

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Станция юных натуралистов» Асбестовского городского округа

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей
среды «ОТКРЫТИЯ 2030»**

Номинация «Ландшафтная экология и почвоведение»

Исследовательская работа

**«Влияние различных форм удобрений на
содержание доступных форм азота в почвах клумб
обновленных территорий города Асбест»**

Автор: Колясникова Ксения Максимовна,

11 класс, 17 лет, обучающаяся МБУДО

«Станция юных натуралистов»,

творческое объединение «Мир вокруг нас»

Руководитель: Столярова Оксана

Александровна, МБУДО «СЮН»,

педагог дополнительного образования, 1 КК

Свердловская область, г. Асбест, 2022

Содержание

Введение	3
Теоретическая часть.....	4
• Химические элементы, необходимые растениям	4
• Доступные формы азота	5
• Кислотность почвы	6
• Удобрения, их классификация	7
Методика проведения исследования.....	10
Исследовательская часть	12
Заключение	15
Источники информации.....	18
Приложения	20

Введение

Актуальность. В течении 2019 и 2020 года в городе Асбест проведена реконструкция скверов и аллей: сквер на улице Мира, Форумная площадь и аллея Победы (**рис.1 – рис.3, приложение №1**). Эти скверы и аллеи очень преобразили и приукрасили вид нашего города.

Однако на клумбах города цветочные однолетние декоративные культуры развиваются плохо, не имеют обильного цветения. Мы решили выяснить причины такого состояния растений. Перед проведением исследования мы предположили, что плохое развитие однолетних цветочных культур на клумбах нашего города связано с химическим составом почвы, а именно, с нехваткой доступных химических элементов, необходимых для развития растений. Для увеличения плодородия почвы используют различные виды удобрений. В ходе исследования мы определим, какие удобрения более эффективно устраняют дефицит доступных форм макроэлементов (а именно, азота) в почвах клумб городских территорий. В этом состоит **практическая значимость** нашей исследовательской работы.

Объект исследования: почва.

Предмет исследования: доступные формы азота в почве.

Цель исследования: определить влияние различных форм удобрений на содержание доступных форм азота в почвах клумб обновленных территорий города Асбеста.

Для достижения цели мы поставили перед собой **следующие задачи:**

1. Провести химический анализ почв клумб в 2020 году;
2. Произвести удобрение клумб перед посадкой цветочных культур в 2021 году;
3. Провести химический анализ образцов почв с исследуемых территорий в 2021 году;
4. Сделать вывод о плодородии почвы по концентрации доступных форм азота;
5. Дать рекомендации по способам удобрений почв для корректировки содержания доступных форм азота в почвах.

Теоретическая часть

Химические элементы, необходимые растениям

Продуктивность растений определяется соответствием факторов внешней среды их биологическим особенностям. Среди факторов жизни важнейшая роль принадлежит питательным веществам [3].

Растение строит свой организм из определенных химических элементов, находящихся в окружающей среде. Поэтому качество растительной продукции определяется содержанием в ней необходимых органических и минеральных соединений [17].

На данном этапе развития научных знаний 20 элементов относят к необходимым элементам питания и 12 элементов считают условно необходимыми (условно необходимые элементы даны в скобках):

I. H, (Li), Na, K, Си, (Ag).

II. Mg, Ca, Zn, (Sr, Cd).

III. B, (Al).

IV. C, (Si), (Ti, Pb).

V. N, P, V.

VI. O, S, Mo, (Cr, Se).

VII. Cl, I, Mn, (F).

VIII. Fe, Co, (Ni).

К необходимым относят элементы, без которых растения не могут полностью закончить цикл развития и которые нельзя заменить другими элементами. По 12 условно необходимым элементам в ряде опытов имеются сведения об их положительном действии. [17]

Азот, фосфор, калий, кальций, магний серу и железо называют макроэлементами, т.к. они входят в состав растений в значительных количествах (от сотых долей до целых процентов). Такие элементы питания как бор, молибден, медь, цинк и кобальт называют микроэлементами, т.к. содержание их в растениях выражается тысячными и десятитысячными долями процентов.

Практически все макро- и микроэлементы в растениях поступают из почвы через корневую систему. Поэтому содержание их в почве должно систематически восполняться за счет органических и минеральных удобрений.

Азот – один из главных элементов необходимых растениям. Он входит в состав аминокислот, простых и сложных белков, нуклеиновых кислот (РНК и ДНК). Он имеется в хлорофилле, ферментах и других органических веществах. Азота больше накапливается в семенах, плодах, чем в листьях и стеблях. В связи с вышеуказанным, его выносятся из почвы с урожаем значительное количество. Азот способствует вегетативному росту растений. [2]

Фосфор – необходимый элемент питания всех живых организмов, в том числе и растений. Без фосфора не может существовать ни одна живая клетка, так как он входит в состав ядер клеток, в состав наиболее сложных белков нуклеопротеидов. Усиленное фосфатное питание в ранние сроки ускоряет развитие растений, особенно рост корневой системы; стимулирует процессы оплодотворения, формирования и созревания плодов, повышает их качество и лежкость при хранении [11].

Калий – важнейший элемент питания. Он влияет на обводненность клетки, на углеводный и белковый обмены. При нормальном калийном питании растения лучше переносят засуху, становятся более зимостойкими, накапливают больше сахара, крахмала [11].

Значение всех элементов для растений указано в сводной **таблице №1 (приложение №2)**.

Доступные формы азота

Азот - один из наиболее широко распространенных элементов в природе. Основными его формами на Земле являются связанный азот литосферы и газообразный молекулярный азот атмосферы, составляющий около 76% воздуха по массе. Однако молекулярный азот атмосферы не усваивается высшими растениями. В почве сосредоточена лишь минимальная часть литосферного азота и только от 0,5 до 2 % почвенного азота доступно растениям [9].

В основном азот поглощается в виде аниона нитрата (NO_3^-) и катиона аммония (NH_4^+). Эти ионы постоянно образуются в почве из органических веществ в результате процессов аммонификации и нитрификации, осуществляемых микроорганизмами.

Нитрификация является ключевым процессом во многих почвах и экосистемах, поскольку она превращает относительно неподвижную аммониевую форму в высокоподвижную нитратную форму азота. Это делает азот питательным веществом, доступным для растений.

Факторы, влияющие на нитрификацию

Температура: оптимальная температура для нитрификации в почвах составляет от 25 до 30°C; при температурах ниже 15°C нитрификация ограничена, а при температурах ниже 5°C нитрификация происходит лишь в минимальной степени.

Влажность: Оптимальная влажность почвы для нитрификации составляет 70% минимальной емкости аэрации. Нитрификация прекращается в сухих условиях.

Аэрация: нитрификация - это аэробный процесс, и поэтому он быстрее в аэрированных почвах.

Водородный показатель: нитрификация оптимально происходит при рН 6,5-8,5; при рН ниже 6,5 интенсивность нитрификации уменьшается, и она останавливается ниже 5 [15].

Азот, поступивший в растения в нитратной форме, в результате деятельности группы ферментов подвергается восстановлению до аммиака.

В аммиачной форме азот используется растениями в результате реакции замещения кислородного атома карбонила кетокислоты с образованием соответствующей аминокислоты: $\text{R}-\text{C}-\text{COOH} \rightarrow \text{R}-\text{CH}-\text{COOH}$ [14].

Ионы NO_3^- подвижны, плохо фиксируются в почве и легко вымываются почвенными водами в более глубокие слои почвы и водоемы. Содержание нитратов в почве возрастает весной, когда создаются условия, благоприятные для деятельности нитрифицирующих бактерий. Катион NH_4^+ менее подвижен, хорошо адсорбируется отрицательно заряженными частицами, меньше вымывается осадками [9].

Академик Д.Н. Прянишников писал, что вся история земледелия говорит о том, что главным условием, определяющим среднюю высоту урожаев в разные эпохи, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом [2].

Под влиянием биологических процессов органический азот частично переходит в легкоусвояемые растениями минеральные формы. Распад азотных органических веществ почвы до аммиака (аммонификация) осуществляется аэробными и анаэробными микроорганизмами. Аммиак, накапливающийся в анаэробных условиях, поглощается почвенными коллоидами и может усваиваться растениями. В аэробных условиях аммиак под влиянием специфических микроорганизмов переходит в нитриты и затем окисляется до нитратов (нитрификация).

Эффективность азотного питания обуславливается формами азотных соединений и условиями их применения. В нейтральной среде обычно лучше проявляется действие аммиачного азота, чем нитратного [14].

Оценка потенциального плодородия почв по содержанию доступных для растений форм азота представлена в таблице №2 (приложение №1) [1].

Кислотность почвы

Кислотностью почвы называют агрохимический параметр, который характеризует ее пригодность к выращиванию тех или иных видов культур. Уровень рН указывает на состояние земли, при котором она приобретает кислотные свойства. Почвенная кислотность имеет прямую зависимость от присутствия в субстрате ионов водорода, а также алюминия, который окисляет субстрат [4].

Значение рН относится к тому фактору, который оказывает прямое воздействие на скорость роста и развития представителей флоры на том или ином участке.

Кислотность почвы обусловлена климатом региона, качеством ухода за участком, недостатком либо избытком увлажнения.

