



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Динамика эмиссии диоксида углерода и закиси азота из почв парка им
Бабушкина

Исполнитель Калашников Даниил Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат биологических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Рижия Елена Яновна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой


(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«16» 06 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Оглавление

| |
|----|
| 3 |
| 6 |
| 6 |
| 8 |
| 10 |
| 13 |
| 19 |
| 19 |
| 19 |
| 20 |
| 22 |
| 22 |
| 24 |
| 24 |
| 28 |
| 28 |
| 29 |
| 30 |
| 31 |
| 32 |
| 34 |
| 40 |
| 42 |

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении нескольких десятилетий мировое сообщество обеспокоено экологической проблемой глобального изменения климата, которое выражается в повышении температуры приземного слоя тропосферы, увеличении температурных амплитуд, неравномерном количестве выпадения осадков, увеличении частоты и интенсивности гидрометеорологических стихийных бедствий [17].

Мировое сообщество рассматривает множество сценариев глобального изменения климата, в число которых входит увеличение температуры планеты из-за возрастающего количества парниковых газов (ПГ) углекислого газа (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O), и других примесей, усиливающих парниковый эффект (ПЭ) из-за антропогенной деятельности. В 2022 году концентрация углекислого газа составляла 415,7 ppm, метана — 1908 ppb и закиси азота — 334,5 ppb. Эти значения составляют соответственно 149, 262 и 124 % от доиндустриальных уровней, до того, как деятельность человека начала нарушать природное равновесие этих газов в атмосфере. [4].

В изменение климата наибольший вклад вносят города занимают, именно в местах сосредоточения большого количества людей сосредоточены основные источники антропогенных ПГ. По разным оценкам от 30 до 80% всех антропогенных выбросов в атмосферу приходится именно на города, где сосредоточены предприятия энергетики и промышленности, многочисленный транспорт, жилые и коммерческие здания, хранятся твердые коммунальные и промышленные отходы [34].

Существует еще такой важный антропогенно-природный источник ПГ, как городские почвы, которые выполняют множество экологических функций, и одна из них — газовая, регулирующая состав приземной атмосферы. Следует учитывать, что они являются как источником эмиссии ПГ в атмосферу, так и стоком (поглотителем) различных газов [16]. Это зависит от разнообразия их химических и физических свойств почв.

Почвы города значительно отличаются от природных аналогов. Как правило, эти отличия часто делают почву непригодной даже для роста растений из-за сильного нарушенного профиля, постоянного переуплотнения, наличия превышающих ПДК количеств загрязняющих веществ и примесей, в том числе от автотранспорта, теплоэлектроцентралей, промышленных предприятий. Все это приводит к изменению трансформации циклов углерода и азота, влияющих на потоки ПГ [27].

Городские почвы могут оказывать значительное влияние на состав атмосферы и должны оцениваться в кадастрах антропогенных выбросов парниковых газов в секторах «отходы» и «землепользование». В Санкт-Петербурге, в соответствии с современными градостроительными нормами, развитию системы озеленения городских территорий уделяется значительное внимание, и чаще других данные пространства служат объектами экологического мониторинга состояния окружающей среды. Особенностью парковых почв, которые представляют собой самостоятельный архитектурно-ландшафтный объект, окруженные плотной застройкой, является наличие сохранных участков естественного почвенного покрова во внутренних территориях парков и различных комбинаций антропогенно-нарушенных почв по периферии парковых территорий в зависимости от геоморфологического положения территории и истории ее освоения. Поэтому почвы парков служат информативными индикаторами эмиссии парниковых газов в атмосферу.

Объемы концентрации и потоков ПГ из почв парков могут значительно варьировать в течение вегетационных периодов, поэтому необходимы количественные оценки эмиссии ПГ в динамике. Анализ динамики парниковых газов на территории парка им. Бабушкина в Невском районе г. Санкт-Петербурга, как объекта городской среды, является актуальной темой исследования.

Цель работы – проанализировать сезонную динамику диоксида углерода и закиси азота из почв парка им. Бабушкина.

Задачи работы:

1. Изучение почвенного покрова парка
2. Исследование основных химических характеристик почв парка
3. Оценка эмиссии диоксида углерода и закиси азота из почв парка в течение весенне-летне-осеннего периода
4. Рекомендации по снижению эмиссии парниковых газов из парковых почв

ГЛАВА 1. Биогеохимические циклы углерода и азота в антропогенных ландшафтах

1.1. Круговорот углерода

Круговорот углерода — это совокупность непрерывных и циклических процессов преобразования, переноса, разделения, удаления и обогащения углерода, протекающих в биосфере при активном участии биоты. Преобразование углерода и его перемещение в биосфере происходят за счет

процессов фотосинтеза и минерализации, при этом доля углерода откладывается с осадочными породами. В результате поступления и выброса вещества устанавливается баланс углерода в атмосфере [14].

Почва занимает важное место в круговороте углерода, поскольку в ней накапливается значительное количество органического вещества, где источниками и накопителями углерода служат гумус и органические остатки [1].

