву [20].



## 1.5 Характеристика ресурсного потенциала Челябинской области

### 1.5.1 Районы области

Основное средство производства в сельском хозяйстве – земля, главный ресурсный элемент которой является пашня. От состояния пашни зависит урожайность различных культур, решение продовольственной безопасности области. Современный земельный фонд области – 8852,9 тыс. га, земли сельскохозяйственного назначения занимают 56,6 %, в которые входит площадь пашни – 35 %. В связи со значительной протяженностью с севера на юг область разделена на такие агро-климатические зоны, как горно-лесная, северная лесостепная, южная лесостепная и степная. Эти зоны отличаются различным рельефом, почвенно-климатическими условиями и биологическими ресурсами [21, 22].

Северная лесостепная зона представляет собой холмистую равнину, включает в себя такие районы:

- Чебаркульский район: площадь территории 2879 км<sup>2</sup>. В данном районе преобладает птицеводство (куры). Выращивают зерновые;
- Аргаяшский район: площадь района 2791 км<sup>2</sup>. Преобладает молочное скотоводство, коневодство, овцеводство, кролиководство, птицеводство (куры), рыбоводство. Выращиваются зерновые (яровые), зернобобовые, картофель, морковь, лук, кормовые травы;
- Копейск г/о: район площадью 237 км<sup>2</sup>. Птицеводство (куры), мясное скотоводство (геррефордская). Выращивают пшеницу, ячмень, кукурузу (зерно);
- Челябинский г/о: выращивают огурцы, томаты, редис, салат, укроп, петрушку, базилик зеленый и фиолетовый, мяту, кориандр, сельдерей, рукколу, щавель.
- Красноармейский район: район площадью 3853 км<sup>2</sup> расположен на востоке Челябинской области. Молочное скотоводство, свиноводство. Выращивают картофель, овощи.

В южной лесостепной зоне находятся районы:

- Агаповский район: расположен в южной части Челябинской области площадью 260359 га. Преобладает мясо-молочное скотоводство, свиноводство, коневодство, птицеводство (куры). Выращиваются пшеница (яровая), картофель, морковь, лук, кормовые;
- Еткульский район: площадь территории – 2525 км<sup>2</sup>. Расположен на востоке Челябинской области. Мясо-молочное, племенное скотоводство, птицеводство. Выращивают зерновые, рапс, картофель, овощи, кормовые;
- Нагайбакский район: район (площадь – 3022 км<sup>2</sup>) расположен в лесостепной зоне. Район богат сельскохозяйственными угодьями (около 30 % территории). Молочное скотоводство, птицеводство (куры). Выращивают пшеницу;
- Верхнеуральский район: в районе площадью 3510 км<sup>2</sup> преобладают обыкновенные черноземы, восточнее реки Гумбейки – выщелоченные черноземы. Эти почвы имеют довольно мощный перегнойный горизонт (30–60 см). Выращивают зерновые;
- Магнитогорск г/о: площадь района – 392 км<sup>2</sup>. Птицеводство (куры).

Горно-лесная зона представляет такие районы:

- Нязепетровский район: расположен на северо-западе Челябинской области. Площадь района – 3459 км<sup>2</sup>. Лесом занято около 70 % территории района, произрастают лиственницы, дубы, ели. Молочное скотоводство;
- Ашинский район: район площадью 2792 км<sup>2</sup> находится на западе Челябинской области.

Степная зона:

- Варненский район: расположен в юго-восточной части Челябинской области. Площадь района 3853 км<sup>2</sup>. Выращивают зерновые;
- Троицкий район: расположен в центральной части Челябинской области. Площадь района – 4591 км<sup>2</sup>. Выращивают зерновые;

- Октябрьский район: самый восточный район области площадью 4356 км<sup>2</sup>, расположен в Западно-Сибирской низменности. Молочное скотоводство, птицеводство. Выращивают пшеницу, кукурузу (зерно), подсолнечник (семена);
- Брединский район: граница района проходит по водоразделу рек Тобол и Урал в самой южной части Челябинской области. Площадь территории – 5076 км<sup>2</sup>. Мясное скотоводство, свиноводство, овцеводство. Выращивают пшеницу, зернобобовые [23].

Отбор проб почвы проводился в Аргаяшском районе, общими чертами климата которого является продолжительная холодная зима с устойчивым снежным покровом, краткосрочное теплое лето с повышенным количеством осадков в июле, короткие переходные сезоны, особенно весна с поздними заморозками. Летние температуры выше, чем в Европейской части, а зимние гораздо ниже. Зима в Аргаяше более холодная и продолжительная, чем в центральных областях России, а вегетационный период короче: 130 дней против 160. Ветры разной силы и скорости наблюдаются особенно в весенний и осенний периоды. 300–320 дней в году скорость ветра превышает 3 м/с. Больше осадков выпадает в западной части района (Байрамгуловском и Яраткуловском сельсоветах), а меньше в Дербишевском сельсовете. Горно-лесной ландшафт перехватывает значительную часть влаги, приносимую западными циклонами. Количество осадков на территории района уменьшается с северо-запада на юго-восток. В первой декаде декабря выпадает снег. Снежный покров достигает в районе 34–38 см, продолжительность его 156–160 дней. Наиболее влажными являются летние месяцы, когда выпадает около половины годового количества осадков. В зимний период (ноябрь–март) на территории района выпадает не более 25 % годовой нормы. Некоторые озера района используются в целях рыбоводства. В водоемах водятся окунь, щука, судак, чебак, лещ, язи, ерш, налим, пелядь, раки. Район богат сапропелем и торфом. Аргаяшский район расположен в лесостепной зоне [23].

## 1.5.2 Почвенный покров области

Почвы в Челябинской области расположены зонально. Челябинская область расположена в пределах четырех природных зон: северной лесостепной, южной лесостепной, степной, горно-лесной [24].

В лесной зоне распространены темно-серые лесные оподзоленные, серые лесные оподзоленные и светло-серые лесные оподзоленные почвы – три подтипа серых лесных почв, подразделяемых в зависимости от содержания гумуса, мощности гумусового горизонта, окраски и признаков оподзоливания.

Серые лесные почвы отличаются различным механическим составом. Благодаря подзолообразовательному процессу продукты почвообразования перераспределяются по профилю: нижние горизонты обладают более тяжелым механическим составом, нежели верхние. Верхняя часть профиля относительно богата кремнеземом, но обеднена фракцией ила и полуторными окислами. Средняя и нижняя части (горизонт В) отличаются накоплением ила и полуторных окислов алюминия и железа.

В гумусовом горизонте количество гумуса варьируется от 1,5–2 до 6–12 %, последовательно уменьшаясь от темно-серых к светло-серым лесным почвам.

Физические свойства удовлетворяют развитию растений: полевая влагоемкость 40–45 %, общая скважность горизонтов 50–55 %. Эти почвы хорошо пропускают воду, но после дождей либо обильного полива эти почвы заплывают и образуют корку из-за слабоводопрочной структуры.

Для повышения плодородия таких почв используются следующие мероприятия:

- формирование мощного пахотного горизонта путем постепенного углубления нижнего оподзоленного горизонта с совместным внесением минеральных и органических удобрений;
- известкование кислых почв;
- образование почвозащитных севооборотов с многолетними травами;
- вспахивание поперек склона;

- удержание талых вод и снегозадержание;
- строительство водоемов;
- формирование водорегулирующих и полезащитных лесных полос [23].

В лесостепной зоне преобладают светло-серые лесные оподзоленные почвы и выщелоченные черноземы. На севере и востоке основное место занимают оподзоленные черноземы, солонцы, солончаки и солончаковые черноземы. Между Чебаркулем и Верхнеуральском расположены тучные черноземы с высоким содержанием гумуса [24].

Выщелоченные черноземы характеризуются высоким естественным плодородием. Они широко применимы в сельском хозяйстве для выращивания зерна (прежде всего яровой и озимой пшеницы), сахарной свеклы, картофеля и подсолнечника. Такие почвы нуждаются в калийных и фосфорных удобрениях.

В оподзоленных черноземах отмечается небольшое обеднение полуторными окислами верхней части профиля и обогащение ими горизонта В. Также здесь наблюдается накопление илистой фракции. Такие почвы характеризуются высоким естественным плодородием. В сельском хозяйстве используются для выращивания высокоценных зерновых, масличных и технических культур, овощных и плодовых культур. Необходимо внесение калийных и фосфорных удобрений [25].

Солонцы – почвы, верхняя часть которых почти свободна от легкорастворимых солей, но включает в себя большое количество обменного натрия. Такие почвы характеризуются такими неблагоприятными свойствами для выращивания культурных растений, как щелочная реакция, наличие свободной соды, низкое содержание гумуса, кроме того, физические свойства: вязкость, липкость, плохая водопроницаемость, набухание во влажном состоянии, а также твердость и сильное уплотнение – в сухом. При освоении этих почв применяют промывку, глубокую вспашку, гипсование, вносят минеральные и органические удобрения, а также применяют травосеяние [25].

Солончаки – почвы, формирующиеся в условиях сухого климата и выпотного типа водного режима. Для них характерно повышенное содержание водораство-

римых солей в поверхностном слое почвы, источником их может быть соленосная природа или близко залегающие минерализованные грунтовые воды.

В почвах наблюдается небольшое количество азота. По вертикальному профилю на поверхности возможно преобладание хлоридов, ниже сульфатов, которые сменяются карбонатами.