Кислотность грунта непосредственно влияет на уровень усвояемости питательных веществ, их способность к растворению. На среднекислой и закисленной земле у растительности происходит хорошее усвоение фосфора, марганца, железа, культуры быстро развиваются. Если же показатель будет неприемлемым для культур, то произойдет замедление роста и развития корневой системы, ухудшится ее функциональность.

Неподходящее качество грунта влечет за собой болезни и гибель представителей флоры [4].

По степени кислотности почвы делятся на следующие виды.

- Сильнокислые - 3,0–4,5 ед. рН
- Кислые - 4,5–5,5 ед. рН
- Слабокислые - 5,5–6,5 ед. рН
- Нейтральные - 6,5–7,0 ед. рН
- Слабощелочные - 7,0–7,5 ед. рН
- Щелочные - 7,5–8,0 ед. рН
- Сильнощелочные >8,5 ед. рН [1].

Высокая кислотность отрицательно влияет на растения не только при низком содержании в почвенной среде кальция и ряда других ионов, но и при недостаточной освещенности из-за ослабления фотосинтеза и недостатка ассимилятов для ряда метаболических процессов, в том числе для обеспечения поступления и вовлечения в обмен элементов минерального питания. Действие высокой кислотности среды усиливается многими другими отрицательными факторами. Например, в опытах кафедры агрохимии МГУ показано, что при кислой реакции в условиях избыточного увлажнения снижение урожая было более значительным, чем при оптимальном увлажнении почвы. Видимо, недостаточная аэрация почвы в условиях повышенного увлажнения существенно усиливала отрицательное действие высокой кислотности почвы на растения [17].

Удобрения, их классификация

Со временем любая почва истощается и требует систематического удобрения, иначе выращивание культурных растений на ней становится затруднительным. В этом случае прибегают к подкормке субстрата удобрениями.

Удобрениями называют вещества, используемые для питания растений и повышения плодородия почв. К удобрениям относятся разнообразные минеральные и органические вещества и материалы, которые содержат необходимые для растений элементы питания, усиливают мобилизацию питательных элементов из почвенных запасов и улучшают свойства почвы. Схема классификаций удобрений представлена на **рис.5 (приложение 2) [10]**.

Минеральные удобрения – это промышленные продукты или ископаемые вещества, содержащие необходимые для питания растений элементы в

минеральной форме. Они, как правило, содержат элементы питания в форме минеральных солей, реже в составе органических соединений. Для производства минеральных удобрений используют ископаемые залежи, азот атмосферы и побочные продукты промышленных производств. В настоящее время в общем балансе вносимых в почву питательных веществ, на долю минеральных удобрений приходится около 60 %. Минеральные удобрения подразделяют на макро-, мезо- и микроудобрения. Макроудобрения в качестве действующего вещества содержат азот, фосфор, калий, кремний; мезоудобрения – кальций, магний, серу, железо; микроэлементы – бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк [16].

Органические удобрения – это свежие или биологически переработанные вещества растительного или животного происхождения, используемые в качестве удобрения для повышения плодородия почв.

К органическим удобрениям относят навоз, навозную жижу, торф, птичий помет, компосты, фекалии, сапропель, зеленое удобрение, солому, хозяйственные отходы и пр. Часто все эти материалы называют местными удобрениями, так как их получают или готовят в тех хозяйствах, в которых они будут использованы [16].

Наиболее распространенные виды органических удобрений:

Навоз — основное органическое удобрение, представляющее собой смесь твердых и жидких выделений сельскохозяйственных животных с подстилкой или без неё. Он является важнейшим звеном круговорота питательных веществ в земледелии [16]. Навоз действует на почву и возделываемые на ней растения одновременно непосредственно и косвенно: обогащает их питательными элементами (азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, микроэлементы и др.), углекислотой в почвенном и надпочвенном воздухе, различными микроорганизмами (в 1 г навоза содержится несколько миллионов бактериальных спор) и органическими веществами. Суммарное систематическое и длительное взаимодействие навоза, растений, микроорганизмов значительно улучшает физико-химические свойства и структуру почв: повышаются емкость поглощения, буферность, степень насыщенности основаниями и содержание подвижных форм питательных элементов, одновременно снижаются кислотность и содержание подвижных форм токсичных элементов (алюминия, марганца и др.). Улучшение перечисленных показателей плодородия и, следовательно, окультуренности почв, естественно, сопровождается значительным ростом урожайности возделываемых культур и улучшением качества получаемой сельскохозяйственной продукции [17].

Торф — органогенная порода из группы горючих полезных ископаемых, образующаяся в результате отмирания или неполного распада растений в условиях избыточного увлажнения и недостатка кислорода [16].

Тип торфа определяется расположением болота по элементам рельефа и составом его растительности:

- верховой торф образуется на возвышенных элементах рельефа из белых сфагновых мхов с небольшими количествами пушицы, багульника, голубики, нередко клюквы и других малотребовательных к элементам питания растений;

- низинный торф формируется под влиянием грунтовых вод с большим содержанием минеральных веществ в понижениях рельефа с осоками, тростниками, вейниками, хвощами, ольхой, ивой, березой и другими влаголюбивыми и более требовательными к питательным элементам растениями;

- переходный тип - промежуточный, между первым и вторым типом и в зависимости от условий питания приближается либо к тому, либо к другому. Причем нижние слои его обычно ближе к низинному, а верхние — к верховому.

Как непосредственное удобрение прежде всего применяют только низинные торфа, богатые известью или фосфором [17].

Компост . Компостирование — биотермический процесс минерализации и гумификации органических веществ, происходящий в аэробных условиях под воздействием термолюбивых микроорганизмов. При компостировании органические отходы разогреваются до температуры 60⁰ С, что губительно влияет на личинки и куколки мух, яйца гельминтов и болезнетворные неспорообразующие микроорганизмы [16].

В органических компостах один из компонентов выступает в роли поглотителя влаги, аммиака, диоксида углерода и без компостирования слабо разлагается (торф, опилки, бытовой мусор, дерновая земля, солома), а другой (навоз, его стоки и жижка, фекалии, птичий помет и др.) обогащен микрофлорой и содержит значительные количества легкоразлагающихся азотистых и безазотистых органических соединений [17].

Зеленые удобрения (сидераты) - свежая растительная масса, запахиваемая в почву для обогащения её органическим веществом и питательными элементами. Зеленые удобрения оказывают такое же многостороннее положительное действие на свойства почвы, урожай и качество сельскохозяйственных культур, как и хорошо приготовленный навоз [17].

Методика проведения исследования

1. Отбор образцов почв
2. Подготовка образцов почв к анализу
 - Доведение почв до воздушно-сухого состояния
 - Составление смешанной пробы
 - Определение гигроскопической влаги почвы
3. Проведение химического анализа образцов почв:
 - Определение кислотности почвы
 - Определение азота нитратного и азота аммонийного
4. Обработка результатов исследования

Отбор образцов почв проводится в соответствии с **ГОСТ 17.4.4.02-84** и **ГОСТ 17.4.3.01-83**:

1. Точечные пробы отбирают на пробной площадке (часть исследуемой территории, характеризующаяся сходными условиями) методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичного для данного типа почв [6, 7].

2. Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке [6].

3. Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки.

4. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

5. При отборе точечных проб и составлении объединенной пробы должна быть исключена возможность их вторичного загрязнения.

6. Все объединенные пробы должны быть зарегистрированы в журнале и пронумерованы [6, 7].

Подготовка проб к анализу

Доведение до воздушно-сухого состояния

Образец почвы распределяют тонким слоем на лист бумаги и доводят до воздушно-сухого состояния в сухом и чистом помещении. Затем растирают крупные комочки руками, отбирают корни и остатки растений, различные включения.

Составление смешанной пробы

Из подготовленной почвы берут среднюю пробу для анализов. Для этого почву разравнивают тонким слоем на листе бумаги в виде квадрата или прямоугольника и делят диагоналями на 4 части. Две противоположные части почвы отбрасывают. Оставшуюся часть тщательно перемешивают, разравнивают тонким слоем, разделяют диагональю на квадраты и из разных мест небольшими порциями отбирают количество почвы, необходимое для анализа.

Гигроскопическую влагу почвы определяют в соответствии с ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.67-10 [12]. Порядок определения и расчёт коэффициента гигроскопичности представлен в **приложении № 3**.

Определение кислотности почвы и удельной электропроводности проводится с использованием датчиков водородного показателя и удельной электропроводности соответственно. Приготовление водной почвенной вытяжки осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 26423-85 [8] (**приложение № 4**).

Определение азота нитратного и аммонийного проводят с помощью фотометрических методов анализа:

- азот аммонийный - в соответствии с учебно-методическим пособием для вузов [3]. Ход анализа по определению азота аммонийного в почве указан в **приложении №6**.

- азот нитратный – в соответствии с ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.67-10 «Методика измерений массовой доли азота нитратов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления фотометрическим методом с салициловой кислотой» [12]. Порядок проведения измерения азота нитратного - в **приложении № 5**.