Функции почвы необходимы для биосферы, и все же почва, возможно, является самой сложной и наименее изученной матрицей. Основные экологические функции почвы включают круговорот питательных веществ, накопление и оборот углерода, поддержание водного баланса, устройство структуры почвы, регулирование надземного разнообразия, биотическое регулирование, буферизацию и преобразование потенциально вредных элементов и соединений (например, тяжелых металлов и пестицидов). В отношении оборота углерода она служит резервуаром для стока и трансформации атмосферного углерода, поступившего при фотосинтезе наземной растительностью; вырабатывает и накапливает углерод в форме гумуса и карбонатов; выступает в роли генератора и источника подвижных соединений и бикарбонатов в виде углеродосодержащих газов и водорастворимых органических соединений [2].

Круговорот углерода разделяют на ландшафтный, малый и биосферный, в зависимости от процессов преобразования углерода, среды и масштаба протекания данных процессов.

Ландшафтный круговорот углерода — это совокупность преобразования, накопления и выделения углерода, осуществляющиеся в пределах ландшафта, все элементы которого связаны перемещением атомов углерода. Между компонентами ландшафта существуют вертикальные (к примеру, между педосферой и растительным миром) и горизонтальные (между соседними геосистемами) миграции углерода [3].

Ландшафтный цикл углерода формируется из его органической (физико-химической, механической) и органической (фотосинтез, разложение органического вещества) миграции.

Малый биогеохимический круговорот углерода - динамическая система преобразования органики, в которой участвуют растения, животные и микроорганизмы, по принципу прямой и обратной связи биоты, педосферы и атмосферы [11].

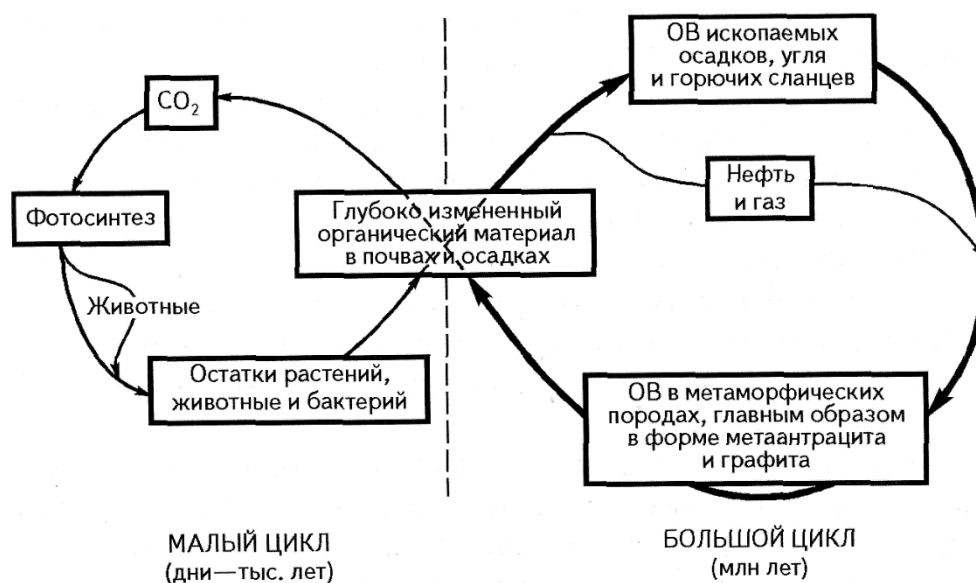


Рисунок 1 – Схема глобального цикла углерода

Главные компоненты, обеспечивающие малый круговорот углерода: все зеленые растения, преобразующие неорганическое вещество в органические составляющие; все группы животных; бактерии и грибы, преобразующие органические остатки в неорганические соединения. Малый и ландшафтный циклы углерода относятся к наземным круговоротам, так как протекают на суше.

Биосферный цикл углерода - непрерывный процесс преобразования и миграции углерода в системе «верхние слои литосферы - океан - нижняя часть атмосферы», отличающийся масштабностью [5].

Данный круговорот характеризуется как биологическими, так и геологическими процессами, в совокупности обеспечивающими миграцию углерода между литосферой, гидросферой и атмосферой. Круговорот углерода в биосфере протекает в двух средах: литосфере и гидросфере, связующим звеном которых является граница океана и атмосферы. Цикл, протекающий в гидросфере, характеризуется автономностью, за счет растворения диоксида углерода в морской воде и усвоения фитопланктоном, после чего рыбы потребляют углерод, а кислород используют в дыхании.

1.2. Круговорот азота

Круговорот азота — охватывает все составные части биосферы и является одним из важнейших биогеохимических циклов.

Основными процессами, в результате которых азот поступает на поверхность земли, являются извержения (наземный и подводный вулканизм) и процессы ионизация атмосферы (азот попадает в океан и на земную поверхность с осадками).