Концентрация солей высока, превышает осмотическое давление клеточного сока растений. Засоленные почвы без улучшения непригодны для выращивания культурных растений, из-за этого не используются в сельском хозяйстве. При освоении солончаков применяется дренаж и промывание почв пресными водами [25].

В степной зоне преобладают черноземы: в Карталинском районе – южные и темно-каштановые почвы, выщелоченные и солонцеватые черноземы и солонцы, в Верхнеуральском районе – обыкновенные и тучные [24].

Содержание гумуса в черноземах обыкновенных достигает 6–9 %, падение гумуса вниз по профилю плавное. Реакция почв нейтральная – pH 7,0–7,5.

Кальций в составе поглощенных оснований значительно преобладает над магнием. Содержание ила равномерно распределено по профилю почв.

При высоком естественном плодородии эти почвы бедны подвижными формами фосфора. Почвы имеют оптимальный водно-воздушный режим, хорошо оструктурены, структура водопрочная.

Такие почвы широко используются в сельском хозяйстве. Для получения хороших урожаев применяют совместное внесение минеральных и органических удобрений, снегозадержание, бороздование полей, борьба с эрозией почв.

Содержание гумуса в южных черноземах достигает 4–7 %, наблюдается постепенное падение содержания с глубиной. В верхней части гумусового горизонта реакция среды близка к нейтральной – pH 7,0–8,0. Распределение ила по профилю однородно.

Почвы, широко используемые в сельском хозяйстве для выращивания бобовых, пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы, характеризуются высоким естествен-

ным плодородием. Для получения устойчивых урожаев применяют снегозадержание, влагозарядковые поливы и иные мероприятия для накопления и сохранения влаги в почве [25].

Общий вид почвы со всеми почвенными горизонтами называется строением почвы. Совокупность генетических горизонтов образует генетический профиль почвы.

В данной работе рассматриваются несколько видов почвенных горизонтов.

Горизонт А – гумусовый горизонт, наиболее темноокрашен в почвенном профиле, в котором накапливаются органические вещества в форме тесно связанного с минеральной частью почвы гумуса. Вариативность цветов данного горизонта от черного, бурого до светло-серого. Это обусловлено количеством и составом гумуса. Мощность горизонта колеблется от нескольких сантиметров до более 1,5 м.

Поверхностный органогенный горизонт с содержанием органического вещества от 30 до 70 %, состоящий из разложенных органических остатков и гумуса с примесью минеральных компонентов, называется перегнойным горизонтом.

Органогенные горизонты с различной степенью разложения органических остатков образуют переходные горизонты (торфянисто-перегнойные, перегнойно-гумусовые).

Горизонт А1 – это минеральный гумусово-аккумулятивный горизонт, который содержит предельное количество органического вещества. В почвах, где происходит разрушение алюмосиликатов, а также образование подвижных органоминеральных веществ является верхним, темноокрашенным горизонтом.

Горизонт А2 – подзолистый (осолоделый, элювиальный) горизонт, который формируется под влиянием щелочного или кислотного разрушения минеральной части. Этот горизонт сильно осветлен, не имеет определенной структуры (либо имеет слоеватую рыхлую структуру), обеднен гумусом и другими соединениями, илистыми частицами за счет вымывания их в нижележащие слои, а также относительно обогащен остаточным кремнеземом.

Горизонт В – горизонт, располагающийся под элювиальным, имеет иллювиальный характер. Данный горизонт имеет бурый, красновато-бурый, охристо-бурый цвет; он утяжелен и уплотнен, хорошо оструктурен, характеризуется накоплением глины, окислов алюминия, железа и иных коллоидных веществ благодаря вымыванию их из вышележащих горизонтов. Горизонт В является переходным слоем к почвообразующей породе в почвах, в которых не наблюдается значительных перемещений веществ в почвенной толще. Этот горизонт характеризуется поэтапным ослаблением процессов аккумуляции гумуса, разложения первичных минералов, он может подразделяться на В1 – горизонт с преобладанием гумусовой окраски, В2 – подгоризонт более слабой и неравномерной гумусовой окраски и В3 – подгоризонт окончания гумусовых затеков.

Горизонт С – материнская горная порода, из которой сформировалась данная почва, не затронутая специфическими процессами почвообразования (аккумуляцией гумуса, элювиированием и т. д.) [25].

### **1.5.3 Агрохимические показатели почв**

#### **1.5.3.1 Химический состав и окраска почв**

Некоторые соединения влияют на окраску почв. Ими являются углерод, железо, марганец, кальций, кремний.

Вещества, придающие окраску почве и почвенным горизонтам, называются почвенными пигментами. Главными почвенными пигментами являются соединения железа, углерода, марганца и серы.

Соединения углерода оказывают двойственное влияние на почву. Минеральные соединения углерода белого цвета (преимущественно карбонаты магния и кальция). Карбонаты щелочных земель диффузно распределены в почве либо образуют различные новообразования. Их влияние заключается в осветлении окраски почвы.

Влияние марганца заключается в приобретении почвой темных, почти черных тонов за счет пиролюзита, но такая окраска неоднородна. Также темный цвет почве придают сульфиды некоторых металлов.



В желтоватый, бурый или почти черный тона почва окрашивается за счет органических соединений углерода.

Соединения железа придают почве наиболее яркую окраску. Это желтые, красноватые, оливковые, бурые, зеленые, почти черные тона. Почти все рыхлые почвообразующие породы прокрашены соединениями железа. Этот буроватый тон сохраняется также в почвенном профиле, но окраска ослабевает либо усиливается, а во многих почвах становится неоднородной в связи с перераспределением железа по генетическим горизонтам. Наиболее ярко выражена неоднородность окраски в почвах с восстановительными процессами.

Количественная характеристика почвы и оценка роли отдельных элементов в формировании окраски могут быть выявлены по международной системе измерения цвета (цветность определяется долями условных цветов). Но во многих случаях наиболее информативно использование кривых спектральной отражательной способности.

Почвы отражают часть энергии электромагнитных колебаний, падающей на них. При характеристике цветности почв принимается во внимание диапазон длин волн 400–750 нм – интервал электромагнитных колебаний, видимый глазом.

Окраска перегнойно-аккумулятивных горизонтов обуславливается гумусом. В черноземах считается ахроматической – серой или темно-серой. Малогумусные почвы характеризуются почвами буровато-серыми или серо-бурыми.

Минеральные соединения углерода повышают спектральную отражательную способность в отличие от органических соединений [14].

### **1.5.3.2 Кислотность и щелочность почвы**

Важную роль в агрономической практике играет реакция почвы, потому как многие сельскохозяйственные структуры предъявляют определенные требования к ней и очень чутко реагируют на ее изменение. В Челябинской области, как и по всей России, значительные площади занимают кислые почвы. Наличие в кислых почвах в поглощенном состоянии большого количества ионов алюминия и водорода неблагоприятно сказывается на плодородии, ухудшает биологические, физи-

ческие и физико-химические свойства почв. Кислые почвы неблагоприятно влияют на рост и развитие многих сельскохозяйственных растений, а это ведет к снижению их урожайности.

Преобладающими почвами северной лесостепи Челябинской области являются выщелоченные черноземы, для которых характерна слабокислая реакция в пахотном горизонте. В составе поглощенных оснований преобладают кальций и магний.

Особенность черноземов Челябинской области – сравнительно высокое содержание низколабильного гумуса, обеспечивающего водопрочность почвенной структуры и высокую устойчивость к процессам эрозии.

В настоящее время резкое сокращение объемов мелиоративных работ ведет к закислению пахотных почв выщелоченных черноземов – увеличению площади средне- и сильнокислых почв.

Развитие кислотности почв происходит за счет выщелачивания кальция атмосферными осадками и выноса оснований с товарной продукцией. Подкисление почв производится без последующего известкования после применения кислых удобрений. Кроме того, за последние несколько десятков лет в большинстве районов Челябинской области выпадают кислые и сильнокислые дождевые осадки с рН 4–4,5, которые содержат азотную и серную кислоты, что тоже приводит к подкислению почв [26].

Почвы предгорья Урала и территорий Урала в Челябинской области подвержены сильному техногенному процессу загрязнения тяжелыми металлами (Co, Cu, Ni, Sn, Zn, Pb, Cd, Fe, Hg). Их накопление в плодородном слое почв приводит как к накоплению в сельскохозяйственной продукции, так и к снижению плодородия почв в дальнейшем [1–10]. Ежегодно происходит выброс загрязняющих веществ в объеме 750–800 тонн (Pb – 144 т, Cr – 222 т, Ni – 180 т, Cu – 95 т, As – 150 т), которые накапливаются в почве на значительной площади сельскохозяйственных земель. Причинами увеличения количества тяжелых металлов в почве являются выветривание материнских пород, богатых тем или другим металлом,

выбросы промышленных предприятий, применение сточных вод для орошения, выхлопные газы автотранспорта, использование в качестве удобрения природного и технического ила, пестицидов, мелиорантов и удобрений.

При попадании в почву тяжелые металлы вступают в физические сорбционные процессы, в физико-химические обменные реакции почвенного поглощающего комплекса и химические реакции с элементами почвенного раствора. Барьер для них – органическое вещество почвы, основную часть которого составляют гуминовые кислоты, способные связывать тяжелые металлы достаточно крепко, и фульвокислоты, обладающие теми же способностями, что и гуминовые, но являющиеся подвижными и менее устойчивыми. Стабильность комплексов гуминовых кислот с тяжелыми металлами достаточно высока, но при некоторых условиях зависит от реакции среды.

