

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНКУРС
«ОТКРЫТЫЙ МИР. СТАРТ В НАУКУ»**

Направление «Основы агрономии»

Исследовательская работа

**«Содержание доступных форм азота в почвах обновленных
территорий города Асбест»**

Автор: Колясникова Ксения Максимовна, 10 класс, МБУДО «Станция юных натуралистов» Асбестовского городского округа»

Научный руководитель: Столярова Оксана Александровна, педагог дополнительного образования, 1КК, МБУДО «Станция юных натуралистов» Асбестовского городского округа»

Свердловская область, г. Асбест, 2021

Содержание

<u>Введение</u>	3
<u>Теоретическая часть</u>	4
• <u>Химические элементы, необходимые растениям</u>	4
• <u>Доступные формы азота</u>	6
• <u>Кислотность почвы</u>	7
<u>Методика проведения исследования</u>	9
<u>Исследовательская часть</u>	12
<u>Заключение</u>	15
<u>Источники информации</u>	17
<u>Приложения</u>	19

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.

Проблема. 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 выдвинули **гипотезу**: 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.

Объект исследования: почва.

Предмет исследования: доступные формы азота в почве.

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

Для достижения цели я поставила перед собой **следующие задачи**:

1. Изучить влияние химического состава почвы на развитие растений;
2. Отобрать образцы почв клумб обновленных территорий;
3. Провести подготовку проб почв к анализу;

4. Провести химический анализ образцов почв;
5. Сделать вывод о плодородии почвы по концентрации доступных форм азота;
6. Дать рекомендации по внесению удобрений 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. [14]

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. [14]

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. [10]

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. [10]

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 и плодах, чем в листьях и стеблях. В связи с вышеуказанным, его выносятся из почвы с урожаем значительное количество. Азот способствует вегетативному росту растений. [10]

Фосфор – необходимый элемент питания всех живых организмов, в т.ч. и растений. Без фосфора не может существовать ни одна живая клетка, т.к. 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. [10]

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. [10]

Значения всех элементов для растений указаны 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.

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: $R-C(=O)-COOH \rightarrow R-CH_2-COOH$. [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, а 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. [13]

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 pH 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. [9]

Значение pH относится к тому фактору, который оказывает прямое воздействие на скорость роста и развития представителей флоры на том или ином участке. [9]

Кислотность почвы обусловлена климатом региона, качеством ухода за участком, недостатком либо избытком увлажнения. [9]

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. [9]

Неподходящее качество грунта влечет за собой болезни и гибель представителей флоры. [9]

По степени кислотности почвы делятся на следующие виды.

- Сильнокислые - 3,0–4,5 ед. pH
- Кислые - 4,5–5,5 ед. pH
- Слабокислые - 5,5–6,5 ед. pH
- Нейтральные - 6,5–7,0 ед. pH
- Слабощелочные - 7,0–7,5 ед. pH

- Щелочные- 7,5–8,0 ед. рН
- Сильнощелочные >8,5ед. 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. [14]

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. [1,2]

2. Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. [1]

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. [1]

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. В соответствии с полученными данными оценить потенциальное плодородие почв по содержанию доступных для растений форм азота на основании **таблицы №2 (приложение №13)**

Исследовательская часть

1. 31 Октября 2020 года в соответствии с методикой проведения исследования провели отбор проб образцов почвы (**рис.№4, приложение №7**).

Пробы почв отобрали в 3 точках (**рис№5, приложение №7**):

Образец №1 – аллея Победы (**рис. №3, приложение №1**);

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

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

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

2. После доставки в лабораторию все образцы почв довели до воздушно сухого состояния (**рис. № 6, приложение № 8**).

Составили смешанную пробу у всех образцов почв. (**рис. № 7, приложение № 8**) Для этого почву на подносе распределили тонким слоем и отобрали точечные пробы из девяти разных участков.

После этого определили гигроскопичность почвы (**рис. № 8, 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. №9, приложение №10**) и с помощью датчиков водородного показателя цифровой лаборатории «Сенсор – 1» провели измерение соответствующих показателей. (**рис. №10, приложение №10**) Результаты измерений представлены в **таблице №6 (приложение №10)**.