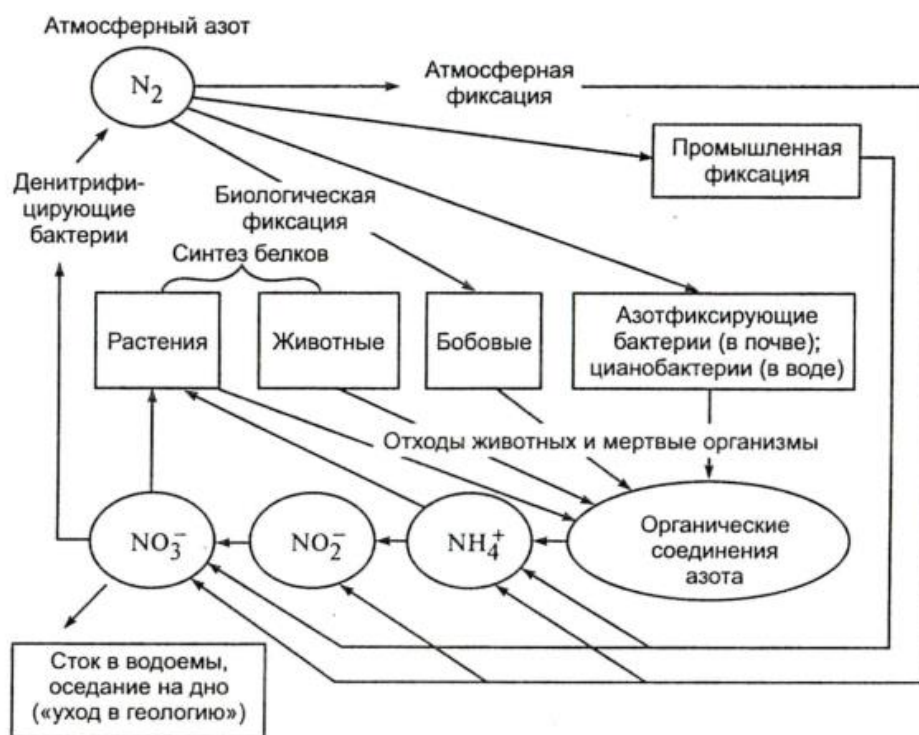


Рисунок 2 – Схема глобального цикла азота

Немаловажный источник азота - биологическая фиксация, осуществляемая микроорганизмами (например, клубеньковыми бактериями-симбионтами).

В педосфере биологический азот проходит через непрерывны процессы превращений, в результате которых происходит изменение его валентности.

В доступной для растений форме азот образуется в результате микробиологических превращений. К факторам, влияющими на интенсивность нитрификации, относятся: физические свойства почв, температурный режим, климатические и почвенные особенности.

При разложении азотсодержащей органики (аммонификация) в почвах накапливаются соли аммония и прочие азотсодержащие соединения. Глубокое разложение азота обусловлено присутствием кислорода, в отсутствии кислорода органическое вещество разлагается до полипептидов и аминокислот. К конечным продуктам аммонификации относят метан, углекислоту, водород, аммиак и воду.

Круговорот азота — это не замкнутый процесс, так как часть азота возвращается в атмосферу под действием бактерий в результате денитрификации. Азот поступает в атмосферу в результате деятельности бактерий-денитрификаторов, которые разлагают нитраты в азот. Наибольшую активность данные бактерии проявляют в богатых углеродом и азотом почвах.

Одним из путей выхода азота из круговорота является захоронение органики в закрытых водоемах. На сушу и в океан азот может поступать с речным стоком. Объем азота, ежегодно поступающий в океан многократно меньше объема, захватываемого живым веществом на суше. Круговорот азота в океане мало изучен. Содержание азота в океане характеризуется биохимическими процессами (минерализацией азотсодержащей органики планктоном и фиксацией элементарного азота сине-зелеными водорослями).

1.3. Основные антропогенные источники эмиссии CO₂ и N₂O в атмосферу

Парниковые газы – это газы с высокой прозрачностью в видимой части теплового инфракрасного диапазона. Концентрации углекислого газа, метана и закиси азота являются основными естественными парниковыми газами Земли [23]. Увеличение их в нижних слоях атмосферы ведет к чрезмерному парниковому эффекту, что является основной причиной глобального потепления.

Парниковый эффект – это процесс накопления и удержания тепловой энергии в атмосфере Земли, вызванный естественными факторами, такими как выбросы парниковых газов, таких как углекислый газ и закись азота. Парниковый эффект приводит к увеличению температур на поверхности Земли, а также к изменениям в климатических условиях, включая повышение уровня морей и изменение общей погоды. Экологические последствия парникового эффекта могут быть значительными для живых организмов и

экосистем, при этом может возникнуть угроза для здоровья и благополучия человечества в целом.

В городских ландшафтах содержание диоксида углерода (CO_2) изменяется из-за различных антропогенных факторов. Например, сжигание топлива и отходов приводит к выделению углекислого газа в атмосферу, а также к изменению структуры почвы и снижению уровня органических веществ в почве. В то же время, посадка и уход за растениями в городской среде поможет повысить уровень фотосинтеза и увеличить запас углерода в растительной биомассе [26].

В сельскохозяйственных угодьях, использование удобрений и пахота почвы может привести к увеличению содержания углерода в почве [3].

Кроме того, деятельность человека может приводить к изменению природных экосистем и их способности поглощать углерод. Вырубка лесов для сельского хозяйства или застройки городов приводит к сокращению запасов углерода в растительности и почве, что увеличивает выбросы углерода в атмосферу [11].