Подвижность цинка, меди, никеля и кобальта сильно зависит от окислительно-восстановительного потенциала почв. Эти металлы, а также свинец, кадмий и ртуть высоко подвижны в кислой среде, малоподвижны в щелочной и нейтральной средах. По этой причине важнейшую роль играет реакция почвенного раствора, для сельскохозяйственных культур оптимальным значением является 6–7 единиц при загрязнении почвы – эти условия способствуют снижению соединений тяжелых металлов, концентраций их в почвенном растворе и токсичности.

Растворимость и подвижность меди, цинка, бора, кобальта и других микроэлементов возрастает существенно при подкислении почв. Повышенное содержание этих элементов в подвижных формах в почве оказывает токсичное действие на растения. Молибден, наоборот, при высокой кислотности становится менее доступен растениям.

Кислые почвы имеют неудовлетворительные физические свойства из-за низкого содержания гумуса и его неблагоприятного состава, а также дефицита кальция. Такие почвы часто плохо оструктурены, переуплотнены, склонны к коркообразованию, а это неблагоприятно отражается на их водно-воздушном режиме. Кроме

того в кислой среде ослабляется нитрификация, аммонификация, фиксация азота из воздуха значительно замедляется, азотный режим почвы нарушен [26].

Кислотность почвы можно уменьшить внесением известкового материала, что показано на рисунке 1.4. Самое распространенное средство для нейтрализации кислоты – сельскохозяйственная известь: карбонат магния, карбонат кальция либо смесь этих карбонатов. Другие известковые материалы содержат магниевые и кальциевые окислы, а также окислы водорода и другие побочные продукты горной добычи.

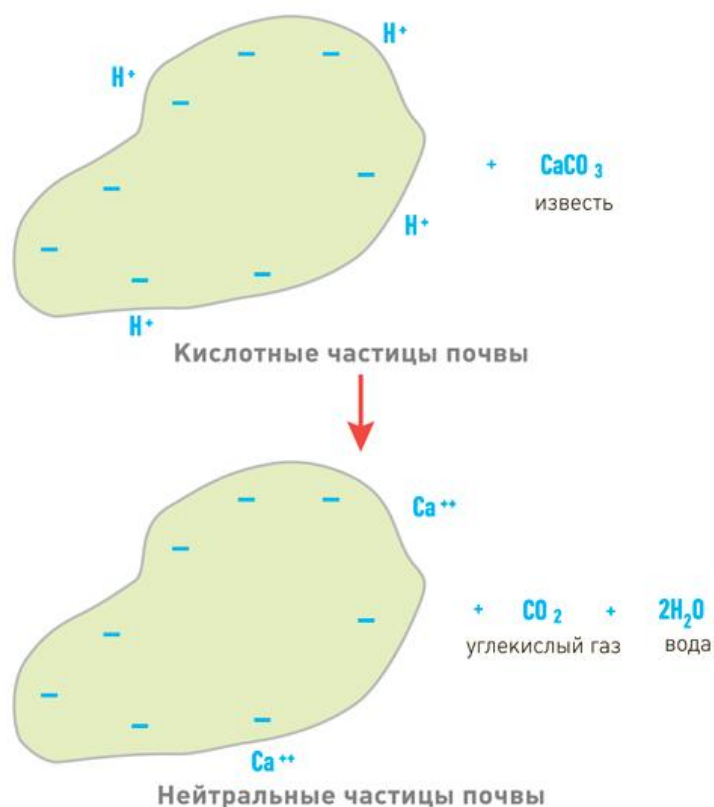


Рисунок 1.4 – Химическая реакция извести (карбонат кальция CaCO<sub>3</sub>) и кислотных частиц почвы, в результате которой значение pH почвенного раствора становится нейтральным (Г. Джонсон, Р. Узстерман, и Д. Минтер, 1988)

Чистота продукта может быть оценена по кальциево-углеродному эквиваленту либо по содержанию кальциевого карбоната. Известковый материал необходимо перемешать с почвой на глубину 4–6 дюймов. Недостаточное перемешивание может стать причиной образования целой сети затеков с высокой концентрацией щелочи, чередующихся с кислотными затеками. В верхнем слое кислой почвы

при плохом перемешивании может образоваться слой с высоким содержанием щелочи.

Щелочные почвы также неблагоприятно влияют на состояние пшеницы, ее продуктивность. Щелочная среда уменьшает доступность питательных веществ, имеющихся в почве. Влияние реакции среды на наличие микроэлементов в почве можно наблюдать на рисунке 1.5.

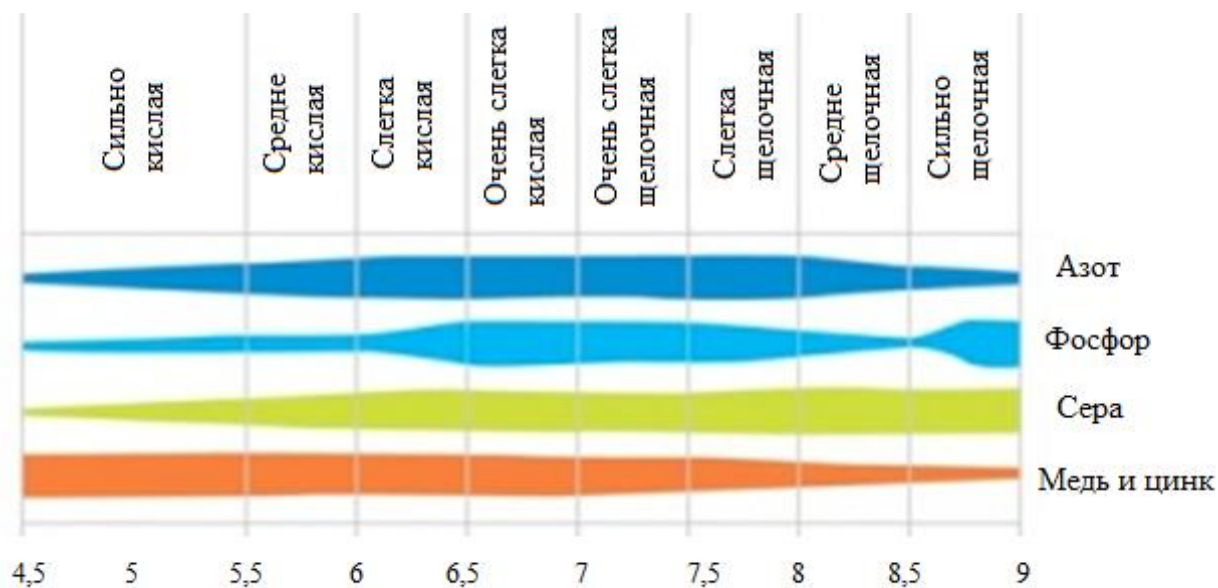


Рисунок 1.5 – Влияние pH почвы на наличие микроэлементов в почве

При увеличении pH более 8 дефицитным элементом становится фосфор. Такие элементы, как медь и цинк, также могут быть в дефиците, но это не сильно влияет на урожайность культуры при достаточном количестве данных элементов в корневой зоне. Ленточное внесение фосфора в щелочную почву (особенно вместе с аммонийным азотом) – один из способов удерживать эти питательные микроэлементы в почве [27].

### 1.5.3.3 Содержание азота в почвах

Одним из основных элементов питания растений является азот, который находится в форме органического соединения в составе гумуса в количестве 4–5 % от его содержания. При уменьшении гуминовых кислот в почвах происходит снижение содержания гидрализованного азота, в особенности при поступлении в почву

органических веществ в недостаточном количестве в виде удобрений, корневых остатков [28].

По данным А. П. Виноградова содержание азота в земной коре насчитывает  $2,3 \cdot 10^{-2}$  весовых процента, его общие запасы составляют миллиарды тонн. Большая часть азота в почве находится в виде ионов аммония, удерживается в кристаллической решетке алюмосиликатных минералов. Содержание азота в пахотном слое различных почв широко варьируется, что показано в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Содержание азота в пахотном слое различных почв

Азот	Почва							
	дерново-подзолистая	серая лесная	выщелоченный чернозем	мощный чернозем	обыкновенный чернозем	каштановая	серозем	краснозем
Общий, %	0,05–0,20	0,20–0,35	0,30–0,45	0,40–0,50	0,25–0,45	0,15–0,25	0,10–0,20	0,20–0,30

Также содержание азота различно и в пределах одной почвенной зоны (к примеру, почвы Нечерноземной зоны европейской части России содержат такие количества азота общего: суглинистая – 0,1–0,2 %, глинистая – 0,1–0,23 %, торфянистая содержит наибольшее количество общего азота – 0,6–1,0 %).

Но обеспеченность азотом культурных растений в большей степени зависит от содержания усвояемых минеральных соединений.

Растения могут усваивать азот в форме минеральных соединений, меньше – растворимые в воде простейшие аминокислоты и амиды. Основная же масса азота в почве, которая содержится в разнообразных органических соединениях (94–95 %), либо в форме аммония (3–5 %), недоступна (труднодоступна) растениям. Только около 1 % азота содержится в легкоусвояемых сельскохозяйственными растениями минеральных формах. Это служит причиной зависимости нормального обеспечения азотом растений от скорости минерализации азотистых ор-

ганических веществ. Содержание азота в почве имеет большое значение для питания растений [16].

#### **1.5.3.4 Влияние микроэлементов на плодородие почвы**

Причиной снижения урожайности и качества сельскохозяйственных растений является недостаток микроэлементов в почвах. Ухудшение плодородия почв связано со значительным снижением внесения в них минеральных удобрений [22, 29].