Перед определением кислотности проверили определение точности работы датчика. В качестве стандартного образца был приготовлен раствор со значением 4,01 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. №11, рис. №14**). Значения концентраций и оптических плотностей для ионов аммония указаны в **таблице № 7 (приложение № 11)**, для нитрат-ионов – в **таблице №9 (приложение №12)**.

В соответствии со значениями **таблицы № 7 и №9** в программе Excel построили градуировочные графики для определения ионов аммония (**рис.**

№13, приложение №11) и нитрат-ионов (**рис. №16, 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. №14 приложение №13**).

Так как почвенные солевые вытяжки имеют желтую окраску, мы провели измерение ее 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 №8 и №10** 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 №10 (приложении №12)**.

Все полученные результаты внесли в сводную таблицу (**таблица №11, приложение №13**), сравнив их с нормативами **таблицы №2 (приложение №2)**.

Заключение

В ходе проведенного исследования мы:

1. изучили влияние химического состава почвы на развитие растений, значение макроэлементов в жизни растений и их доступные формы;
2. отобрали образцы почв клумб на трех обновленных территориях: аллея Победы, Форумная площадь, сквер на улице Мира;
3. провели пробоподготовку образцов почв к анализу в соответствии с нормативными документами (довели до воздушного-сухого состояния, определили коэффициент гигроскопической влаги);
4. провели химический анализ почв и сделали следующие выводы:
 - кислотность изученных нами образцов почв составила от 6,59 до 7,01 ед. pH (**рис. №17, 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. №18, 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 №11, 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. №19, 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 №11, приложение №13**).

5. 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).

Таким образом, мы подтвердили выдвинутую нами гипотезу о том, что слабое развитие однолетних цветочных культур связано с недостатком питания растений.

Поэтому, мы рекомендуем для увеличения плодородия почв внесение азотных удобрений на всех обновленных территориях нашего города.

Учитывая, что все образцы почв являются нейтральными, а также литературные данные о том, что в нейтральной среде лучше проявляется действие аммиачного азота, чем нитратного, в почвы сквера на улице Мира и Форумной площади рекомендуется внесение аммиачных форм удобрений

(калиевая селитра, кальциевая селитра, аммиачная селитра, магниевая селитра, сульфат аммония, аммоний хлористый).

Чтобы обеспечить растениям необходимые концентрацию всех элементов, во все почвы необходимо вносить комплексные минеральные удобрения. Удобрения необходимо вносить весной с перекопкой почвы, а также в вегетационный период растения 1-5 раз с интервалом 10-15 дней. Количество удобрения зависит от объема почвы и рассчитывается в соответствии с рекомендациями, указанными на упаковках удобрений.

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).

Так же планируем проводить мониторинг доступных форм азота летом 2021 года после внесения предложенных удобрений, и в последующие годы.

Источники информации

1. Агрохимический анализ почвы [Электронный ресурс] // МГУЛАБ
URL: [https://www.msulab.ru/knowledge/soil/agrochemical-analysis-justification-and-interp
retation/](https://www.msulab.ru/knowledge/soil/agrochemical-analysis-justification-and-interpretation/)
2. Азот в жизни растений [Электронный ресурс] // Сельское хозяйство
URL: <https://universityagro.ru/agroхимия/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. Брайкова А.М., Матвейко Н.П., Садовский В.В. Контроль показателей качества искусственных почвогрунтов [Электронный ресурс] // Вестник Витебского государственного технологического университета: электронный научный журнал URL: https://vestnik.vstu.by/files/8414/5206/9646/Control_quality_indicators_artificial_soils.pdf
5. Виды и определение кислотности почв [Электронный ресурс] // Строй подсказка URL: <https://stroy-podskazka.ru/pochva/vidy-kislotnosti/>
6. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. - М: Стандартиформ. – 2008.
7. ГОСТ 17.4.3.01-83 Почвы. Общие требования к отбору проб. – М: ИПК Издательство стандартов. - 2004
8. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки
9. Доступные для растений формы азота [Электронный ресурс] // Все рефераты URL: <https://allrefrs.ru/3-24757.html>
10. О чём рассказывает удельная электропроводность почвы [Электронный ресурс] // Агротехнология URL: <https://agrotechnology.com/tochnoe-zemledelie/ideologi/o-chem-rasskazyvaet-udel'naya-elektroprovodnost-pochvy>
11. Панько Ольга Алексеевна книга «Сад и огород»
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