При проведении фотометрических методов анализа необходимо соблюдать общие правила работы с кюветами:

- Рабочие поверхности кювет должны перед каждым измерением тщательно протираться спиртоэфирной смесью;
- При установке кювет в кюветодержатель нельзя касаться пальцами рабочих участков поверхностей (ниже уровня жидкости в кювете);
- Жидкость наливается в кюветы примерно на 3/4 высоты кюветы, т.к. в противном случае наблюдается затекание жидкости по углам, что создает впечатление протекания кюветы;

Обработка результатов исследования. Полученные результаты соотнести с литературными данными по доступности азота (**таблица №12, приложение №13**).

Исследовательская часть

Исследование проводится в течении двух лет в соответствии с методикой и планом проведения исследования, представленным в виде диаграммы Ганта (рис. 1).

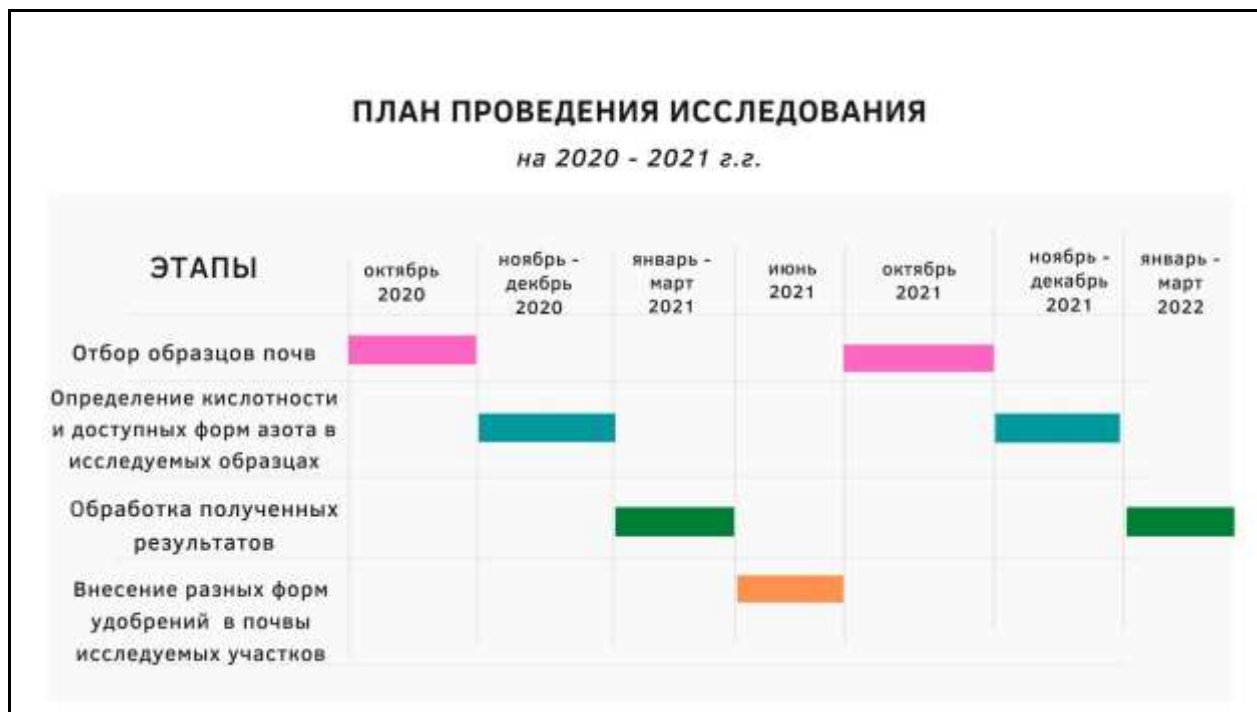


Рис.1 План проведения исследования

1. 31 Октября 2020 года в соответствии с методикой проведения исследования провели отбор проб образцов почвы (рис.№6, приложение №7).

Пробы почв отобрали в 3 точках (рис.№7, приложение №7):

Образец №1 – аллея Победы (рис. №4, приложение №1);

Образец №2 – Форумная площадь (рис. №3, приложение №1);

Образец №3 - сквер на улице Мира (рис. №2, приложение №1).

Пробы почв отобрали в чистые пакеты, пакеты обозначили этикеткой. На этикетке указали дату отбора, номер точки отбора.

В июне 2021 года произвели подкормку почв на исследуемых участках разными формами удобрений:

Образец №1 (аллея Победы) – внесение (добавление) свежей земли. Земля закуплена администрацией города. По органолептическим показателям почва суглинистая или глинистая: комочки почвы в сухом состоянии очень твердые, трудно разминаются, во влажном состоянии – вязкая, почва «мажется», скатывается в «колбаску») (рис.№10, приложение №7);

Образец №2 (Форумная площадь) – внесение торфа (органического удобрения) **(рис.№10, приложение №7)**. Торф закуплен администрацией города.

Образец №3 (на улице Мира) – внесение минерального и комплексного удобрения (кальциевая селитра и «Универсал 2») **(рис.8-9, приложение №7)**.

Внесение минеральных удобрений производили в соответствии с указаниями на упаковке.

2. После доставки в лабораторию все образцы почв довели до воздушно сухого состояния **(рис. № 11, приложение №8)**.

Составили смешанную пробу у всех образцов почв **(рис. № 12, приложение №8)**. Для этого почву на подносе распределили тонким слоем и отобрали точечные пробы из девяти разных участков.

После этого определили гигроскопичность почвы **(рис. №13, приложение №8)**.

Результаты взвешивания и расчёты коэффициентов представлены в **таблице № 4 и таблице № 5 соответственно (приложение№ 9)**.

3. В соответствии с методикой проведения исследования определили водородный показатель проб почвенных образцов.

Для этого приготовили водные почвенные вытяжки **(рис. №14, приложение №10)** и с помощью датчиков водородного показателя цифровой лаборатории «Сенсор – 1» провели измерение соответствующих показателей **(рис. №15, приложение №10)**. Результаты измерений представлены в **таблице №6 (приложение №10)**.

Перед определением кислотности проверили определение точности работы датчика. В качестве стандартных образцов были приготовлены растворы со значением 4,01 ед. рН и 6,86 ед. рН. Результаты измерения кислотности стандартного образца **в таблице №6 (приложение № 10)**.

В соответствии с методикой проведения исследования в образцах почв определили концентрации азота аммонийного и нитратного.

Для этого мы приготовили необходимые реактивы и посуду. Стандартные образцы для построения градуировочных характеристик приготовили в соответствии с **приложением №5** (для нитрат-ионов) и с **приложением №6** (для ионов аммония).

Оптическую плотность градуировочных растворов определили с помощью спектрофотометра «КФК-3КМ» **(рис. №16, рис. №18)**. Значения концентраций и оптических плотностей для ионов аммония указаны в **таблице**

№ 7 (приложение № 11), для нитрат-ионов – в таблице №10 (приложение №12).

В соответствии со значениями **таблицы №7 и №10** в программе Excel построили градуировочные графики для определения ионов аммония (**рис. №18, приложение №11**) и нитрат-ионов (**рис. №21, приложение №12**) соответственно.

После построения графиков провели определение данных показателей в подготовленных образцах почв. Приготовили солевые почвенные вытяжки, профильтровали, отобрали аликвоту, добавили необходимые реактивы (по прописи методики) и провели измерения оптической плотности полученных растворов на спектрофотометре (**рис. №17, рис.19**).

Так как почвенные солевые вытяжки имеют желтую окраску, мы провели измерение её собственной (фоновой) оптической плотности. Вытяжку разбавляли в таком же соотношении, как рабочую пробу.

Значения фоновых плотностей, объемы аликвот и значения оптических плотностей рабочих растворов указаны в **таблицах №7 (приложение №11) и №10 (приложение №12)** для ионов аммония и нитрат-ионов соответственно.

В соответствии с уравнением графика рассчитали концентрацию ионов аммония и нитрат-иона в растворах и образцах почв. Используя коэффициенты пересчета, рассчитали концентрацию азота аммонийного и нитратного (коэффициент пересчета на азот аммонийный = 0,778, на азот нитратный - 0,226). Расчеты концентрации азота аммонийного в исследуемых образцах проб представлены в **таблице №8 (приложение №11)**, расчеты концентрации азота нитратного – в **таблице №11 (приложении №12)**.

В 2021 году с связи с новой партией салициловой кислоты установили новую градуировочную зависимость на нитрат – ион (**рис.22, приложение №12**).

Учитывая, что партии реактивов для определения азота аммонийного не изменились, у градуировочной характеристики для определения концентрации азота аммонийного провели проверку стабильности. Результаты проверки стабильности указаны в **таблице №9 (приложение №11)**. Удовлетворительные результаты стабильности градуировочной характеристики указывают на возможность использования ранее построенного графика.

Все полученные результаты внесли в сводную таблицу (**таблица №12, приложение №13**), сравнив их с нормативами **таблицы №2 (приложение №1)**.

Заключение

В ходе проведенного исследования мы:

1. отобрали образцы почв клумб на трех обновленных территориях: аллея Победы, Форумная площадь, сквер на улице Мира. Провели химический анализ почв и определили:

- кислотность изученных нами образцов почв составила от 6,51 до 7,01 ед. рН (**рис. №23, приложение №13**). То есть, все образцы почв являются нейтральными и пригодны для выращивания цветочно-декоративных культур.