Выделяются территории с избыточным либо недостаточным содержанием микроэлементов в связи с особенностями состава почвообразующих пород, наличием рудных месторождений. По А. П. Виноградову такие районы называются биогеохимическими провинциями. На их территории могут проявляться нарушения нормального обмена веществ у растений, человека и животных.

Кроме того, образование микроэлементов обуславливается также региональным и локальным техногенным загрязнением, а именно выбросами промышленных предприятий, накоплением остаточных компонентов удобрений и другими причинами [30].

Прежде всего, содержание микроэлементов в почвах определено их содержанием в почвообразующей породе и влиянием процесса почвообразования на их перераспределение: гумусоаккумулятивный процесс приводит к накоплению их в верхней части профиля, при развитии элювиальных процессов наблюдается обеднение микроэлементами верхних горизонтов почв.

Увеличение содержания отдельных микроэлементов в почвах может наблюдаться на прилегающей территории рудных месторождений, в зонах действия вулканов. Также причиной повышенной концентрации микроэлементов служит применение пестицидов, внесение удобрений и техногенное загрязнение территории. При техногенном загрязнении на поглощение микроэлементов почвами большое влияние оказывают реакция среды, механический состав, содержание карбонатов и гумуса, условия водного режима.

В почвах микроэлементы наблюдаются в разнообразных формах: в форме оксидов и солей, в кристаллической решетке минералов, в составе органических соединений, в ионообменном состоянии, в растворимой форме в почвенном растворе. На формы их соединений огромное влияние оказывают окислительно-восстановительные условия, реакция среды, содержание органического вещества. Изменение окислительно-восстановительного состояния почв сказывается на поведении микроэлементов с переменной валентностью: при окислении марганец ( $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$ ) переходит в нерастворимые формы, а ванадий ( $V^{3+} \rightarrow V^{5+}$ ) и хром ( $Cr^{3+} \rightarrow Cr^{6+}$ ) приобретают подвижность и мигрируют.

Подвижность меди, цинка, кобальта и марганца увеличивается при кислой реакции среды, в свою очередь подвижность молибдена снижается. Фтор, йод и бор подвижны как в щелочной, так и кислой среде.

Органические вещества неспецифической природы (муравьиная, щавелевая, лимонная кислоты и др.) способны связывать микроэлементы в растворимые или труднодоступные для растений соединения [30].

Содержание фосфора зависит от его количества в почвообразующей породе, от процессов аккумуляции в биологически активных слоях почвы и внесения фосфорных удобрений. По результатам исследований количество фосфора на землях сельскохозяйственного назначения низкое, а это является одним из лимитирующих факторов получения низких урожаев сельскохозяйственных культур. Содержание подвижных форм калия в черноземах области высокое, это объясняется повышенным составом калийсодержащих минералов в почвообразующих породах [22, 29].

Из-за особенностей свойств и состава почв и развитием почвообразовательного процесса в разных почвах наблюдается неодинаковое распределение микроэлементов. Наиболее четко эти особенности отражает распределение важнейших микроэлементов по профилю дерново-подзолистой и черноземной почв. В дерново-подзолистых почвах по причине интенсивного развития элювиальных процессов имеет место обеднение верхних горизонтов кобальтом, молибденом, цинком и



медью и максимальное их содержание в породе. В черноземах максимальное содержание микроэлементов наблюдается в гумусовом слое и постепенно снижается по профилю по мере уменьшения его содержания. Это является следствием развития гумусоаккумулятивного процесса.

Возможно нарушение данных закономерностей из-за применения микроудобрений, органических удобрений, проявлением эрозии [30].

## **2 ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1 Объект – почвы черноземного типа области**

Черноземы – тип почв, которые формируются под степной и лесостепной растительностью суббореального пояса. В основном образуются на карбонатных материнских породах – лессах, лессовидных глинах и суглинках, иногда на известняках, песчаниках в условиях непромывного или периодически промывного водного режима.

Для черноземов характерно накопление органических веществ в гумусово-аккумулятивном горизонте, четко выраженная комковато-зернистая структура, высокое содержание гумуса в нем, высокое потенциальное плодородие.

Черноземные почвы характеризуются хорошими водно-воздушными свойствами, содержанием в почвенном комплексе 70–90 % кальция, нейтральной или почти нейтральной реакцией среды. В своем составе такие почвы имеют самое большое количество гумуса, это определяет высокое плодородие почв. Кроме того, черноземы содержат большое количество таких полезных веществ, как азот, сера, железо, фосфор.

Сам по себе чернозем не отличается высокой рыхлостью, поэтому важно для разрыхления почвы добавлять песок, торф или компост для выращивания некоторых растений.

### **2.2 Методика**

#### **2.2.1 Отбор проб почвы**

Исследования проводились в июле 2016 года. Почвенные разрезы делались в Аргаяшском районе. Точечные пробы были отобраны на пробных площадках из двух горизонтов методом конверта с глубины от 0 до 10 см и от 10 до 20 см массой 0,5 кг в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Почвы. Общие требования к отбору проб».

Отбор проб проводился с учетом вертикальной структуры, неоднородности покрова почвы, рельефа и климата местности, а также с учетом особенностей за-

грязняющих веществ или организмов. Проводился отбор проб на пробных площадках, закладываемых так, чтобы исключить искажение результатов анализов под влиянием окружающей среды.

Пробы были отобраны по профилю из почвенных горизонтов с таким расчетом, что в каждом случае проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов данного типа почвы.

Отобранные пробы были пронумерованы и зарегистрированы в журнале, также были указаны следующие данные: порядковый номер и место взятия пробы, дату отбора, глубина взятия пробы, фамилия исследователя.

Пробы, отобранные для химического анализа, были помещены для транспортировки и хранения в пронумерованные матерчатые мешочки [31].

### **2.2.2 Подготовка к анализу**

Пробоподготовка полученного материала производилась в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

Точечные пробы отобрали на пробной площадке из нескольких горизонтов методом конверта так, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов данного типа почвы.

Объединенную пробу составили путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

Пробы почвы для химического анализа были высушены до воздушно-сухого состояния по ГОСТ 5180-75. Воздушно-сухие пробы поместили на хранение в стеклянную тару.

Далее для определения химических веществ пробу почвы в лаборатории рассыпали на бумагу и размяли пестиком крупные комки. Затем выбрали включения – корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных а также новообразования – друзы гипса, известковые журавчики и др. Почву растерли в ступке пестиком и просеяли через сито с диаметром отверстий 1 мм. Затем просеянную почву поместили в стеклянные банки с этикетками [32].

### 2.2.3 Определение рН

Для определения рН почвы был использован ГОСТ 26423-85 «Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки».

При подготовке к анализу был приготовлен раствор хлористого калия концентрации 0,01 н. Для этого в мерной колбе на 1000 см<sup>3</sup> к 0,746 г хлористого калия долили дистиллированную воду до метки, приготовленный раствор перемешали.

Для приготовления водной вытяжки пробы почвы массой 30 г, взвешенные с погрешностью не более 0,1 г, поместили в конические колбы. К пробам прилили цилиндром по 75 мл хлористого калия. Почву с хлористым калием перемешали в течение 2 мин и оставили на 5 мин для отстаивания.

Затем часть почвенной суспензии объемом 15–20 см<sup>3</sup> слили в химический стакан вместимостью 50 см<sup>3</sup> и использовали для измерения рН.

Настройку рН-метра (в наших опытах применялся рН-метр марки Sartorius Professional Meter PP-25 – профессиональный рН-метр/ универсальный измеритель с функцией измерения рН и ионоселективного анализа) проводили по трем буферным растворам с рН 4,01, 6,80 и 9,18, приготовленным из стандарт-титров. Показания прибора считывали не ранее чем через 1,5 мин после погружения электродов в измеряемую среду, после прекращения дрейфа измерительного прибора. Во время работы настройку прибора периодически проверяли по буферному раствору с рН 6.86 [33].

### 2.2.4 Определение аммония колориметрическим методом с реактивом Несслера

Определение аммония было проведено по учебно-методическому пособию А. Б. Беляева «Элементы минерального питания в почвах» [34]. По данной методике 10 г почвы поместили в колбу на 250 мл, залили 100 мл 2 %-го раствора хлорида калия. Колбы встряхивали в течение 1 часа. Затем содержимое колбы отфильтровывали через воронку со складчатым фильтром ( $d = 14$  см). В это время от-

фильтровали контрольную пробу на чистоту реактивов и фильтров пропуском 100 мл 2 %-го раствора хлорида калия через контрольный фильтр.

Взяли 15 мл вытяжки и поместили в мерную колбу на 50 мл, разбавили дистиллированной водой до 40 мл, прибавили 2 мл сегнетовой соли и перемешали.

Были приготовлены образцовые реактивы: для этого прилили из бюретки 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мл рабочего эталонного раствора в мерные колбы на 50 мл, разбавили дистиллированной водой до 40 мл, прибавили 2 мл сегнетовой соли и перемешали.

Во все колбы прибавили по 2 мл реактива Несслера (из бюретки), довели содержимое колб до метки и перемешали. Через 3 минуты провели колориметрирование раствора на фотоколориметре с синим светофильтром.

Общий вид фотоколориметра представлен на рисунке 2.1.