Таким образом, в антропогенных ландшафтах круговорот углерода может быть изменен из-за множества факторов, и понимание этих процессов является важным для сбалансированного управления и сохранения экологической устойчивости в данных ландшафтах.

Цикл азота также изменяется в антропогенных ландшафтах. Сельское хозяйство использует много азотных удобрений, которые ведут к высокому содержанию азота в почве и повышенной концентрации нитратов в грунтовых водах. В городах, загрязнение воздуха также может привести к образованию азотных соединений, которые в итоге выпадают на землю в виде осадков, из-за чего повышается уровень азота в почве [26].

Также, промышленные выбросы и автомобильные выбросы могут приводить к выбросам окислов азота в атмосферу, что в свою очередь предрасполагает к кислотификации почвы и водных ресурсов.

Некоторые процессы способствуют повышению запасов азота в почвах. К примеру, промышленный депонированный азот может увеличить содержание азота в почве, что может быть полезным для роста растительности.

Поэтому, понимание круговорота окиси азота в антропогенных ландшафтах является важным для того, чтобы предотвратить негативные последствия избыточного содержания азота в экосистемах. Одним из возможных подходов является использование устойчивых методов сельского хозяйства, таких как ротационное пастбищное хозяйство, которые могут способствовать снижению использования удобрений и сокращению выбросов окислов азота в атмосферу.

ГЛАВА 2. Городские почвы, основные отличия от естественных аналогов

Современные городские ландшафты — это уникальные урбаноэкосистемы, где почва играет ключевую роль в обеспечении жизни и здоровья горожан. Она выполняет значимые функции, влияя на физико-химический состав воздуха, подземных вод и атмосферных осадков, а также регулируя содержание вредных веществ в окружающей среде. Однако, из-за неумеренной антропогенной и техногенной нагрузки, крупные города сталкиваются с проблемой деградации, уменьшения плодородия и защитных свойств почвы [12].

На целостность почвенного покрова влияет воздействие множества факторов: домашней и промышленной деятельности, населенных пунктов, сельского и лесного хозяйства, водохозяйственных и рекреационных зон. Однако на сегодняшний день естественный почвенный слой в большинстве крупных городов практически уничтожен и существует только в виде отдельных участков в парках и скверах. Вместо естественной почвы, в городах появились урбаноземы, образованные смешением и загрязнением естественной почвы строительными материалами, промышленными отходами, бытовым мусором и нефтепродуктами. Уплотнение, нарушение структуры и загрязнение этих покровов влияют не только на растительный мир, но также могут оказать негативное воздействие на здоровье горожан [26].

Городские почвы – это изменившиеся под воздействием человеческой деятельности вещества, подверженные процессам переработки, перемешивания и загрязнения, в результате чего образуется новый поверхностный слой, который может быть толщиной до 50 см. В этих почвах можно заметить два вида техногенного воздействия: загрязнение и преобразование. Первое происходит при интродукции в почвы элементов, не свойственных им по своей природе, а также нарушения внутрипочвенных связей. Второе же – это результат полной деградации почв, при которой

консервативные показатели, такие как химический состав, рН и почвенный поглощающий комплекс, претерпевают коренные изменения.

Материнская порода почвы, часто представляет собой насыпные, намывные или перемешанные грунты, а также культурный слой. Почвенный покров в крупных городах имеет характерную неоднородность и высокую контрастность, связанную с богатой историей развития города, перемешиванием погребенных разновозрастных исторических почв, а также культурных слоев. В центре крупных городов России почвы формируются на мощном культурном слое, наследие прошлых эпох, в то время как на окраинах и в районах нового строительства, процесс почвообразования идет на свежих насыпных или перемешанных грунтах.

В городах часто можно наблюдать поверхностное захламление почв, что является одной из характерных особенностей городской среды. При строительстве городских объектов гумусовый горизонт часто подвергается разрушению, что приводит к формированию специфического типа почвенного покрытия, в котором строительный и бытовой мусор - кирпичная крошка, разбитое стекло, куски асфальта - смешиваются с компостами и торфопесчаниками. Это приводит к снижению плодородия почвы и затрудняет механизированную обработку земли. Наличие камней и мусора в городских почвах оказывает негативное воздействие на почвенный состав и способствует появлению различных проблем с землеустройством и сельским хозяйством в городских территориях [21].

Снижение плодородия городских почв связано с ежегодным отчуждением растительного опада в осенний период. При уборке листьев и других растительных остатков из биологического круговорота исключаются многие элементы, что приводит к сокращению содержания органического вещества в городских почвах. Регулярная уборка растительных остатков также приводит к голоданию городских растений. Кроме того, регулярное скашивание газонов ухудшает качество почв и ведет к снижению плодородия городских земель, так как сокращаются биологические и химические

процессы в почве, отвечающие за поддержание богатой почвенной микрофлоры. В городских почвах также отсутствуют многие полезные и непреходящие члены почвенного сообщества, такие как дождевые черви. В результате, городские почвы могут быть стерильны почти до метровой глубины, что мешает превращению мертвых органических остатков в легкоусвояемую форму для корней растений [12].