- азот нитратный присутствует во всех изученных нами образцах в разных количествах (**рис. №24, приложение №13**). В почвах клумб в сквере на улице Мира очень низкий уровень содержания азота нитратного ($5,59 \text{ млн}^{-1}$), на Аллее Победы – средний уровень содержания, высокий уровень содержания был определен в почве клумб на Форумной площади (**таблица №12, приложение №13**).

- концентрация азота аммонийного в образцах почв колеблется от $22,4 \text{ млн}^{-1}$ (сквер на улице Мира) до $45,5 \text{ млн}^{-1}$ (аллея Победы) (**рис. №25, приложение №13**). То есть, на аллее Мира и Форумной площади почвы имеют средний уровень содержания азота аммонийного, почвы на аллее Победы – высокий уровень содержания (**таблица №12, приложение №13**).

То есть ни один из трех изученных нами образцов почв не имеет необходимого количества доступных форм азота в комплексе (в одних образцах проб наблюдается недостаток азота аммонийного, в других образцах почв – нитратного, либо недостаток обоих форм). Поэтому для увеличения плодородия почв было принято решение о внесении удобрений на всех исследуемых участках.

2. Произвели удобрение почв клумб разными способами: внесение минерального удобрения в почву клумб в сквере на улице Мира, внесение органического удобрения (торфа) – на Форумной площади, добавление свежей порции земли – в клумбы на Аллее Победы.

3. Провели оценку плодородия почв после внесения удобрений и сделали следующие выводы:

- кислотность образцов почв после внесения удобрения изменилась незначительно и составила от 6,37 до 6,94 ед.рН. Почва клумб на Форумной площади – слабокислая, другие образцы – нейтральные. Снижение кислотности почвы на Форумной площади связано с внесением торфа в качестве органического удобрения (**рис. №23, приложение №13**).

- во всех образцах почв выявлено увеличение содержания азота аммонийного. В пробах почв на Аллее Победы концентрация азота

аммонийного возросла в 1,3 раза, на Форумной площади – в 2,6 раза, в сквере на улице Мира – в 4,1 раза (**рис.26, приложение №13**). То есть в соответствии с **таблицей №2 (приложение №2)** во всех образцах изученных проб поле внесения удобрений определён высокий уровень содержания азота аммонийного (**таблица №12, приложение №13**).

- концентрация азота нитратного в изученных образцах почв изменилась по-разному. В почве клумб на Аллее Победы выявлено резкое снижение концентрации нитратного азота - в 9,8 раз. В образце почвы на Форумной площади увеличение концентрации нитрат – иона составило в 1,1 раза. Значительно возросла концентрация в образцах почв в сквере на улице Мира – в 9,9 раз (**рис.26, приложение №13**). То есть в двух образцах определён высокий уровень содержания азота нитратного, в образце №1 – очень низкий уровень (**таблица №13, приложение №13**).

Значительного увеличения нитратов удалось достигнуть только в образцах почв, в которые вносилось минеральное удобрение в виде кальциевой селитры (то есть в почву непосредственно был внесен азот в нитратной форме).

Процесс нитрификации в почвах, в которые вносились органические виды удобрений, был замедлен в связи с погодными условиями лета 2021 года. Известно, что скорость нитрификации полностью прекращается в сухих условиях, а лето 2021 года было очень засушливым.

Причиной незначительного увеличения нитратов в почвах клумб на Форумной площади так же может быть связано с кислотностью почвы, значение которой составило 6,37 ед.рН. Скорость процесса нитрификации снижается при значениях водородного показателя менее 6,5 ед.рН.

Резкое снижение концентрации нитратного азота в почвах клумб в сквере на улице Мира скорее всего связано с особенностью добавленной почвы. Глинистая почва по химическим характеристикам обладает хорошим запасом питательных веществ, особенно минеральных. Однако она обеспечивает плохую аэрацию почвы (из-за маленького размера частиц глины оставляет очень маленькие поры, что препятствует циркуляции воздуха и воды в почве). А процесс нитрификации – это аэробный процесс. В комплексе с засушливыми условиями скорость процесса нитрификации очень снизился.

4. Таким образом, после удобрения почв удалось достигнуть высокого содержания азота нитратного и аммонийного в почвах двух исследуемых территорий – на Форумной площади и в сквере на улице Мира. В почве клумб на Аллее Победы определён дефицит азота нитратного.

5. Обработав полученные результаты, мы можем сделать выводы о влиянии различных форм удобрений на содержание доступных форм азота в почве.

- все виды использованных удобрений (минеральных и органических) оказывают положительное влияние на содержание доступных форм азота в почве, а, следовательно, на её плодородие;
- при выборе способа удобрения почвы следует знать её химический состав (кислотность и концентрацию доступных форм макроэлементов);
- при большом дефиците азота наиболее эффективным будет применение минеральных удобрений, в которых необходимые вещества содержатся в доступных для растений формах;
- при внесении торфа необходим контроль водородного показателя почвы, который является одним из основных факторов, определяющих протекание процесса нитрификации;
- при добавлении свежей порции земли в качестве удобрения, нужно определить её тип, предпочтение следует отдавать лёгким типам почвы (песчаные, супесчаные) для улучшения физических свойств почвы;
- необходимо уделять значительное внимание простым агротехническим приемам: рыхление, прополка, регулярный полив, соблюдение расстояний при высадке рассады. Эти приёмы обеспечивают необходимую аэрацию и влажность почвы, что в свою очередь способствует благоприятным условиям для протекания химических процессов в почве.

Для более точной характеристики почв необходимо провести дополнительный химический анализ почв на данных участках, а именно определить концентрации доступных форм других макроэлементов (фосфора и калия).

Мы считаем, что полученные результаты очень важны для нашего города. Ведь каждый год администрация города тратит не малые деньги на закупку цветочной рассады, на оплату труда рабочим, которые её высаживают и ухаживают за ней. Но рассада, высаженная в бедную почву, не приносит долгожданного результата. Это экономический аспект, ведь получается, что деньги потрачены впустую. А ведь нужно совсем немного - регулярное внесение удобрений в почвы клумб для увеличения её плодородия. И тогда клумбы нашего города порадуют жителей своей красотой.

Источники информации

1. Агрохимический анализ почвы [Электронный ресурс] // МГУЛАБ
URL: <https://www.msulab.ru/knowledge/soil/agrochemical-analysis-justification-and-interpretation/>
2. Азот в жизни растений [Электронный ресурс] // Сельское хозяйство URL: <https://universityagro.ru/агрохимия/азот-в-жизни-растений/>
3. Беляев А.Б. Элементы минерального питания в почвах: Учебно-методическое пособие для вузов. - Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012. – 28 с.
4. Виды и определение кислотности почв [Электронный ресурс] // Строй подсказка URL: <https://stroy-podskazka.ru/pochva/vidy-kislotnosti/>
5. Виды удобрений, их классификация [Электронный ресурс] // Виды удобрений, какие виды удобрений бывают URL; <https://udobrenium.ru/klassifikatsiya/vidy-udobrenij>
6. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. - Москва: Стандартинформ. – 2008. – 7 с.
7. ГОСТ 17.4.3.01-83 Почвы. Общие требования к отбору проб. – Москва: ИПК Издательство стандартов. – 2004. – 3 с.
8. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. - Москва: Стандартинформ. – 2011. – 4 с.
9. Доступные для растений формы азота [Электронный ресурс] // Все рефераты URL: <https://allrefrs.ru/3-24757.html>
10. Михайлова Л.А. Агрохимия. Часть 1. Удобрения: виды, свойства, химический состав. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. – 426 с.
11. Панькова О.А. Сад и огород. - Ижевск: Удмуртское редакционно-издательское объединение «Алфавит», 1993. - 303 с.
12. ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.67-10 Методика измерений массовой доли азота нитратов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления фотометрическим методом с салициловой кислотой. - Москва, 2010. - 18 с.
13. ПНД Ф 14.1:2:4.276-2013 Методика измерений массовой концентрации аммиака и аммоний-ионов в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. – Москва, 2013. - 15 с.

14. Пищевой режим и оценка плодородия почв [Электронный ресурс] // Агрочвоведение. Электронный учебно-методический комплекс URL: http://www.kgau.ru/distance/2013/a2/010/011_05.html

15. Удобрение азотом: особенности и применение [Электронный ресурс] // SOILTEQ URL: <http://www.soilteq.eu/ru/blog-ru/udobrenie-azotom-osobennosti-i-primeneniye/>

16. Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С. Агрохимия - Майкоп: Издательство «Афиша», 2006. – 1075 с.

17. Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И. Агрохимия [Электронный ресурс] // Электронная библиотека URL: <https://coollib.com/b/360295/read>

Приложения

Приложение № 1

Обновленные территории города Асбест



Рис. 2 Сквер на улице Мира



Рис. 3 Форумная площадь



Рис. 4 Аллея Победы

Справочные материалы

Таблица №1. Значение макроэлементов для растений

Макроэлемент	Значение для растений	Признаки нехватки
Азот	Отвечает за рост зеленой массы растений, участвует в защите от патогенных микроорганизмов.	Замедление роста, слабые истончившиеся листья и побеги, уменьшение количества соцветий, покраснение листьев у плодовых культур и осветление – у овощных.
Фосфор	Участвует в формировании корневой системы, необходим в периоды цветения и плодоношения, повышает сопротивляемость растений заболеваниям.	Слабая всхожесть семян, деформация цветков и плодов, сворачивание краев листьев, появление на листьях синезеленых пятен.
Калий	Поддерживает водный баланс растения, способствует засухо- и морозоустойчивости, повышает лежкость плодов и устойчивость растения к болезням.	Замедление роста, истончение и скручивание листьев, краевые ожоги и бурые пятна на листьях.