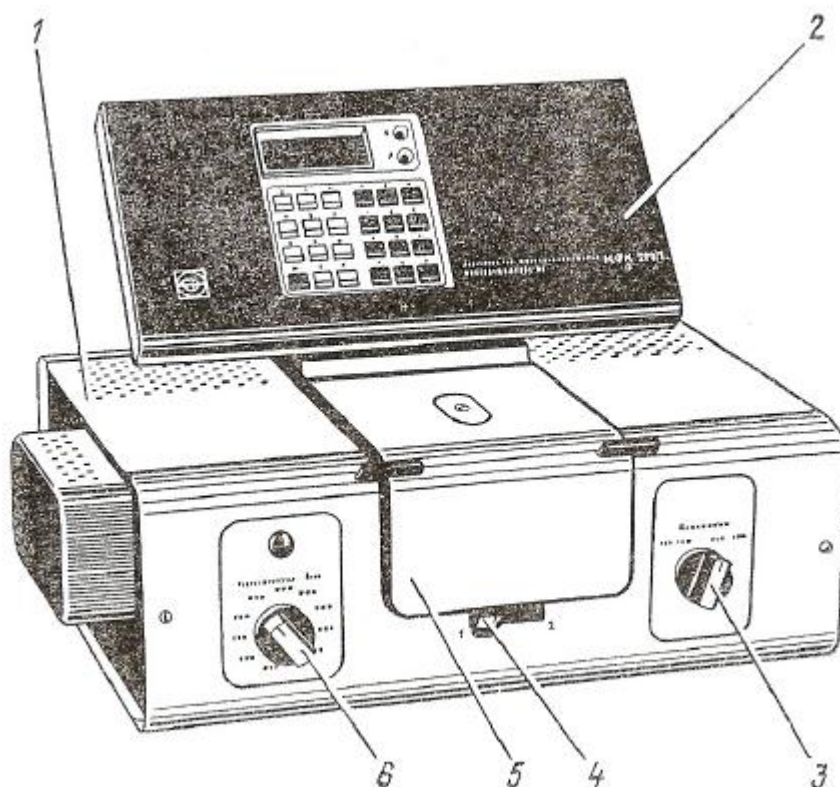


Рисунок 2.1 – Общий вид концентрационного фотоколориметра КФК–2МП:  
а) колориметрический блок; б) вычислительный блок; в) ручка переключения фотоприемников; г) ручка ввода кювет в световой пучок; д) крышка кюветного отделения; е) ручка переключения светофильтров

Содержание в растворе N–NH<sub>4</sub> установили по калибровочной кривой образцовых растворов (рис. 2.2).

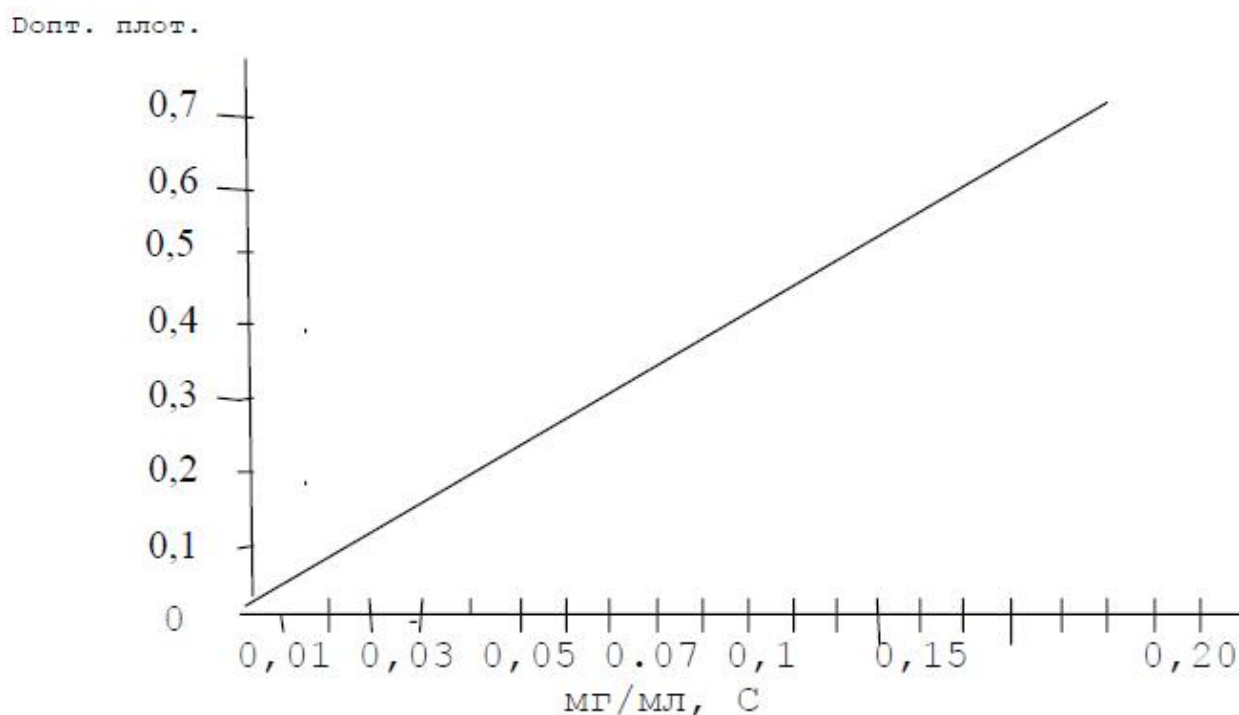


Рисунок 2.2 – Калибровочный график фотоэлектроколориметрического определения N–NH<sub>4</sub>

По формуле (7) пересчитали полученные по графику показатели в мг на 100 г почвы:

$$N-NH_4 = \frac{a \cdot V \cdot 100 \cdot k}{v_1 \cdot \Gamma}, \quad (7)$$

где **a** – количество NH<sub>4</sub>, найденное по градуировочной шкале, мг/л;

**V** – общий объем вытяжки, мл;

100 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы;

**v<sub>1</sub>** – объем вытяжки, взятой для определения;

**Γ** – навеска почвы;

**k** – коэффициент гигроскопичности.

Результаты занесли с таблицу 2.

Таблица 2.1 – Результаты фотоэлектроколориметрического определения N–NH<sub>4</sub>

Почва, глубина, см	Навеска, г	Общий объем вытяжки, V, мл	Аликвота для определения, V <sub>1</sub> , мл	Показатели эталонного раствора		Показатели испытуемого раствора		N–NH <sub>4</sub> мг/100 г почвы
				С <sub>эт.</sub>	Д <sub>эт.</sub>	С <sub>исп.</sub>	Д <sub>исп.</sub>	

### 2.2.5 Элементный анализ почвы

Элементный анализ почв был проведен на приборе рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) Rigaku Supermini200.

Принцип работы спектрометров основан на измерении интенсивности рентгеновского флуоресцентного излучения, испускаемого атомами анализируемой пробы при ее облучении с помощью рентгеновской трубки.

Спектрометры имеют специальные кюветные отделения с автоматической загрузкой проб, которые позволяют анализировать жидкие, твердые среды, гранулы, порошки, пленки.

Конструктивно спектрометр выполнен в виде настольного прибора и состоит из основного блока, компьютера и вакуумного насоса. На передней панели основного блока расположены ключ включения рентгеновской трубки и индикаторы включения спектрометра и рентгеновского излучения. Управление процессом измерения и контроль спектрометра осуществляется внешним компьютером с помощью специального программного обеспечения.

Фото общего вида анализатора представлено на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Общий вид спектрометра рентгенфлуоресцентного волнодисперсионного Supermini 200

Порошкообразные пробы просеянной почвы спрессовали в таблетки под давлением 8 тонн.

Далее препарат поместили в камеру прибора для облучения проб, зарегистрировали спектр. Результат анализа получили на компьютере в виде массовых долей определяемого элемента в процентах.



### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе выполнения научно-исследовательской работы были изучены почвы Южно-Уральского региона. Площадки для анализа были выбраны исходя из произрастающих на них культур. Первая площадка (целина) необходима для сравнения. Преобладающих видов дикорастущих и культурных растений на ней нет. Характерной растительностью является разнотравье (луг). Для изучения влияния основных биогенных элементов и тяжелых металлов на сельскохозяйственные культуры были выбраны следующие площадки: рапсовое поле под паром, ячменная пашня и пятилетняя залежь. Чтобы оценить степень влияния в данном районе растений, улучшающих плодородие почвы, был произведен анализ проб в местах произрастания погремка большого (*Rhinanthus alectorolophus*) и клевера розового (*Trifolium hybridum*). Всего было изучено шесть площадок. Им были присвоены условные названия: луг (погремок), рапс (под паром), луг (разнотравье), пятилетняя залежь, луг (клевер розовый), пашня (ячмень).

#### 3.1 Исследование на содержание макроэлементов

Содержание нитратов и нитритов в почве ниже порогов обнаружения фотокаториметрическим методом определения, было определено содержание  $\text{NH}_4^+$ . Результаты анализов приведены в таблице 3.1 и представлены графически в приложении А.

Таблица 3.1 – Содержание азота в почве

Почва	$\text{NH}_4^+$ , мг/кг	$\text{N}^+$ , мг/кг почвы
Луг (погремок большой)	72	56
Рапс (под паром)	120	93
Луг (разнотравье)	160	124
Пятилетняя залежь	272	211
Луг (клевер розовый)	320	248

Результаты показывают низкое содержание азота в местах произрастания погремка большого. Этот вид растения является полупаразитом, произрастает на лу-

гах, высасывает питательные вещества из других растений. Как правило, он является индикатором низкого содержания макро- и микроэлементов в почве. Это подтверждается исследованиями содержания азота.