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

14. 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. 1 Сквер на улице Мира



Рис. 2 Форумная площадь



Рис. 3 Аллея Победы

Приложение №2

Макроэлементы

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 сине-зеленых 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, мгн ⁻¹	Аммонийный азот, мгн ⁻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

Приложение №3

Определение гигроскопичности почвы [12]

Пустые пронумерованные фарфоровые чашки доводят до постоянной массы в сушильном шкафу при $t=(105\pm5)^\circ\text{C}$, охлаждают и взвешивают.

Берут 3 навески массой 5г воздушно-сухой пробы, помещают в предварительно подготовленные фарфоровые чашки и высушивают при $t = (105\pm5)^\circ\text{C}$ 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, %

Приложение №4

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 см^3 дистиллированной воды. Почву с водой перемешивают в течение 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 см^3 сливают в химический стакан вместимостью 50 см^3 и используют для измерения рН.

Приложение №5

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:

$$X = K \cdot \frac{C \cdot V_1 \cdot V_3}{V_2 \cdot a} \cdot n \cdot 0,23,$$

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.

Приложение №6

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 начинается 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-NH_4 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-NH_4 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

$$X = K \cdot \frac{C \cdot V_1 \cdot V_3}{V_2 \cdot a} \cdot n \cdot 0,23,$$

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

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

V_1 - общий объем вытяжки, (250 см³);

V_2 - объем аликвотной части, взятый для анализа, см³;

V_3 - вместимость пробирки, 10 см³;

a - навеска пробы, г;

K - коэффициент пересчета на абсолютно-сухую пробу (4);

n - коэффициент разведения; (при устранении мешающего влияния)

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

Приложение №7

Отбор проб почв



Рис.4 Отбор образцов почв



Приложение №8

Подготовка образцов почв к анализу



Рис. 6 доведение почв до воздушно сухого состояния



Рис. 7 Составление смешанной пробы



Рис.8 Определение гигроскопичности образцов почв

Приложение №9

Определение гигроскопичности почвы

Таблица №4 Результаты взвешивания бюксов

№ пробы	№ параллели	Масса бюкса с почвой до сушки, $P_{\text{возд.сух.}}$, Г	$m_{\text{б+п}}$ Масса бюкса с почвой после сушки, $P_{\text{сух.}}$, Г
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

Таблица №5 Расчёт коэффициента гигроскопичности

№ пробы	№ парал-лели	Содержание гигроскопичной влаги, g, %	$\frac{ g_{\text{макс}} - g_{\text{мин}} }{ g_{\text{макс}} - g_{\text{мин}} }, \%$	Норматив разности, %	Содержание гигроскопической влаги (как среднее арифметическое параллельных результатов) $\bar{g}_{\text{ср}} \bar{g}_{\text{ср}}, \%$	Коэффициент гигроскопичности, К
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				