Таблица №2 Оценка потенциального плодородия почв по содержанию доступных для растений форм азота [1]

Уровень содержания	Нитратный азот, мг ⁻¹	Аммонийный азот, мг ⁻¹
Очень высокий	–	–
Высокий	Более 20	Более 40
Повышенный	–	–
Средний	15–20	20–40
Низкий	10–15	10–20
Очень низкий	Менее 10	Менее 10

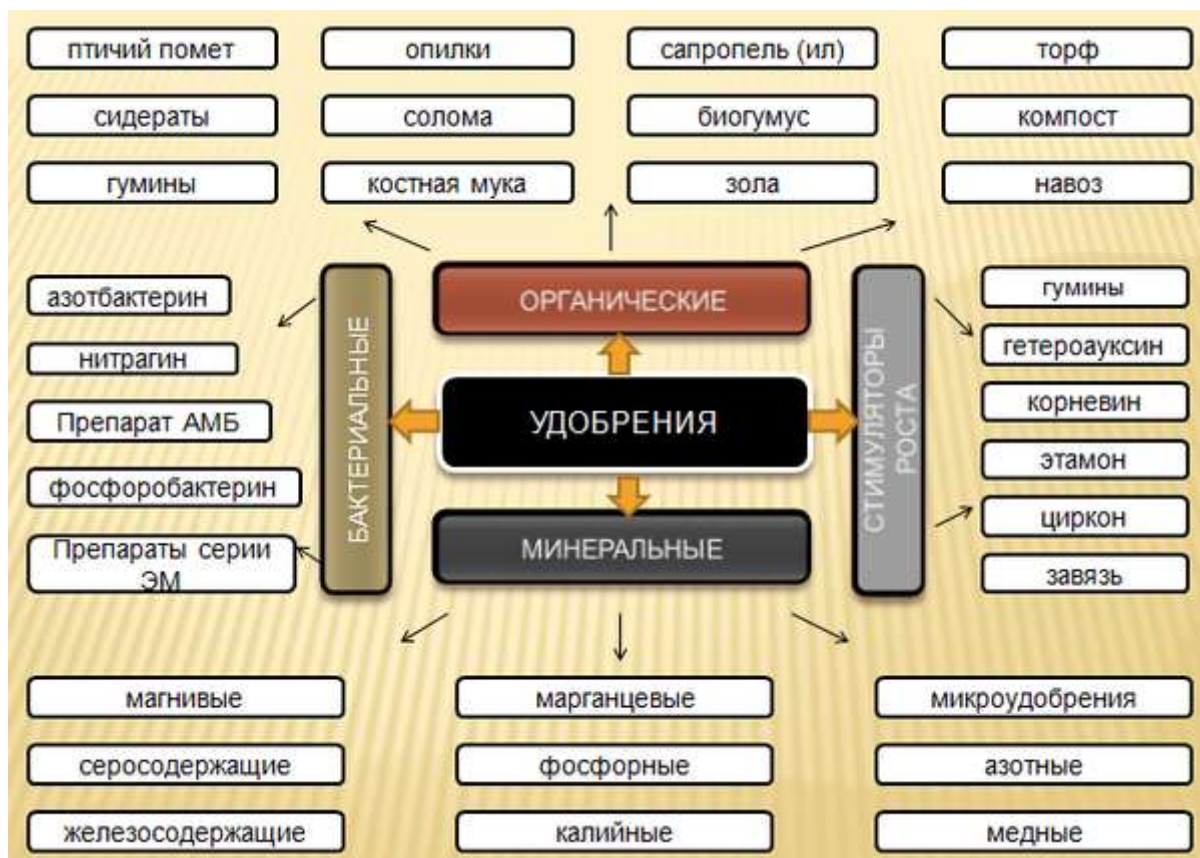


Рис. 5 Виды удобрение [5]

Определение гигроскопичности почвы [12]

Пустые пронумерованные фарфоровые чашки доводят до постоянной массы в сушильном шкафу при $t=(105\pm 5)^\circ\text{C}$, охлаждают и взвешивают.

Берут 3 навески массой 5г воздушно-сухой пробы, помещают в предварительно подготовленные фарфоровые чашки и высушивают при $t = (105\pm 5)^\circ\text{C}$ в сушильном шкафу до постоянной массы. Гигроскопичность почвы рассчитывается по формуле:

$$g = \frac{P_{\text{возд.сух.}} - P_{\text{сух.}}}{P_{\text{возд.сух.}}} * 100$$

где g – содержание гигроскопической влаги, %;

$P_{\text{возд.сух.}}$ – масса воздушно-сухой навески, г;

$P_{\text{сух.}}$ – масса абсолютно сухой навески, г.

При выполнении условия: $|g_{\text{max}} - g_{\text{min}}| \leq 12\%$ вычисляют $g_{\text{ср}}$:

$$g_{\text{ср}} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$$

Определяют коэффициент пересчета на абсолютно-сухую пробу:

$$K = \frac{100}{100 + g_{\text{ср}}}$$

где $g_{\text{ср}}$ – содержание гигроскопической влаги, %

**Определения удельной электрической проводимости и рН
водной почвенной вытяжки [8]**

1. Пробы почвы доводят до воздушно-сухого состояния, измельчают.
2. Пробы на анализ отбирают ложкой, предварительно перемешав почву на всю глубину. Из пакетов почву высыпают на ровную поверхность, тщательно перемешивают и распределяют слоем толщиной не более 1 см. Пробу на анализ отбирают не менее чем из пяти мест. Массы пробы – 30 г.
3. Приготовление водной вытяжки из почвы. Пробы почвы массой 30 г, помещают в конические колбы. К пробам приливают цилиндром 150 см³ дистиллированной воды. Почву с водой перемешивают в течении 3 мин с помощью мешалки и оставляют на 5 мин для отстаивания.
4. Определение электрической проводимости. После 5-минутного отстаивания в суспензию погружают датчик и определяют электрическую проводимость. После каждого определения датчик тщательно промывают дистиллированной водой.
5. Измерение рН. Часть почвенной суспензии, объемом 15-20 см³ сливают в химический стакан вместимостью 50 см³ и используют для измерения рН.

Определение азота нитратного в почве [12]

1. Построение градуировочного графика. Для построения градуировочного графика необходимо приготовить образцы для градуировки с массовой концентрацией нитрат-ионов 0,1 - 10,0 мг/дм³.

Таблица №3 Состав и количество образцов для градуировки при анализе нитрат-ионов

№ раствора	Массовая концентрация нитрат-ионов в градуировочных растворах, мг/дм ³	Аликвотная часть градуировочного раствора с концентрацией 0,01 мг/см ³ , помещаемая в пробирку вместимостью 10 см ³ , см ³
1	0,00	0,00
2	0,1	0,1
3	0,5	0,5
4	1,0	1,0
5	2,0	2,0
6	4,0	4,0
7	6,0	6,0
8	10,0	10,0

Растворы переносят в фарфоровые чашки, добавляют 2 см³ раствора салициловой кислоты и выпаривают в фарфоровой чашке на водяной бане досуха. После охлаждения сухой остаток смешивают с 2 см³ концентрированной серной кислоты и оставляют на 10 минут. Затем содержимое чашки разбавляют 10 - 15 см³ дистиллированной воды, приливают приблизительно 15 см³ раствора гидроксида натрия и сегнетовой соли, переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, смывая стенки чашки дистиллированной водой. Колбу охлаждают в холодной воде до комнатной температуры, доводят дистиллированной водой до метки и полученный окрашенный раствор сразу же фотометрируют при длине волны 410 нм в кюветах с толщиной поглощающего слоя 20 мм. Одновременно с обработкой градуировочных растворов проводят «холостой опыт» с дистиллированной водой, который используют в качестве раствора сравнения.

Анализ образцов для градуировки проводят в порядке возрастания их концентрации. Для построения градуировочного графика каждую искусственную смесь необходимо фотометрировать 3 раза с целью исключения случайных результатов и усреднения данных.

При построении градуировочного графика по оси ординат откладывают значения оптической плотности, а по оси абсцисс - содержание нитрат-иона, мг/дм³.

2. Нитрат-ионы вследствие их растворимости в воде извлекают из пробы 0,05 % раствором сульфата калия.

3.5 г воздушно-сухой пробы помещают в колбу, приливают 50 см³ безаммиачной дистиллированной воды или 0,05 % раствора сульфата калия и взбалтывают в течение 3 минут.

4. Вытяжку фильтруют через складчатый фильтр. Первые порции (5 - 10 см³) фильтрата отбрасывают, мутный раствор несколько раз перефильтровывают через тот же фильтр.

5. В зависимости от ожидаемого содержания нитрат-ионов берут 5 - 10 см³ подготовленной вытяжки, помещают в фарфоровую чашку соответствующего объема, добавляют 2 мл раствора салициловой кислоты и выпаривают на водяной бане с электрическим обогревом.