Клевер розовый является азотофиксирующим растением, улучшающим плодородие почвы, поэтому можно сделать вывод, что высокое содержание азота связано именно с присутствием данной культуры. Из результатов, представленных в таблице 3.1 видно, содержание азота в местах произрастания клевера наибольшее.

Необходимыми элементами для роста растений также являются фосфор, калий и кальций. Результаты анализа представлены в таблице 3.2 и в графическом виде в приложении Б.

Таблица 3.2 – Содержание макроэлементов в почве

Место отбора пробы	Содержание макроэлементов, % масс.		
	Р	К	Са
Луг (разнотравье; 0–10 см)	1,3698	6,1767	6,01
Луг (разнотравье; 10–20 см)	1,0162	6,3686	5,7348
Пашня (ячмень; 0–10 см)	1,4955	6,2946	5,8722
Пашня (ячмень; 10–20 см)	1,241	6,3745	5,6104
Луг (погремок большой; 0–10 см)	1,344	6,7624	6,8423
Луг (клевер розовый; 0–10 см)	1,3446	6,3506	6,0733
Рапс (под паром; 0–10 см)	1,2376	5,7121	6,0408
Рапс (под паром; 10–20 см)	1,0131	6,0767	5,8639
5-летняя залежь (0–10 см)	1,0192	5,8874	5,636
5-летняя залежь (10–20 см)	0,991	5,9258	5,2837

Наибольшим содержанием фосфора характеризуется почва, отобранная на ячменной пашне (горизонт 0–10 см, 1,4955 % масс., что составляет 13521 мг/кг), наименьшим – на пятилетней залежи (горизонт 10–20 см, 0,991 % масс., что составляет 8733 мг/кг). Потребность рапса в фосфоре примерно 25000 мг/кг, что не обеспечивается ни на одной из рассматриваемых почв. Фосфор является основным элементом, обеспечивающим энергетические процессы в клетках растений.

Для увеличения содержания фосфора в почве необходимо вносить фосфорные удобрения.

В почвах наблюдается пониженное содержание калия и кальция в связи с высоким уровнем магния, который мешает усвоению этих элементов.

### 3.2 Исследование реакции почвенного раствора

Содержание кальция оказывает влияние на реакцию почвенного покрова, поэтому в таблице 3.3 представлено содержание кальция в зависимости от pH.

Таблица 3.3 – pH почв в различных почвенных горизонтах

Почва	pH	Содержание кальция (мг/кг *10 <sup>3</sup> )
5-летняя залежь (0-10 см)	5,21	56,36
5-летняя залежь (10–20 см)	5,09	52,84
Пашня (ячмень; 0–10 см)	5,30	58,72
Пашня (ячмень; 10–20 см)	5,23	56,10
Рапс (под паром; 0-10 см)	5,03	60,41
Рапс (под паром; 10–20 см)	4,94	58,64
Луг (погремок большой; 0-10 см)	5,49	68,42
Луг (клевер розовый; 0-10 см)	5,09	60,73
Луг (разнотравье; 0-10 см)	5,08	52,84
Луг (разнотравье; 10–20 см)	5,23	57,35

Существенных различий pH на разных исследуемых площадках и горизонтах не наблюдается. Интервал изменения pH составил от минимального значения 4,9 на поле с рапсом до максимального 5,5 на месте произрастания погремка большого. Уровень содержания кальция варьируется в пределах 52840–64820 мг/кг. При этом максимальное содержание кальция соответствует почвам с наибольшим значением pH (место произрастания погремка большого, верхний горизонт почвы). В общем, реакция почвенного раствора слабо- и среднекислая, что соответствует значениям, характерным для данного типа почв.

### 3.3 Содержание серы в почвах

Методом рентгенофлуоресцентного анализа было определено содержание серы в двух почвенных горизонтах. Сера является основным микроэлементом, необходимым для биологической продуктивности растений. Результаты анализа приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Содержание серы в почве

Место отбора пробы	Содержание серы в почве	
	% масс.	мг/кг
Луг (разнотравье; 0–10 см)	0,3216	2873
Луг (разнотравье; 10–20 см)	0,2863	2569
Пашня (ячмень; 0–10 см)	0,2792	2524
Пашня (ячмень; 10–20 см)	0,2155	1928
Луг (погремок большой; 0–10 см)	0,2742	2367
Луг (клевер розовый; 0–10 см)	0,3576	3072
Рапс (под паром; 0–10 см)	0,291	2583
Рапс (под паром; 10–20 см)	0,2658	2350
5-летняя залежь (0–10 см)	0,2189	1963
5-летняя залежь (10–20 см)	0,2699	2379

Результаты показывают наибольшее содержание серы в местах произрастания клевера розового (0,3576 % масс., горизонт 0–10 см) и на площадке, которая характеризуется разнотравьем (0,3216 % масс., горизонт 0–10 см). Наименьшее содержание серы наблюдается на ячменной пашне (0,2155 % масс., горизонт 10–20 см) и пятилетней залежи (0,2189 % масс., горизонт 0–10 см). В остальных случаях содержание серы в почве в разных горизонтах примерно одинаково (колеблется в пределах 0,26–0,29 % масс.).

Сравнивая почвы в одном месте отбора проб, но в разных горизонтах, видно, что количество серы больше в горизонте 0–10 см, чем в 10–20 см. это связано с тем, что образование серы идет от растений.

Потребность в сере различна у разных сельскохозяйственных культур. Степень обеспеченности устанавливается по результатам визуальной диагностики.

При недостатке серы, листья становятся светлыми, приостанавливается рост и развитие растения.

Сравнительное содержание серы в почвах представлено в приложении А.

### 3.4 Исследование содержания металлов в почве

Методом рентгенофлуоресцентного анализа было определено содержание некоторых металлов в двух почвенных горизонтах. Результаты анализа приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Общее содержание металлов в почве

Место отбора пробы	Содержание элементов в массовых процентах										
	Mg	Al	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Rb	Sr	Ni	Zn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Луг (разнотравье; 0–10 см)	1.79	12.44	–	0.32	–	0.53	16.26	–	0.20	–	0.07
Луг (разнотравье; 10–20 см)	1.05	11.44	1.89	–	0.15	0.37	19.69	0.05	0.25	–	0.08
Пашня (ячмень; 0–10 см)	1.12	11.89	1.72	0.12	0.07	0.37	16.98	0.07	0.22	–	–
Пашня (ячмень; 10–20 см)	0.91	12.77	2.22	0.21	0.07	0.37	18.75	0.06	0.21	0.07	–
Рапс (под паром; 0–10 см)	1.00	11.95	1.85	0.20	–	0.52	18.67	0.07	0.19	–	0.06
Рапс (под паром; 10–20 см)	0.71	11.34	–	0.28	–	0.6	20.63	0.07	0.21	–	0.08

### Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5-летняя за- лежь (0–10 см)	0.65	12.24	2.14	–	–	0.52	20.44	0.07	0.22	–	0.07
5-летняя за- лежь (10–20 см)	1.04	12.11	1.65	–	–	0.56	20.77	0.08	0.26	–	0.07
Луг (погре- мок; 0–10 см)	1.15	11.88	–	0.28	–	0.50	17.35	0.07	0.21	0.11	0.08
Луг (клевер розовый; 0–10 см)	1.66	12.52	2.03	–	–	0.58	15.72	0.06	0.15	0.07	–

Такие тяжелые металлы, как медь, кадмий, свинец и кобальт в пробах не обнаружены. Это положительное явление, так как тяжелые металлы угнетают рост и, накапливаясь в теле растений, перемещаясь по пищевым цепям, могут попадать в организм животных и человека. Ранее в работах Зыбалова В. С. и Юдиной Е. П. «Влияние тяжелых металлов на плодородие почв Челябинской области» было показано присутствие тяжелых металлов в почвах данного района.

Сравнительное содержание различных металлов в почвах представлено в приложении Б. Содержание железа во втором почвенном горизонте выше во всех пробах почв.

### **3.5 Мероприятия по увеличению содержания основных элементов, влияющих на плодородие основных типов почв области**

Неправильная обработка почв может послужить неправильному залеганию элементов, необходимых для питания растений. Также микроэлементы выносятся с урожаем. Для восполнения необходимых элементов и сохранения плодородия почвы необходимо проводить мероприятия, увеличивающие содержание основных элементов, влияющих на плодородие почвы.

К таким мероприятиям относятся:

- известкование почв с повышенной кислотностью;
- внесение минеральных удобрений, содержащих азот, фосфор, калий и микроэлементы, в количестве, восполняющим вынос элементов с урожаем;
- для поддержания количества гумуса в почве внесение ежегодно органических удобрений в виде подстилочного навоза, навозной жижи, птичьего помета либо торфа, также возможно применение сидерации [29].