Городские почвы отличаются от зональных почв естественных ландшафтов рядом характерных особенностей, прежде всего - большим разбросом величин химических показателей. Одной из особенностей городских почв является повышенное содержание органического углерода, а также обогащение сажей, которое может достигать до 5% вместо нормальных 2-3%. Содержание органического углерода зависит от богатства перегноем того субстрата, из которого они образовались, а также от способа ухода и применения удобрений и компостов. В пробах почв, отобранных вблизи дорог, очень часто наблюдается большое содержание органического углерода. Это связано с загрязнением городских почв сажей, нефтепродуктами и выхлопными газами от автотранспорта, и не отражает реального содержания гумуса. Таким образом, изменение химических показателей городских почв связано с рядом факторов, включая загрязнение, применение удобрений и компостов, а также воздействие автотранспорта и других источников загрязнения в городской среде [1].

Щелочная техногенная трансформация свойств почв — это важное явление, которое происходит под влиянием различных факторов. Например, в городской среде пыль содержит макроэлементы, такие как железо, кальций и магний, которые могут привести к ожелезнению и карбонатизации почв. Первый процесс происходит при связывании многих металлов в труднорастворимые карбонаты, а второй процесс ведет к увеличению щелочности и насыщению поглощающего комплекса основаниями. В центральных частях крупных городов формируются антропогенно-преобразованные нейтрально-слабощелочные почвы с рН, достигающим 8-9.

Они играют роль карбонатного геохимического барьера, который может сказаться на почвенной флоре и фауне. При этом щелочная техногенная трансформация городских почв может уменьшить возможность выноса и миграционную способность многих поллютантов, в том числе тяжелых металлов, что в конечном счете может быть опасным для окружающей среды. Почему так происходит — это достаточно сложный физико-химический процесс, который требует более подробного исследования. Однако, можно заметить, что в степной и пустынной зонах процессы карбонатизации почв менее заметны [8].

Городские почвы находятся под угрозой загрязнения токсичными промышленными отходами, включая тяжелые металлы и нефтепродукты. Такие загрязнения нарушают естественное состояние почвы и могут представлять угрозу для здоровья человека. Наибольшая опасность находится в области городских аномалий тяжелых металлов, которые образуются в результате деятельности промышленности, теплоэнергетики, автотранспорта и муниципальных отходов. Показатели загрязнения почв особенно существенны в верхних слоях, которые искусственно создаются в городах и содержат в 4-6 раз больше тяжелых металлов, чем обычные фоновые значения. За прошедшие 15 лет количество земель с тяжелыми металлами возросло на треть в городских населенных пунктах, включая участки новых строительства. Такая опасность связана не только с промышленными объектами, но и мобильными источниками загрязнения, в первую очередь - автотранспортом. В настоящее время количество выбросов в атмосферу от автомобильного транспорта составляет до 90 % всех загрязнений в городах. Почти половина вредных веществ, попадающих в организм человека, приходится на почвенную пыль, что усугубляет ситуацию [15].

В городах регулярно используют большое количество песка для борьбы с гололедом, что приводит к незначительному облегчению гранулометрического состава поверхностных слоев почв в прилегающих к дорогам участках. Тем не менее, из-за работы уборочных машин и влияния

ветра песок распространяется на значительные расстояния и в конечном итоге приводит к росту профиля городских почв.

Кроме того, уровень радиоактивного загрязнения городских почв значительно выше, чем у естественных почв, благодаря применению радиоактивных веществ на многих предприятиях.

Эоловый напыл, в свою очередь, привносит в городские почвы различные материалы, что также влияет на гранулометрический состав городских почв. В результате, большинство проб имеет легкий (супесчаный или легкосуглинистый) гранулометрический состав.

Городские почвы, находящиеся под воздействием асфальтовых покрытий, становятся менее экологически функциональными из-за уплотнения и загрязнения. Это приводит к ограничению газообмена и микропарниковому эффекту. Уличные растения также сталкиваются с необычной тепловой ситуацией, когда температура подземных органов выше, чем надземных, из-за нагрева асфальта в жаркие дни. Осенью и зимой городские почвы выхолаживаются и промерзают до $-10... -15\text{ }^{\circ}\text{C}$, что приводит к большому перепаду температур в корнеобитаемом слое до $40-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $15-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ больше, чем в естественных условиях. Для создания зеленых насаждений в городах используются искусственные почвы, такие как грунты, вывозимые с участков сельскохозяйственного назначения, торфо-песчаные смеси и компосты различного состава. Они могут содержать гумусовые горизонты, рыхлые горные породы, различные виды торфа, сапрпель и биокомпосты [24].

При производстве растительных грунтов в качестве основных компонентов могут быть использованы гумусовые горизонты, изымаемые при строительстве различных сооружений, рыхлые горные породы, добываемые в карьерах и изымаемые при строительстве различных сооружений, а также различные виды торфа, сапрпель и биокомпосты, получаемые при компостировании различных видов навоза, птичьего помета, древесных опилок, растительных остатков и др.

Создание искусственных почв является необходимым условием для устройства зеленых насаждений в городах. Однако, необходимо учитывать свойства привезенного грунта и его влияние на экологическую функциональность городских почв.