Приложение №10

Определение водородного показателя образцов почв



Рис.9 Приготовление водной почвенной вытяжки

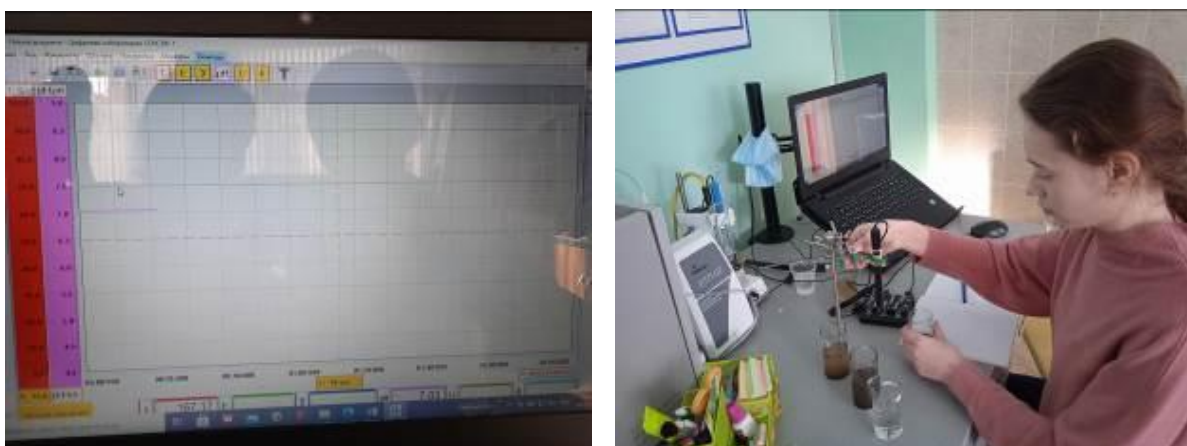


Рис. 10 Измерение водородного показателя

Таблица №6 Результаты измерения водородного показателя почвенных образцов

Образец	Повторности	Замеры датчика, ед. pH	Отклонение от среднего арифметического, ед. pH	Допустимое отклонение, ед. pH	Водородный показатель, ед. pH
№1	1	7,03	0,05	0,2	7,01
	2	6,98			
№2	1	6,52	0,03	0,2	6,51
	2	6,49			
№3	1	6,89	0,02	0,2	6,90
	2	6,91			
Контрольный образец (4,01ед. pH)	1	4,02	0,01	0,2	4,01
	2	3,99	0,02		

Приложение №11

Определение азота аммонийного



Рис. № 11 Построение градуировочного графика для определения NH_4

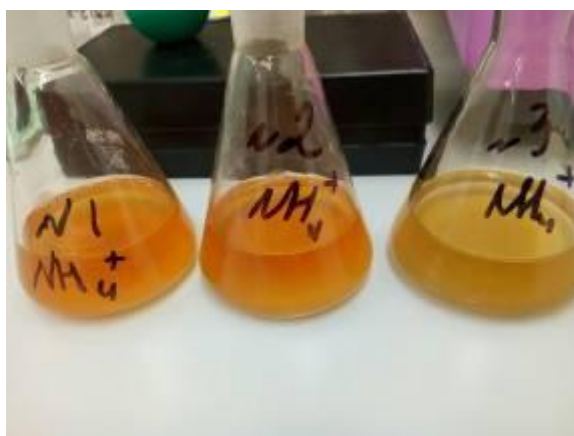


Рис. №12 Определение ионов аммония в образцах почв

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. 13 Градуировочный график для определения аммоний-иона

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	Концентрация ионов аммония в почве, млн ⁻¹	Концентрация азота аммонийного в образце почвы, млн ⁻¹
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			

Приложение №12

Определение азота нитратного



Рис.14 Построение градуировочного графика



Рис. 15 Определение нитрат - ионов в образцах почвы

Таблица №9 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
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	