6. Далее поступают, как при построении графика.

Содержание азота нитратов (млн-1) в анализируемой пробе рассчитывают по формуле:

$$X = K * \frac{C * V_1 * V_3}{V_2 * a} * n * 0.23$$

где X - содержание нитратного азота в пробе, млн⁻¹;

C - концентрация нитрат-ионов в растворе, найденная по калибровочному графику, мг/дм³;

V₁ - общий объем вытяжки, (50 см³);

V₂ - объем аликвотной части, взятый для анализа, см³;

V₃ - вместимость пробирки, 10 см³;

a - навеска пробы, г;

K - коэффициент пересчета на абсолютно-сухую пробу;

n - коэффициент разведения (при устранении мешающего влияния);

0,23 - коэффициент пересчета нитрат-ионов на нитратный азот.

Определение азота аммонийного [3]

1. Построение градуировочного графика

В мерные колбы на 50 мл приливают 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мл рабочего эталонного раствора, разбавляют дистиллированной водой до 40 мл, прибавляют 2 мл сегнетовой соли и хорошо перемешивают.

Во все колбы растворы прибавляют по 2 мл реактива Несслера, доводят содержимое колб водой до метки и снова тщательно перемешивают. В растворе сразу же начинает развиваться окраска, которая должна быть чисто желтой и светлого оттенка. Через 2–3 мин раствор (последовательно) колориметрируют на фотоколориметре с синим светофильтром (область длин волн 400–425 нм). Шкала сохраняет свою окраску не более 1 часа.

Содержание в растворе N–NH₄ устанавливают по калибровочной кривой образцовых растворов.

2. 10 г почвы помещают в колбу на 250 мл и заливают ее 100 мл 2%-го раствора KCl. Колбы встряхивают в течение 1 часа.

3. Содержимое колбы фильтруют через воронку с вложенным в нее складчатым фильтром. Одновременно фильтруют контрольную пробу на чистоту реактивов и фильтров. Для этого пропускают через контрольный фильтр 100 мл 2%-го раствора KCl. В дальнейшем с этим фильтратом поступают так же, как и с вытяжками из почв.

4. В зависимости от содержания N–NH₄ берут от 5 до 40 мл (~ 10–20 мл) вытяжки и помещают в мерную колбу на 50 мл, разбавляют дистиллированной водой примерно до 40 мл. После этого поступают, как с эталонными растворами.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Содержание азота нитратов (млн⁻¹) в анализируемой пробе рассчитывают по формуле:

$$X = K * \frac{C * V_1 * V_3}{V_2 * a} n * 0.78$$

где X - содержание иона аммония в пробе, млн⁻¹;

C - концентрация ион-аммония в растворе, найденная по калибровочному графику, мг/дм³;

V₁ - общий объем вытяжки, (250 см³);

V₂ - объем аликвотной части, взятый для анализа, см³;

V_3 - вместимость мерной колбы, 50 см³;

a - навеска пробы, г;

K - коэффициент пересчета на абсолютно-сухую пробу;

n - коэффициент разведения; (при устранении мешающего влияния)

0,78 - коэффициент пересчета ионов аммония на аммонийный азот [3].

Контроль стабильности градуировочной характеристики проводят по одному градуировочному раствору перед выполнением серии анализов. Градуировочную характеристику считают стабильной в случае, если отклонение полученного значения массовой концентрации аммония от заданного значения в градуировочном растворе не превышает допустимое значение (норматив контроля). Значение норматива контроля стабильности градуировочной характеристики не должно превышать 10 % во всем диапазоне концентраций.

Если градуировочная характеристика нестабильна, выясняют и устраняют причины нестабильности и повторяют контроль с использованием не менее двух других градуировочных растворов, предусмотренных методикой. При повторном обнаружении отклонения результата градуировочную характеристику устанавливают заново [13].

Отбор образцов почв и внесение удобрения



Рис.6 Отбор образцов почв (2020 год)



Рис.7 Точки отбора



Рис. 8 Минеральные удобрения



Рис. 9 Внесение минеральных удобрений (2021 год)



Рис.10 Свежая земля и торф в качестве удобрения

Подготовка образцов почв к анализу



Рис.11 Доведение почв до воздушно сухого состояния



Рис.12 Составление смешанной пробы



Рис.13 Определение гигроскопичности образцов почв

Определение гигроскопичности почвы

Таблица №4 Результаты взвешивания бюксов

№ пробы	№ параллели	Масса бюкса с почвой до сушки, $P_{\text{возд.сух.}}$, Г	Масса бюкса с почвой после сушки, $P_{\text{сух.}}$, Г
Исследование 2020 года			
1	1.1	13,30	13,20
	1.2	11,85	11,75
	1.3	24,05	23,90
2	2.1	12,50	12,30
	2.2	13,30	13,15
	2.3	22,30	22,10
3	3.1	13,80	13,70
	3.2	23,75	23,60
	3.3	16,55	16,45
Исследование 2021 года			
1	1.1	11,00	10,95
	1.2	10,80	10,70
	1.3	10,85	10,80
2	2.1	11,05	11,00
	2.2	11,10	11,05
	2.3	10,85	10,75
3	3.1	11,40	11,30
	3.2	13,95	13,90
	3.3	12,50	12,40

Приложение №9 (продолжение)

Таблица №5 Расчёт коэффициента гигроскопичности

№ пробы	№ параллели	Содержание гигроскопичной влаги, g, %	$ \mathbf{g_{\max} - g_{\min}} $, %	Норматив разности, %	Содержание гигроскопической влаги (как среднее арифметическое параллельных результатов) $\mathbf{g_{\text{ср}}}$, %	Коэффициент гигроскопичности, К
Исследования 2020						
1	1.1	0,75	0,22	12	0,74	0,99
	1.2	0,84				
	1.3	0,62				
2	2.1	1,60	0,70	12	1,21	0,99
	2.2	1,13				
	2.3	0,90				
3	3.1	0,72	0,11	12	0,65	0,99
	3.2	0,63				
	3.3	0,61				
Исследования 2021						
1	1.1	0,45	0,47	12	0,61	0,99
	1.2	0,92				
	1.3	0,46				
2	2.1	0,45	0,47	12	0,61	0,99
	2.2	0,45				
	2.3	0,92				
3	3.1	0,88	0,52	12	0,68	0,99
	3.2	0,36				
	3.3	0,8				

Определение водородного показателя образцов почв



Рис.14 Приготовление водной почвенной вытяжки

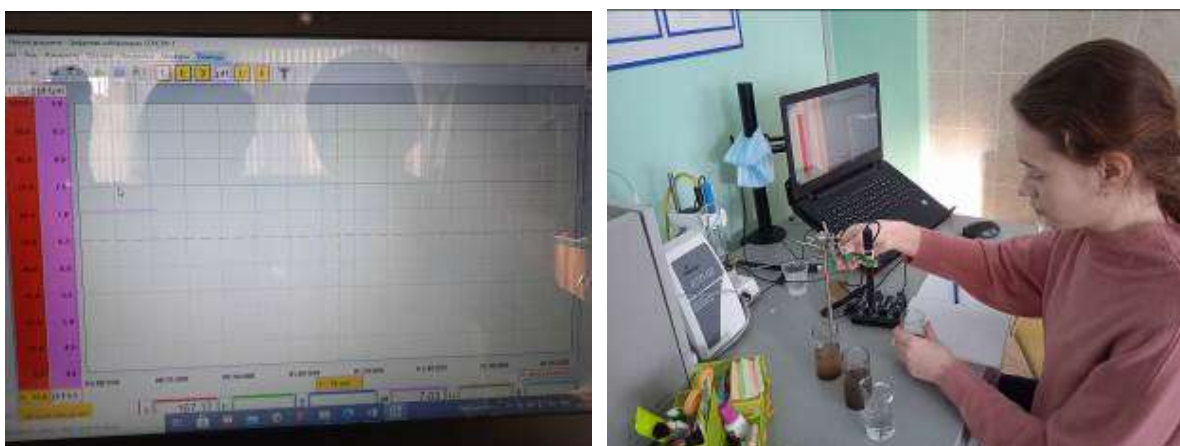


Рис. 15 Измерение водородного показателя

Таблица №6 Результаты измерения водородного показателя почвенных образцов

Образец	Повторности	Замеры датчика, ед. рН	Отклонение от среднего арифметического, ед. рН	Допустимое отклонение, ед. рН	Водородный показатель, ед. рН
Исследования 2020					
№1	1	7,03	0,02	0,2	7,01
	2	6,98	0,03		
№2	1	6,52	0,01	0,2	6,51
	2	6,49	0,02		
№3	1	6,89	0,01	0,2	6,90
	2	6,91	0,01		
Контрольный образец	1	4,02	0,01	0,2	4,01
	2	3,99	0,02		

(4,01ед. рН)					
Исследования 2021					
№1	1	6,92	0,02	0,2	6,94
	2	6,95	0,01		
№2	1	6,35	0,02	0,2	6,37
	2	6,39	0,02		
№3	1	6,62	0,02	0,2	6,64
	2	6,65	0,01		
Контрольный образец (6,86 ед. рН)	1	6,81	0,02	0,2	6,83
	2	6,84	0,01		