Таким образом, городские почвы отличаются от естественных аналогов комплексом свойств, вызванных воздействием антропогенного фактора. Для поддержания пригодности почв для использования в городских условиях необходима система мониторинга состояния почв, регламентирующая использование городской территории, и мероприятия, направленные на восстановление натуральных свойств почвы.

ГЛАВА 3. Характеристика природно-антропогенных условий района исследования

3.1. Климат

Невский район, как одна из составных частей города Санкт-Петербург, расположен в зоне приморского климата с чертами умеренно-континентального (умеренно мягкие зимы и умеренно теплое лето).

По данным многолетних наблюдений среднегодовые изменения температур составляют $5,6^{\circ}\text{C}$. Кумулятивное изменение среднегодовой температуры в городе за всю историю наблюдений составляет 2°C , средняя температура холодных месяцев - $3,4^{\circ}\text{C}$, средняя температура теплых месяцев - $0,5^{\circ}\text{C}$.

Поскольку количество осадков превышает испарение на 200-250 мм, влажность воздуха в Санкт-Петербурге довольно высокая, около 80% (60-70% в июне-августе и 83-88% декабре-феврале). Число дней с относительной влажностью, превышающей 80% колеблется в пределах 140-155.

Из-за уникального расположения, Санкт-Петербург находится в районе с крайне высокой влажностью. Среднегодовое количество осадков в городе находится в пределах 649-655 мм. Количество осадков в основном определяется интенсивностью систем низкого давления.

Летом в Санкт-Петербурге выпадает 67% годовых осадков, наиболее дождливые месяцы - июль и август. Зимой выпадает лишь 33%, февраль является наименее пасмурным месяцем.

Одной из основных характеристик осадков является их интенсивность. Зимой интенсивность низкая, в среднем 0,2-0,4 мм/час. Летом интенсивность увеличивается до 1,1-1,3 мм/час из-за сильных дождей [20].

3.2. Геоморфология

Геологическое строение Санкт-Петербурга является уникальным благодаря сочетанию Балтийского щита и Русской платформы. Кристаллический фундамент, состоящий в основном из гранитоидных пород, залегает на глубине от 140 м до 300 м. Наиболее молодыми дочетвертичными образованиями являются породы наровского горизонта среднего девона, представленные мергелями и доломитами с прослоями глин. Четвертичные отложения практически полностью покрывают поверхность города и имеют частую литологическую изменчивость.

Санкт-Петербург расположен в Приневской низменности, которая относится к Восточно-Балтийской области низменных плоских озерно-ледниковых равнин. Первая терраса, расположенная на водоразделе между Ладожским озером и Финским заливом, имеет высоты 12-25 метров. Она была создана Балтийским ледниковым озером и занимает большую часть территории. Вторая терраса, образованная затоплением Литориновым морем, находится вдоль Финского залива и расширяется на местах, где ранее располагались моря и заливы. Эти две террасы являются не только уникальным природным явлением, но и свидетельством далеких исторических событий, которые произошли на территории Приневской низменности [13].

3.3. Растительность и животные

Санкт-Петербург расположен в уникальной зоне южной тайги, где на 2% территории раскинулись переходные и верховые болота. Большая часть торфяников была осушена и разработана, а искусственные зелёные насаждения занимают 44 км². Под хвойными лесами процветают разнообразные подзолы, в то время как под мелколиственными лесами и сельскохозяйственными угодьями можно найти дерново-подзолистые и дерново-глеевые почвы. Торфянисто-глеевые и болотные торфяные почвы преобладают на заболоченных территориях.

Биота Санкт-Петербурга представляет собой уникальную смесь растительных и животных видов, которые адаптировались к сложным условиям этого региона. В хвойных лесах процветают такие виды деревьев, как ель, сосна, лиственница, а также кустарники и травы. В зонах смешанных лесов можно найти березу, осину, ясень, липу и дуб.

Среди животных наиболее распространены грызуны, такие как мыши, кроты, белки и барсуки. Также в регионе встречаются различные виды птиц, в том числе синицы, голуби, вороны и дятлы. В болотистых зонах можно наблюдать лягушек, змей и различных насекомых.

Одним из основных проблем для биоты Санкт-Петербурга является антропогенное воздействие. Застройка и инфраструктура города приводят к уменьшению природных зон и нарушению экосистем. Однако в последние годы проводятся меры по сохранению природных ресурсов, такие как создание заповедных территорий и охраняемых зон [25].

ГЛАВА 4. Объекты и методы исследования

4.1. Парк культуры и отдыха им. И. В. Бабушкина

Парк культуры и отдыха имени Бабушкина расположен на левом берегу Невы, в квартале, ограниченном улицами Бабушкина, Фарфоровской, и проспектами - Железнодорожным и Обуховской Обороны, в пешей доступности (в 300 метрах) от станции метро Ломоносовская. С трех сторон парк «зажат» многоэтажными зданиями, а одна сторона – набережная Невы. Его площадь совсем небольшая и составляет всего 0,139 км² (1,4 га).

При этом, парк - старейший зеленый массив Невского района. Он был основан еще во второй половине 18 века, во времена правления Екатерины II, когда на юге от Санкт-Петербурга, ограниченного Обводным каналом, в лесном массиве на левом берегу Невы был построен охотничий замок для императрицы. Поблизости стали возводиться дачи придворных царского двора - Куракина, Чернова, Апраксина и других.