Сера – важный микроэлемент для растений, оказывает влияние на клеточное деление, накопление жира в масличных культурах, генеративные органы, корневую систему

В настоящее время существует большое количество хороших серосодержащих удобрений, используемых для удовлетворения потребностей растений в сере:

- элементарная сера (99 % S): нерастворима в воде, необходимо окисление элементарной серы микроорганизмами до доступной растениям серы; используется для подкисления щелочных почв;
- смесь элементарной серы с бентонитом (90 % серы): в почву вносят в виде приплюснутых гранул, которые разрываются на более мелкие частицы при контакте с почвенной влагой;
- гипс (16–18 % S): слабо растворим в воде; в результате медленного растворения сульфат-ионы переходят в почвенный раствор и поглощаются растениями;
- простой суперфосфат (11–12 % S): смесь дигидрофосфата кальция и гипса; использование его снижено из-за более выгодного применения концентрированных форм фосфорных удобрений;
- сульфат аммония (24 % S): источник серы и азота, побочный продукт промышленных производств; подкисление почвы происходит в результате процесса нитрификации;

- сульфат калия (17–18 % S): применимо достаточно часто; хорошо растворим в воде;
- калимагнезия (20–22 % S): извлекается из соляных месторождений; хорошо растворяется в воде;
- тиосульфаты (10–26 % S): прозрачные жидкости, часто смешиваемые с другими жидкими удобрениями; в прогретой почве тиосульфат-ион переходит в сульфат-ион в течение 1–2 недель;
- сульфаты магния (14–22 % S): хорошо растворим в воде, содержит серу в доступной растениям сульфатной форме;
- навоз и компосты: содержание серы в них зависит от вида сельскохозяйственных животных, типов кормов, способов содержания животных; в процессе минерализации органические серосодержащие соединения переходят в доступную растениям сульфатную форму.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема продовольствия в настоящее время особенно актуальна по причине постоянного роста численности населения планеты. В связи с этим остро стоит проблема повышения производительности сельскохозяйственных культур на фоне повсеместной деградации плодородного слоя почв в результате активной антропогенной деятельности.

Различные районы Челябинской области представлены разнообразием почв с различными характеристиками. Наиболее плодородные почвы расположены в центре и на юге области. Наиболее плодородные, черноземные районы располагаются в центральной части.

Изучен химический состав почв Аргаяшского района, так как этот район является одним из основных и активно развивающихся сельскохозяйственных районов области. При этом он расположен в непосредственной близости от областного центра, что подразумевает высокую антропогенную нагрузку.

В результате работы были сделаны следующие выводы:

- 1) обнаружено обеднение почвы азотом в местах произрастания погремка большого;
- 2) пониженное содержание кальция и калия может препятствовать усвоению азота растениями;
- 3) высокое содержание магния способствует плохому усвоению кальция растениями;
- 4) предложены мероприятия по улучшению плодородия почв на рассмотренных участках.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Metals and Metalloids in Fruits of Tomatoes (*Solanum Lycopersicum*) and Their Cultivation Soils in the Basque Country: Concentrations and Accumulation Trends / J. Trebolazabala, I. Martinez- Arkarazo, A. de Diego, J.M. Madariaga // *Food Chemistry*. – 2015. – V. 173. – P. 1083–1089.
- 2 Balkhair, K.S. Field Accumulation Risks of Heavy Metals in Soil and Vegetable Crop Irrigated with Sewage Water in Western Region of Saudi Arabia / K.S. Balkhair, M.A. Ashraf // *Saudi Journal of Biological Sciences*. – 2016. – V. 23, Iss. 1, Supplement. – P. S32–S44.
- 3 Heavy Metals of Santiago Island (Cape Verde) Top Soils: Estimated Background Value Maps and Environmental Risk Assessment M.M.S. / C. Pinto, E. Ferreira da Silva, M.M.V.G. Silva, P. Melo-Goncalves // *Journal of African Earth Sciences*. – 2015. – V. 101. – P. 162–176.
- 4 Kulizhskiy, S. The Components of Critical Zone (Soil and Vegetation) as Indicators of Atmospheric Pollution with Heavy Metals of the Tomsk District (Western Siberia) in the Natural Ecosystems / A. Rodikova, N. Evseeva, Z. Kvasnikova, M. Kashiro // *Procedia Earth and Planetary Science*. – 2014. – V. 10. – P. 399–404.
- 5 Golia, E.E. Influence of Some Soil Parameters on Heavy Metals Accumulation by Vegetables Grown in Agricultural Soils of Different Soil Orders / E.E. Golia, A. Dimirkou, I.K. Mitsios // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* – 2008. – V. 81. – P. 80–84.
- 6 Bo, B. Contamination and Risk Assessment of Heavy Metals in Soils Irrigated with Biogas Slurry: a Case Study of Taihu Basin / B. Bo, S.W. Hai, J.Zh. Ling // *Environ Monit Assess.* – 2015. – V. 187. – P. 155–161.
- 7 Assessment on Environmental Quality of Heavy Metals in Agricultural Soils of Chongming Island, Shanghai City / C. Sun, Ch. Bi, Zh. Chen et al. // *Geogr. Sci.* – 2010. – V. 20, № 1. – P. 135–147.

- 8 Srinivasarao, Ch. Heavy metals concentration in soils under rainfed agro-ecosystems and their relationship with soil properties and management practices / Ch. Srinivasarao, S.R. Gayatri, B. Venkateswarlu, V.S. Jakkula, S.P. Wani, S. Kundu, K.L. Sahrawat, B.K. Rajasekhara, R.S. Marimuthu, K.G. Gopala // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2014. – V. 11. – P. 1959–1972.
- 9 Naidu<sup>1</sup>, R. Sorption of Heavy Metals in Strongly Weathered Soils: an Overview / R. Naidul, M.E. Sumner, R.D. Harter // Environmental Geochemistry and Health. – 1998. – V. 20. – P. 5–9.
- 10 Gongalskya, K.B. Relationship Between Soil Invertebrate Abundance and Soil Heavy Metal Contents in the Environs of the Kosogorsky Metallurgical Plant, Tula Oblast / K.B. Gongalskya, Zh.V. Filimonovab, A.S. Zaitseva
- 11 Assessment of soil biodiversity policy instruments in EU-27. Final report, February 2010. European Commission DG ENV. Bio Intelligence Service. – 2010. – 232 p.
- 12 Медведева, О.Е. Проблемы устойчивого землепользования в России / О.Е. Медведева. – М.: Институт устойчивого развития/ Центр экологической политики России, 2009. – 104 с.
- 13 European Environmental Agency. Europe's water: an indicator-based assessment Summary / EEA. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. – 2003. – 24 p.
- 14 Орлов, Д.С. Химия почв: Учебник / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.
- 15 Протасова, Н.А. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья. / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков, М.Т. Копаева. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. – 168 с.
- 16 Агрохимия. / под ред. В.М. Клечковского и А.В. Петербургского. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: изд-во «Колос», 1967. – 583 с.
- 17 Германов, Н.И. Микробиология: пособие для учителей / Н.И. Германов. – М.: «Просвещение», 1967. – 227 с.

- 18 Загрязнение среды (экология) Челябинской области. – [http://www.uralgeo.net/polut\\_ch.htm](http://www.uralgeo.net/polut_ch.htm)
- 19 Экология Урала. – [http://www.dishisvobodno.ru/eco\\_ural.html](http://www.dishisvobodno.ru/eco_ural.html)
- 20 Экологическая ситуация в Челябинской области. – <http://ecology-of.ru/ekologiya-regionov/ekologicheskaya-situatsiya-v-chelyabinskoj-oblasti>
- 21 Добровольский, И.П. Технология переработки отходов: учеб. пособие / И.П. Добровольский, Н.А. Плохих. – Челябинск: изд-во Челяб. гос. ун-та, 2005. – 219 с.
- 22 Зыбалов, В.С. Оценка состояния плодородия почв Челябинской области / В.С. Зыбалов, Ю.Н. Денисов // Вестник ЧГАА. – 2013. – № 64. – С. 102–115.
- 23 Основы сельского хозяйства: серые лесные почвы. – <http://nedvijimosti.ru/Pochvy-SSSR/Serye-lesnye-pochvy/index.htm>
- 24 Кирин, Ф.Я. География Челябинской области / Ф.Я. Кирин. – Изд. 4е, переработ. – Челябинск: Южно-Уральское кн. изд., 1973.
- 25 Почвы СССР / Т.В. Афанасьева, В.И. Василенко, Т.В. Терешина, Б.В. Шеремет; под ред. Г.В.Добровольского. – М.: "Мысль", 1979. – 380 с.
- 26 Маслов, Б.С. Мелиорация и охрана природы / Б.С. Маслов, И.В. Минаев. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 271 с.
- 27 Зерно: кислотность и щёлочность почвы. Влияние на урожай. Рост и развитие здорового пшеничного растения. – <http://www.zerno-ua.com/journals/2011/noyabr-2011-god/kislotnost-i-shchyolochnost-pochvy-vliyanie-na-urozhay-rost-i-razvitie-zdorovogo-pshenichnogo-rasteniya>
- 28 Позин, М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот) / М.Е. Позин. – изд. 4-е, испр. – Л.: Химия, 1974. – 792 с.
- 29 Зыбалов, В.С. Возможности экологически ориентированного управления воспроизводством почвенного плодородия в Челябинской области / В.С. Зыбалов, А.П. Козаченко // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2002. – № 1. – С. 35–40.