Определение азота аммонийного



Рис. № 16 Построение градуировочного графика для определения NH_4^+



Рис. №17 Определение ионов аммония в образцах почв

Таблица №7 Значение оптической плотности градуировочных растворов (ион аммония)

№ п/п	Концентрация ионов аммония в эталонном растворе, мг/дм ³	Оптическое значение эталонного раствора, нм	Среднее значение оптической плотности раствора, нм
1	0,756	0,138	0,140
		0,141	
2	1,01	0,186	0,185
		0,184	
3	1,26	0,239	0,241
		0,242	
4	2,52	0,460	0,458

		0,455	
5	3,78	0,685	0,686
		0,686	
6	5,04	0,974	0,973
		0,971	

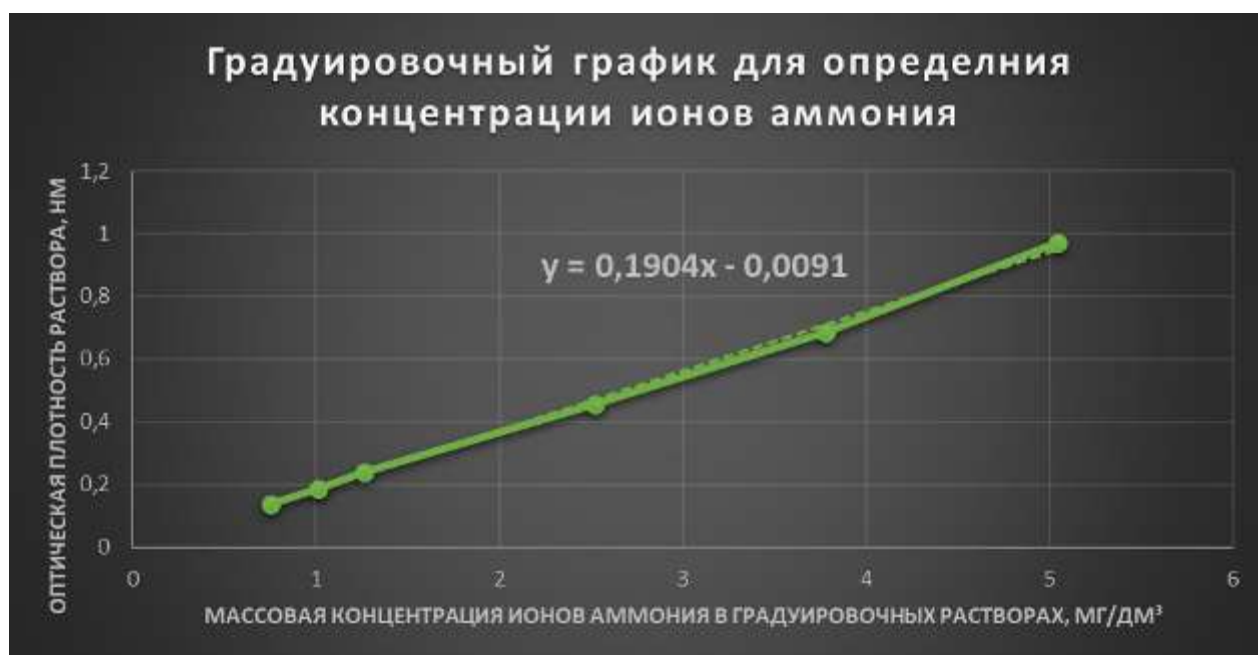


Рис. 18 Градуировочный график для определения аммоний - иона (2020 год)

Таблица №8 Результаты определения азота аммонийного в образцах почв

№ пробы	Объём аликвоты, см ³	Значение оптической плотности в образце, D, нм	Фоновое окрашивание вытяжки почвы, нм	Концентрация ионов аммония в образце, мг/дм ³	Среднее значение, мг/дм ³	Концентрация ионов аммония в почве, млн ⁻¹	Концентрация азота аммонийного в образце почвы, млн ⁻¹
Исследования 2020							
1	40	0,810	0,163	1,91	1,89	58,5	45,5
	40	0,788		1,87			
2	40	0,522	0,256	1,44	1,49	46,1	35,9
	40	0,541		1,54			
3	40	0,353	0,189	0,91	0,93	28,77	22,4
	40	0,361		0,95			

Исследования 2021							
1	20	0,330	0,111	1,198	1,221	76,3	59,5
	20	0,339		1,245			
2	20	0,518	0,162	1,918	1,886	117,9	91,9
	20	0,506		1,854			
3	10	0,363	0,197	0,920	0,949	118,6	92,5
	10	0,374		0,977			

Таблица №9 Расчёт стабильности градуировочной характеристики для определения иона аммония (2021 год)

№ п/п	Концентрация ионов аммония в градуировочном растворе, мг/дм ³	Оптическое значение раствора, нм	Концентрация ионов аммония в растворе по графику, мг/дм ³	Среднее значение концентрации ионов аммония, мг/дм	Норматив контроля, %	Результат контроля, %	Результат стабильности
1	1,26	0,241	1,31	1,33	10	5,6	Уд. (5,6<10)
		0,248	1,35				
2	2,52	0,457	2,45	2,47	10	2,0	Уд. (2,0<10)
		0,465	2,49				
3	3,78	0,697	3,71	3,74	10	1,1	Уд. (1,1<10)
		0,707	3,76				

Определение азота нитратного



Рис.18 Построение градуировочного графика для определения NO_3^-



Рис. 19 Определение нитрат - ионов в образцах почвы

Таблица №10 Значение оптической плотности градуировочных растворов (нитрат-ион)

№ п/п	Концентрация ионов аммония в эталонном растворе, мг/дм ³	Оптическое значение эталонного раствора, нм	Среднее значение оптической плотности раствора, нм
Исследование 2020			
1	0,1	0,013	0,012
		0,011	
2	0,5	0,021	0,024
		0,026	
3	1,0	0,039	0,043
		0,047	

4	2,0	0,092	0,092
		0,092	
5	6,0	0,335	0,338
		0,341	
6	10,0	0,585	0,582
		0,579	
Исследование 2021			
1	1,0	0,156	0,159
		0,162	
2	2,0	0,308	0,309
		0,310	
3	6,0	0,515	0,519
		0,523	
4	10,0	0,823	0,824
		0,824	

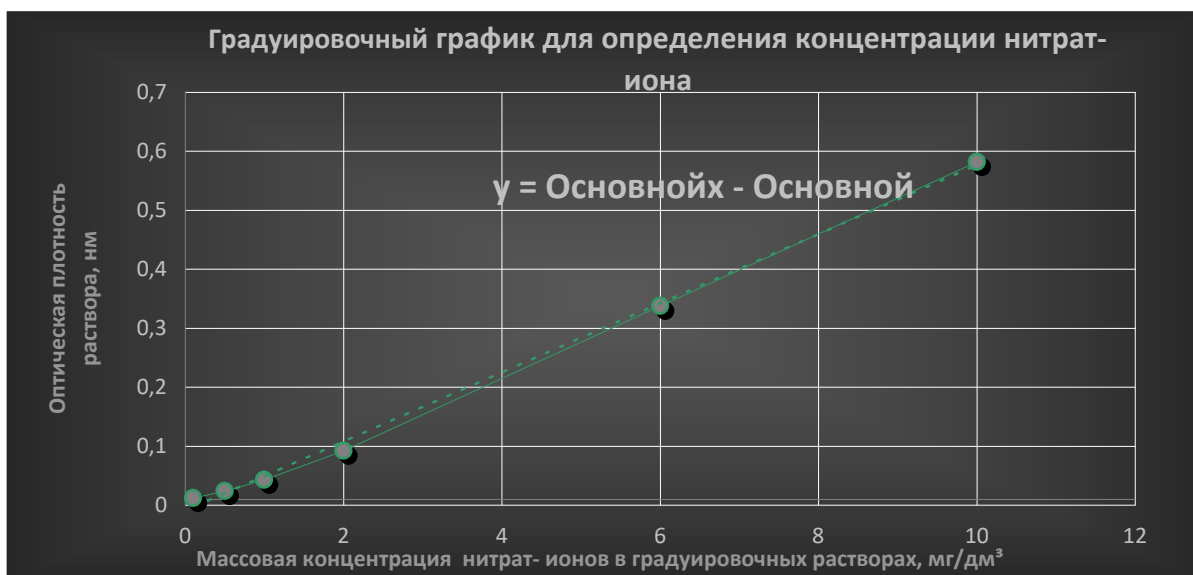


Рис. 21 Градуировочный график для определения нитрат – ионов (2020 год)