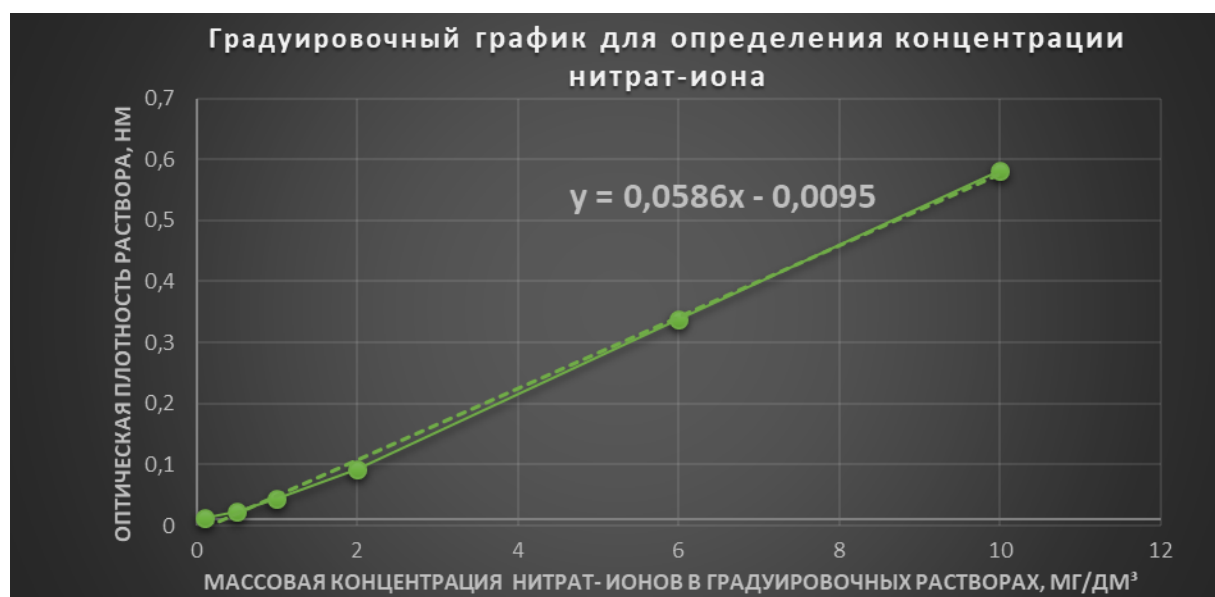


Рис. 16 Градуировочный график для определения нитрат - ионов

Таблица №10 Результаты определения азота нитратного в образцах почв

№ пробы	Объем аликвоты, см ³	Значение оптической плотности в	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
---------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------	---	------------------	--	--

		образце, D, нм					
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			

Приложение №13

Результаты исследования

Место отбора почв	Водород-ный показатель, ед рН	Оценка почвы по кислотности	Концент-рация азота аммонийного	Оценка почвы по доступности азота аммонийного (в соответствии с таблицей №10)	Концент-рация азота нитратного	Оценка почвы по доступности азота нитратного (в соответствии с таблицей №10)
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