В конце XIX века местные промышленники обустроили данную территорию для народных гуляний рабочих окрестных предприятий, т.к. Невский район в данный период времени стал районом заводов и фабрик. Имя революционера Ивана Васильевича Бабушкина было присвоено парку примерно в 1925-1926 годах.

В настоящее время на его территории расположены многочисленные аттракционы с колесом обозрения, кафе, крытые футбольные поля, картинг, веревочный парк. Круглый год работает крытый каток, а зимой работают ледяные горки. У «Парка сказок» есть свои легенды – «Дерево верности» и «Скамейка примирения». В 2018 году в парке открылся Музей динозавров «Динопарк».

На рисунке 3 представлено территориальное расположение парка им. Бабушкина. Парк является объектом, представляющим историческую, научную, художественную и культурную ценность, является любимым местом отдыха как жителей Невского района, так и других горожан, и гостей города. Любой посетитель может выбрать вид отдыха, который ему по вкусу – от простой прогулки по тенистой аллее до катания на лодке, т.к. внутри парка располагается небольшой замкнутый водоём. Основа его питания – подземные воды и дожди [18].

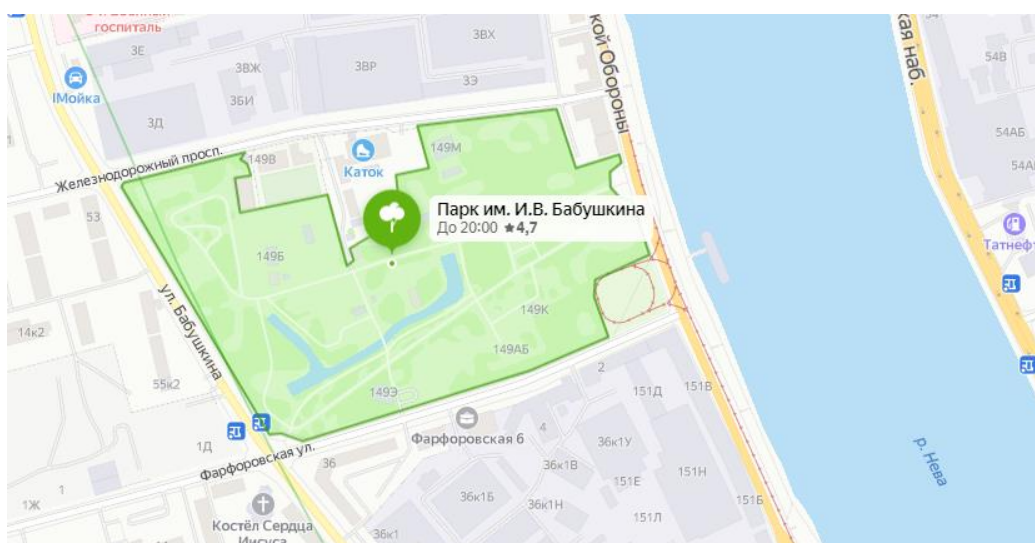


Рисунок 3 – Парк им. И.В. Бабушкина в г. Санкт-Петербург

Из-за неблагоприятных экологических факторов, присущих современному городу Санкт-Петербургу в целом (загрязнение воздуха и воды, постоянная антропогенная нагрузка, суровый гидрологический и климатический режимы) и постоянных мероприятий по благоустройству территории парка проводится постоянный экологический мониторинг за состоянием окружающей среды.

4.2. Растительность территории парка Бабушкина

Культурная флора парка начала создаваться и обогащаться его жителями с самых первых лет существования, однако интродукция и акклиматизация растений, не характерных для территории, расположенной на границе Средней и Южной Тайги в условиях сурового климата имела значительные трудности [7].

Растительность парка им Бабушкина в пределах его границ достаточно трансформирована. Здесь в напочвенном покрове формируется в основном мохово-злаковый покров наряду с типичными видами сорных и рудеральных растений. Декоративные деревья и кустарники, произрастающие на территории парка им. Бабушкина достаточно разнообразны и в основном представлены: Липой мелколистной (*Tillia cordata*) – 46 штук, Березой повислой (*Betula pendula*) – 43 штуки, Тополем белым (*Populus alba L.*) - 37 штук. Также встречаются Ель серебристая (*Picea pungens*) – 29 штук, остальных деревьев в среднем по 15 штук: Ясень широколистный (*Fraxinus L.*), Клен остролистный (*Acer platanoides*), Дуб черешчатый (*Quercus robur*), Вяз шершавый (*Ulmus glabra*). Из кустарников: акация, шиповник, орех, жасмин, спирея и сирень.

В напочвенном покрове преобладают моховый покров, а также следующие злаки: Ежа сборная (*Dactylis glomerata*), Полевица тонкая (*Agrostis capillaris*), Вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea*), Луговик дернистый (*Deschampsia caespitosa*), Мятлик луговой (*Poa pratensis*), Купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*), виды нарушенных местообитаний – Гравилат городской (*Geum urbanum*), Крапива двудомная (*Urtica dioica*), Мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*). Встречаются также такие растения, как ландыш майский (*Convallaria majalis*), ежевика неская (*Rubus nessesensis*), ветреница дубравная (*Anemonoides nemorosa*) и некоторые др.