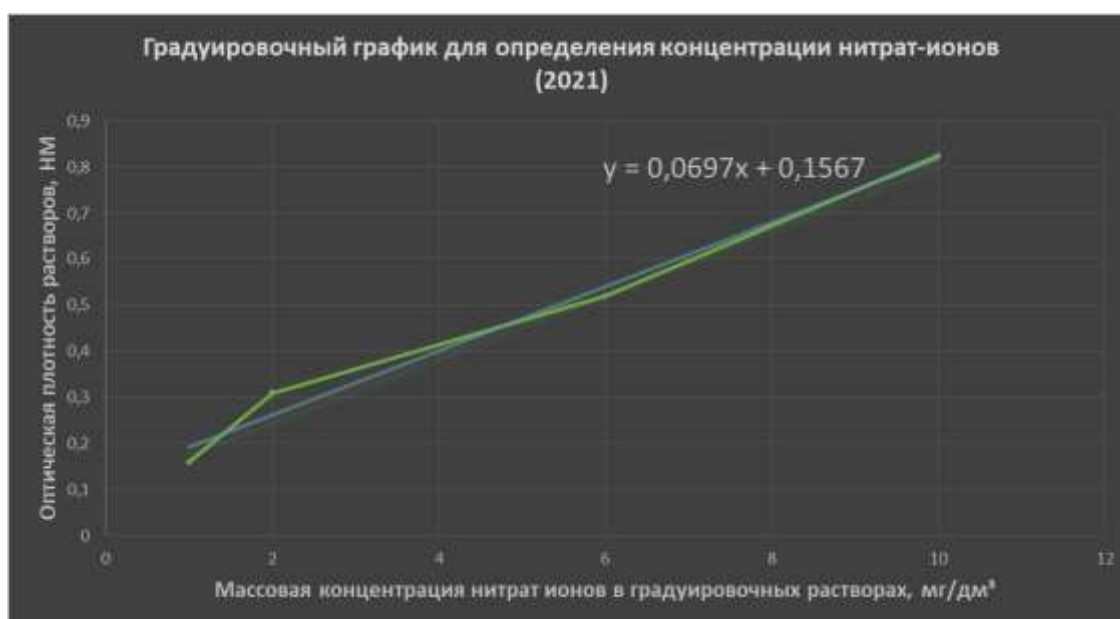


Рис 22 Градуировочный график для определения нитрат – ионов (2021 год)

Таблица №11 Результаты определения азота нитратного в образцах почв

№ пробы	Объём аликвоты, см ³	Значение оптической плотности в образце, D, нм	Фоновое окрашивание вытяжки почвы, нм	Концентрация нитрат-ионов в образце, мг/дм ³	Среднее значение	Концентрация нитрат – ионов в почве, млн ⁻¹	Концентрация азота нитратного в образцах почв, млн ⁻¹
Исследование 2020							
1	5,0	0,347	0,098	4,41	4,44	87,9	19,9
	5,0	0,361		4,65			
2	1,0	0,312	0,219	1,75	1,66	164,3	37,1
	1,0	0,301		1,56			
3	5,0	0,120	0,063	1,13	1,25	24,75	5,59
	5,0	0,133		1,36			
Исследование 2021							
1	5,0	0,244	0,055	0,463	0,456	9,03	2,04
	5,0	0,243		0,449			
2	2,0	0,558	0,139	3,76	3,80	188	42,5
	2,0	0,563		3,84			
3	2,0	0,510	0,054	4,29	4,94	244	55,1
	2,0	0,520		4,44			

Результаты исследования

Таблица №12 Сводная таблица результатов исследования

Место отбора почв	Водородный показатель, ед рН	Оценка почвы по кислотности	Концентрация азота аммонийного	Оценка почвы по доступности азота аммонийного (в соответствии с таблицей №10)	Концентрация азота нитратного	Оценка почвы по доступности азота нитратного (в соответствии с таблицей №10)
Исследования 2020 года						
Аллея Победы	7,01	Нейтральная	45,5	Высокий	19,9	Средний
Форумная площадь	6,51		35,9	Средний	37,1	Высокий
Сквер на улице Мира	6,90		22,4	Средний	5,59	Очень низкий
Исследования 2021 года						
Аллея Победы	6,94	Нейтральная	59,5	Высокий	2,04	Очень низкий
Форумная площадь	6,37	Слабокислая	91,9	Высокий	42,5	Высокий
Сквер на улице Мира	6,69	Нейтральная	92,5	Высокий	55,1	Высокий

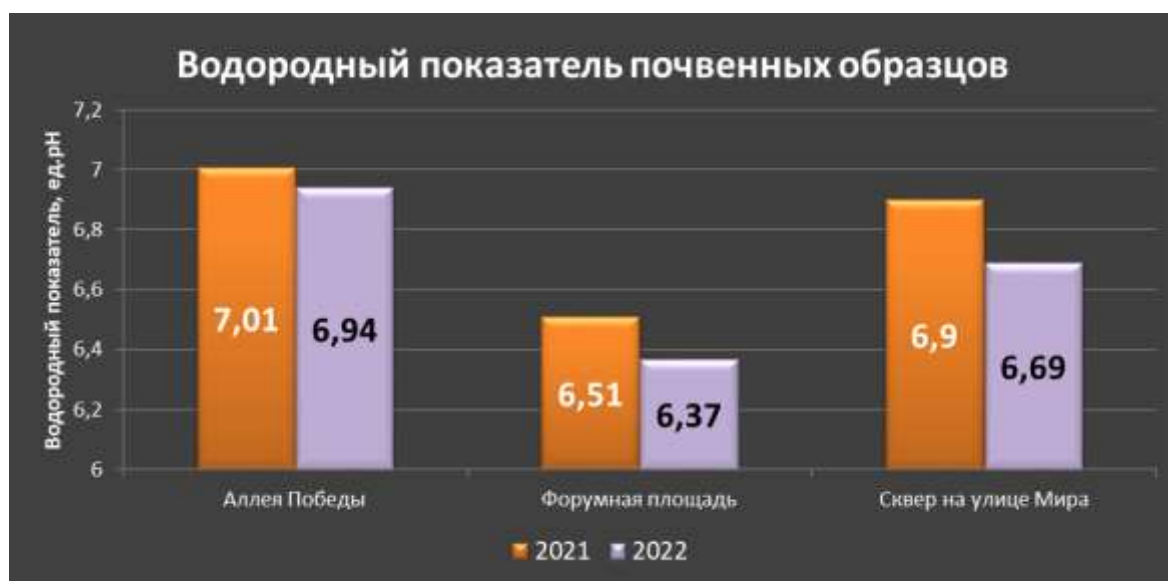


Рис. 23 Водородный показатель почвенных образцов

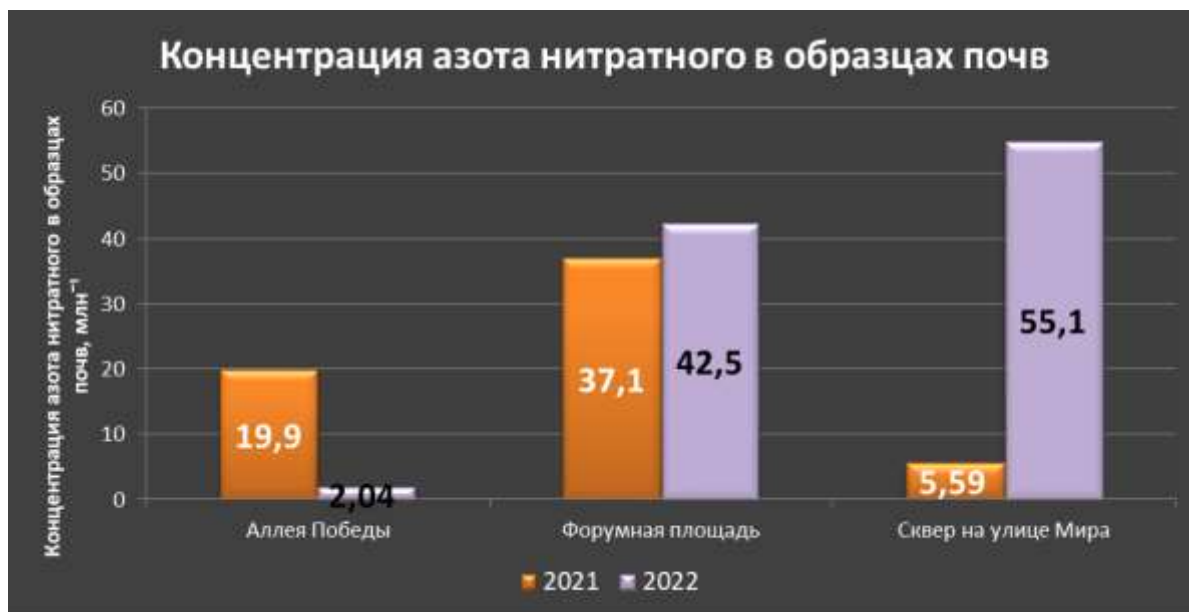


Рис. 24 Концентрация азота нитратного в образцах почв



Рис. 25 Концентрация азота аммонийного в образцах почв



Примечания к рисунку: B – высокий уровень содержания ; CP – средний уровень содержания.

Рис. 26 Содержание доступных форм азота

Таблица №13 Сравнение результатов исследований в 2020 и 2021 г.г.

Место отбора	Тип почвы по степени кислотности		Содержание азота аммонийного		Содержание азота нитратного	
	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год
Аллея Победы	Нейтральная	Нейтральная	Высокий	Высокий	Средний	Очень низкий
Форумная площадь	Нейтральная	Слабокислая	Средний	Высокий	Высокий	Высокий
Сквер на улице Мира	Нейтральная	Нейтральная	Средний	Высокий	Очень низкий	Высокий