Таблица №11 Сводная таблица полученных результатов

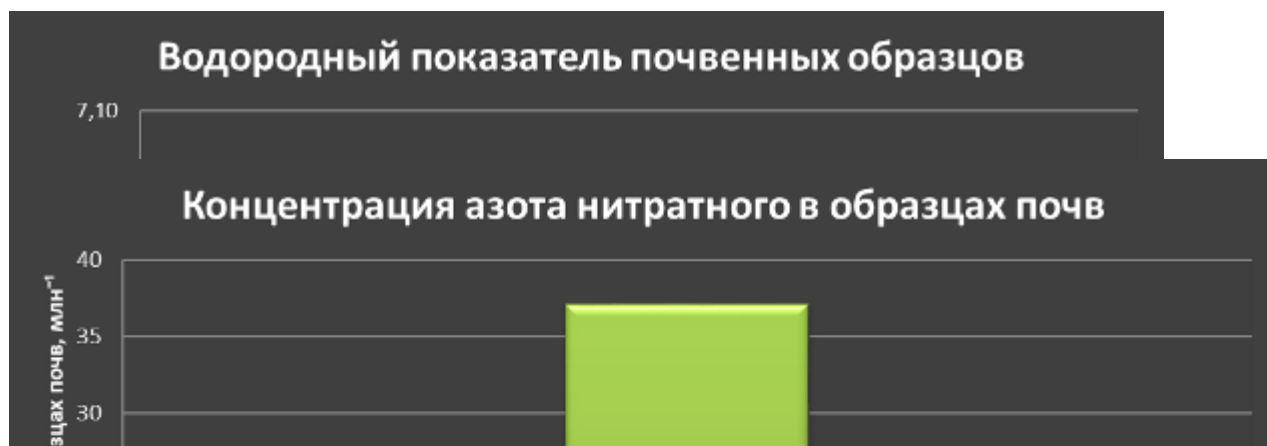


Рис. 18 Концентрация азота нитратного в образцах почв

Рис. 18 Концентрация азота нитратного в образцах почв

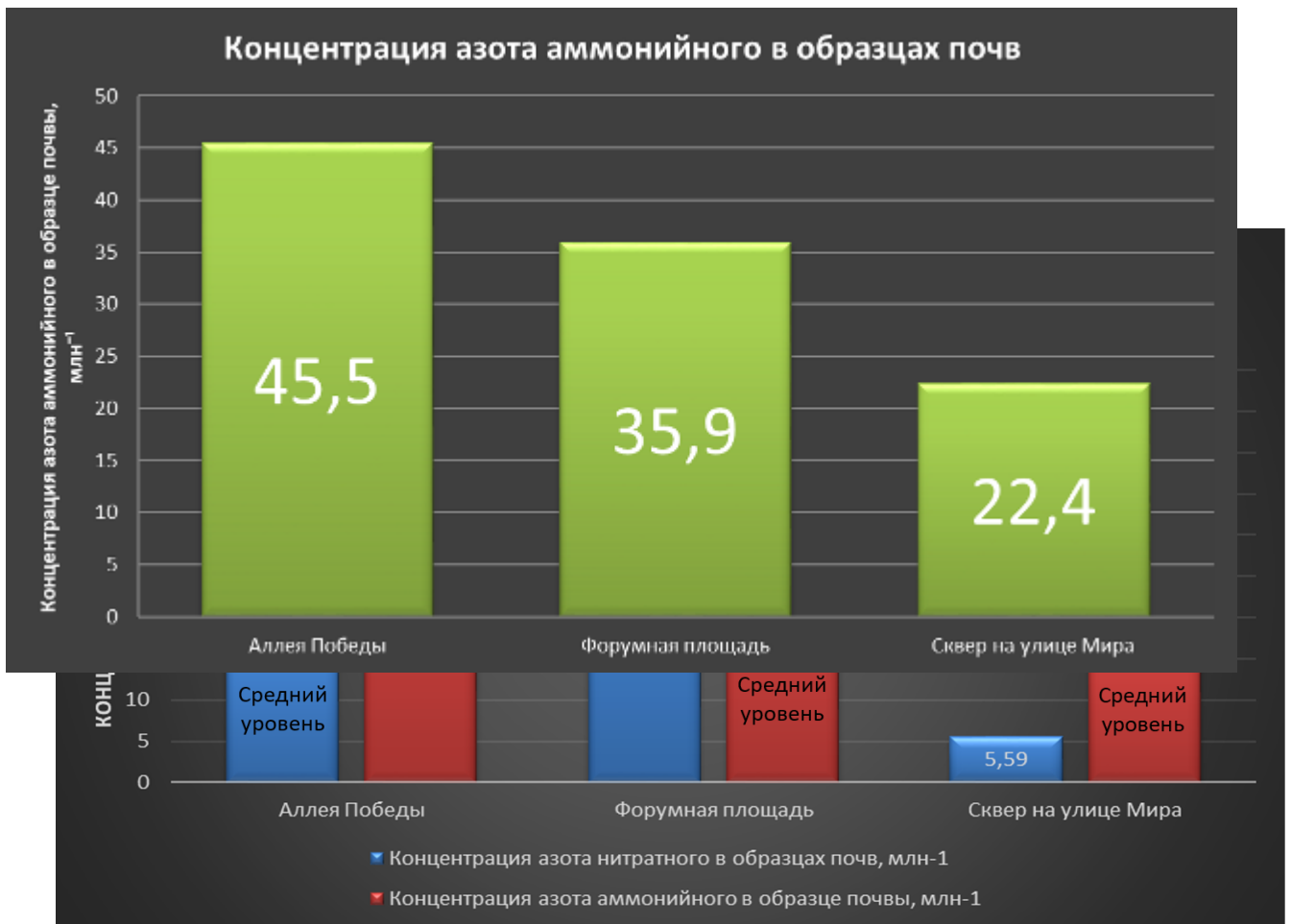


Рис. 20 Содержание доступных форм азота