- 30 Почвоведение / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов и др.; под ред. И.С. Кауричева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
- 31 ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартиформ, 2008. – 3 с.
- 32 ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа – М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.
- 33 ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Стандартиформ, 2011.
- 34 Беляев, А.Б. Элементы минерального питания в почвах: учебно-методическое пособие для вузов / А.Б. Беляев. – Воронеж: издательско-полиграфический центр ВГУ, 2012. – 29 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

Диаграммы содержания азота и серы в почвах Аргаяшского района Челябинской области

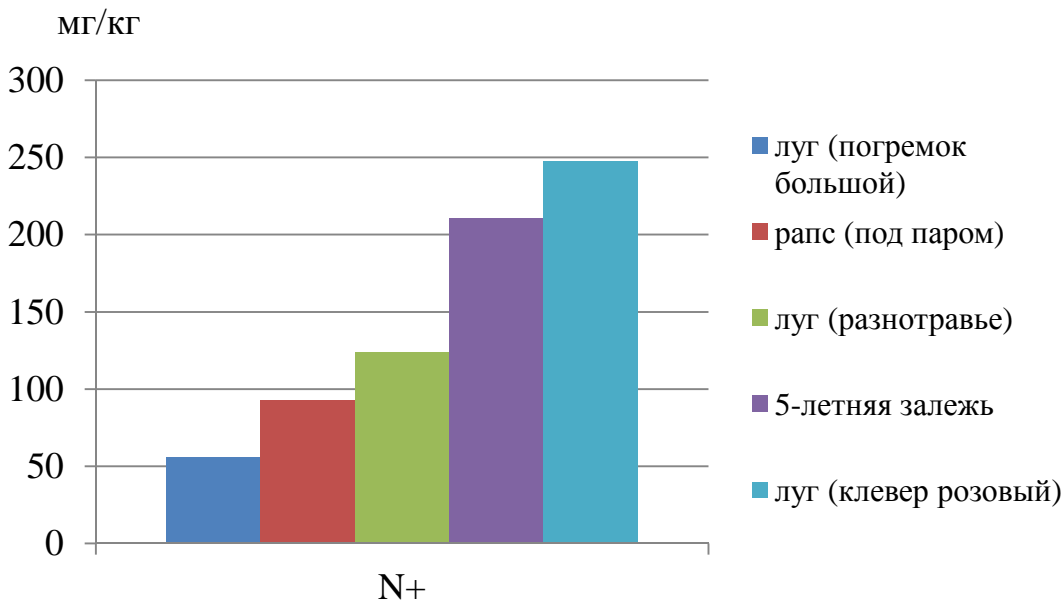


Рисунок А.1 – Диаграмма содержания азота в почве на разных площадках в верхнем горизонте

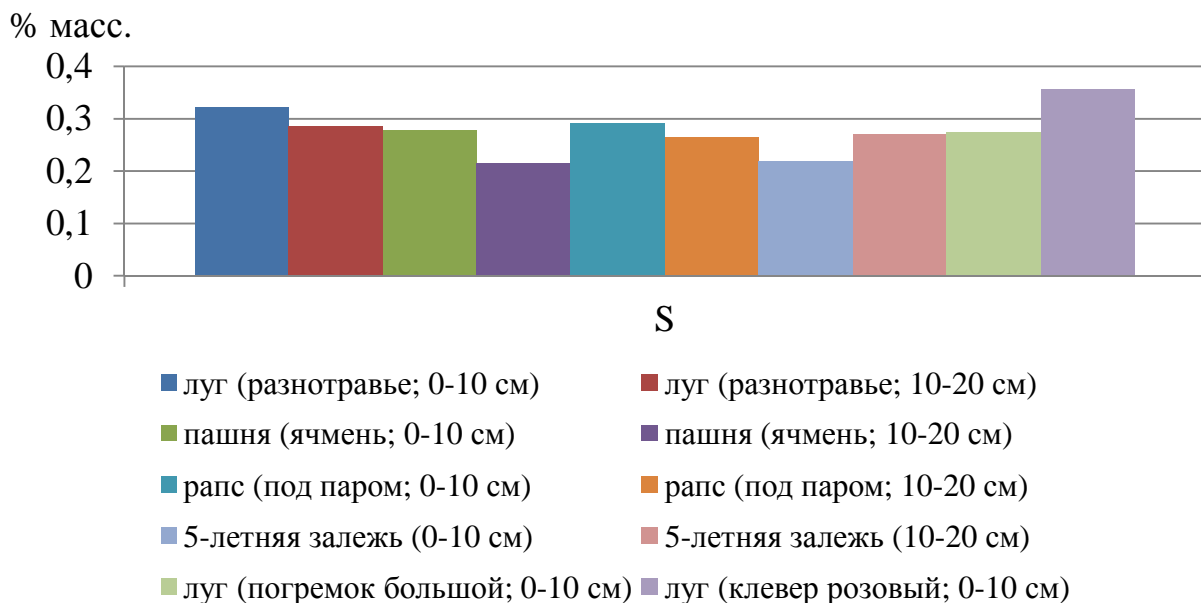


Рисунок А.2 – Диаграмма содержания серы в почве на разных площадках в верхнем горизонте

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Диаграммы содержания некоторых металлов в почвах Аргаяшского района Челябинской области

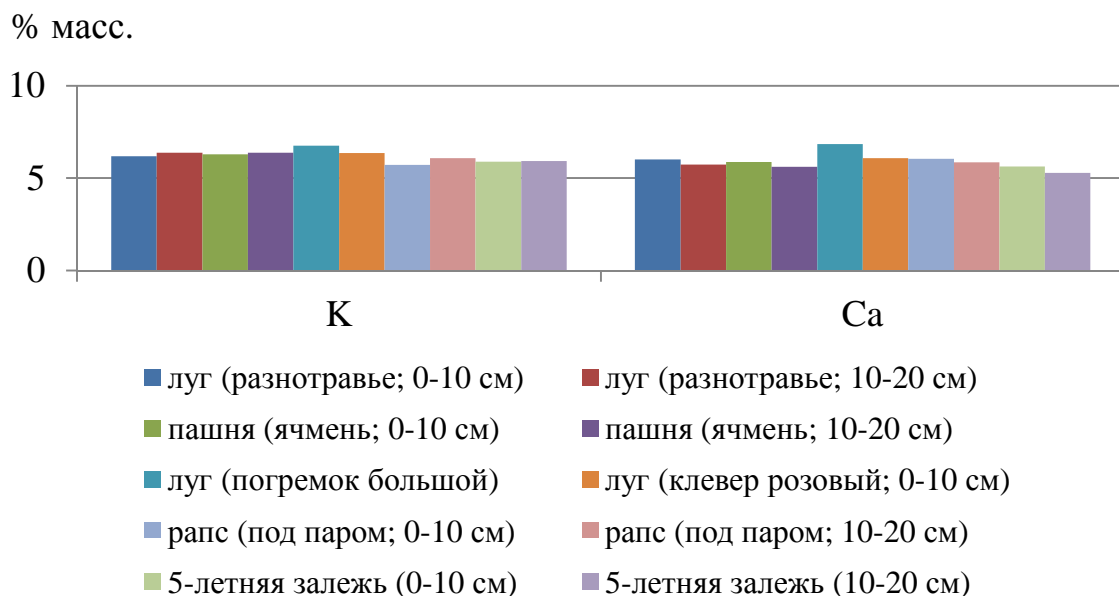


Рисунок Б.1 – Диаграмма содержания калия и кальция в почве на разных площадках в двух горизонтах

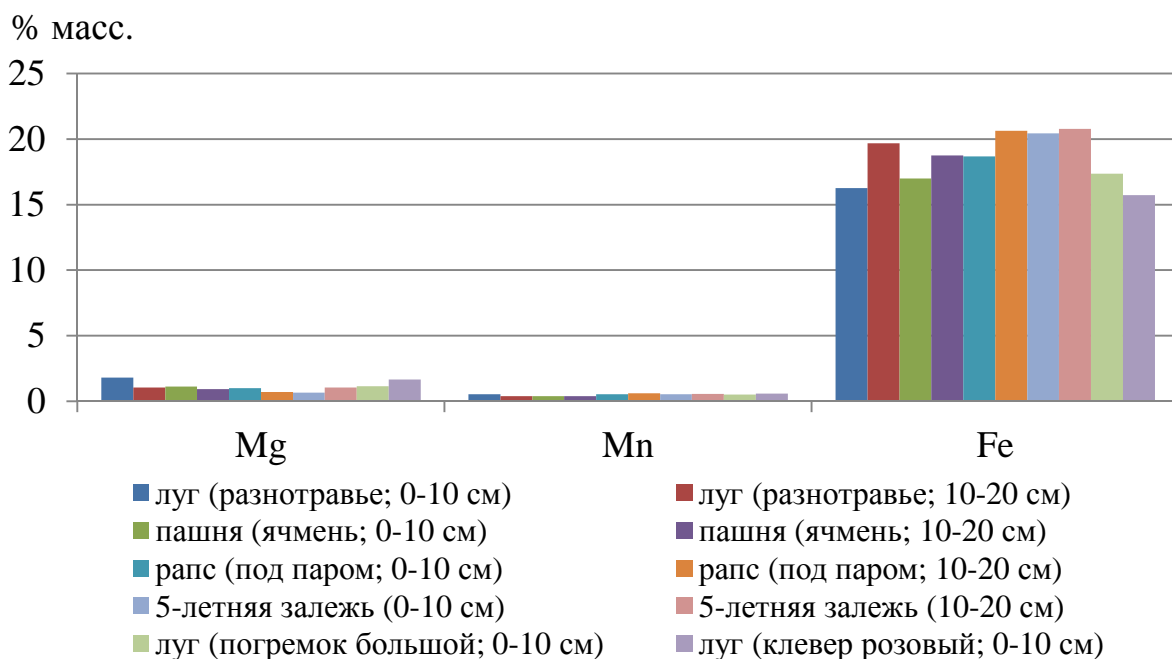


Рисунок Б.2 – Диаграмма содержания некоторых металлов в почвах на разных площадках в двух горизонтах