4.3. Почвенный покров парка


В городских районах почвы подверглись значительным преобразованиям в результате антропогенной деятельности. В настоящее время они представляют собой перемешанные насыпные слои различных грунтов с гумусовыми слоями, под которыми скрыты естественные почвы. Они относятся к урбоноземам, экраноземам и урбостратоземам в современной классификации.

Почвенный покров парка им. Бабушкина относится к так называемым урбоноземам [12]. Естественные почвы залегают под глубиной антропогенной толщи – результат преобразования территории в послевоенное время. Принято считать, что урбоноземы выполняют экологические функции естественных почв и вследствие этого могут рассматриваться как почвы. В международной классификации (WRB) все городские почвы включены в реферативную группу Техносолей [29].

Для почвенного покрова парка характерна мозаичность. Целенаправленное преобразование почвенного покрова было связано с посадкой декоративных насаждений, мелиоративными мероприятиями, созданием пруда, прокладкой дорожек, а также строительством парковых сооружений, поэтому выделяются мозаики урбостратоземов (почв, с нанесенным органическим горизонтом на техногенный грунт), абрадированных почв (со срезанным гумусовым горизонтом, а на дневную поверхность выходит сохранившийся срединный горизонт, почва относится к отделу абраземов), а также стратоземов (формируемых под травянистой растительностью близ водоема).

Описание полуямы урбостратозема представлено в таблице 1. Дневная поверхность преимущественно представлена мхами, злаковой и сложноцветной растительностью. Рядом произрастают клены и липы, кроме того, встречаются прошлогодние листья, ветки.


Таблица 1 - Описание урбостратозема серогумусового легкосуглинистого (урбанозема)

| Почва | Горизонт | цвет | Физические характеристики | Включения |
|--|--------------------|---|---|--|
| Рекультивационный компостно-гумусовый горизонт | | | | |
|  | Ur 1 ay 0-22 см | Серовато- бурый | Влажный, плотный, мелко и среднекомковатый, легкосуглинистый | Пронизан корнями растений, включения – битые кирпичи, камни, стекло |
| Переход в следующий подстилаемый техногенный горизонт четкий по цвету, граница неровная | | | | |
| | Ur 2 22-38 см | Слои коричневого , серого и бурого цвета | Влажный, крупнокомковатый, плитчатый, плотный | Единичные корни, камни, кирпичи, угли, керамика |

Описание полуямы абродированной почвы представлено в таблице 2. В напочвенном покрове представлены злаковые, встречаются прошлогодние листья, ветки


Таблица 2 - Описание аброзема песчаного (урбанозема)

| Почва | Горизонт | цвет | Физические характеристики | Включения |
|-------|----------|------|---------------------------|-----------|
| | | | | |

| | | | | |
|---|--------------|---|---|--|
|  | Ur 0-5 см | Сверху слой пыли и грязи, далее - темно-серый с желтовато-коричневыми пятнами | Бесструктурный, плотный, увлажненный, песчаный; | Редкие корни растений включения антропогенного характера |
| Переход в следующий горизонт четкий по цвету, граница неровная | | | | |
| | B 5-15 см | Светло-серый и желтовато-коричневаты й | Увлажненный, плитчатый, плотный, песчаный | Единичные корни, камни, кирпичи, угли |

Описание почвы стратозема серогумусового глееватый представлено в таблице 3. Злаковые травы.

Таблица 3 - Описание стратозема серогумусового глееватого (урбаноземы)

| Почва | Горизонт | цвет | Физические характеристики | Включения |
|---|-----------------|------------------------------|---|---|
| стратифицированные горизонты верхней водно-аккумулятивной части | | | | |
|  | Ur g 0-13 см | Темно-серый с сизыми пятнами | Крупно комковатый, плотный, увлажненный, среднесуглинистый; | Корни растений включения антропогенного характера |
| Переход в следующий горизонт четкий по корням, граница неровная | | | | |
| | RY1 13-23 см | Слои светло-серого и | Увлажненный, плитчатый, плотный, слой песка | Единичные корни, камни, кирпичи, угли |

| | | | | |
|--|-----------------|-----------------------------|---|-----------------|
| | | желтовато-коричневого цвета | и сизой глины, плитчатый | |
| Переход в следующий горизонт четкий по цвету, граница неровная | | | | |
| | RUG 23-44 см | Сизого цвета | Влажный, плотный, глыбистые отдельности, встречаются мелкие валунчики, тяжелый суглинок | Единичные корни |

4.4. Методы исследования

4.4.1 Схема мест отбора образцов почв и установки камер для анализа эмиссии CO₂ и N₂O

Исходя из различий растительности и условий почвообразования были выбраны 3 участка: 1- урбостратозем, 2- аброзем и 3 – стратозем (рисунок 4).



Рисунок 4 - Схема расположения участков с различным почвенным покровом в парке им. Бабушкина для изучения эмиссии парниковых газов.

Неоднородность почв приводит к неоднородности параметров углеродного и азотного баланса, различиям в их биологической активности и эмиссии парниковых газов.

4.4.2 Климатические условия

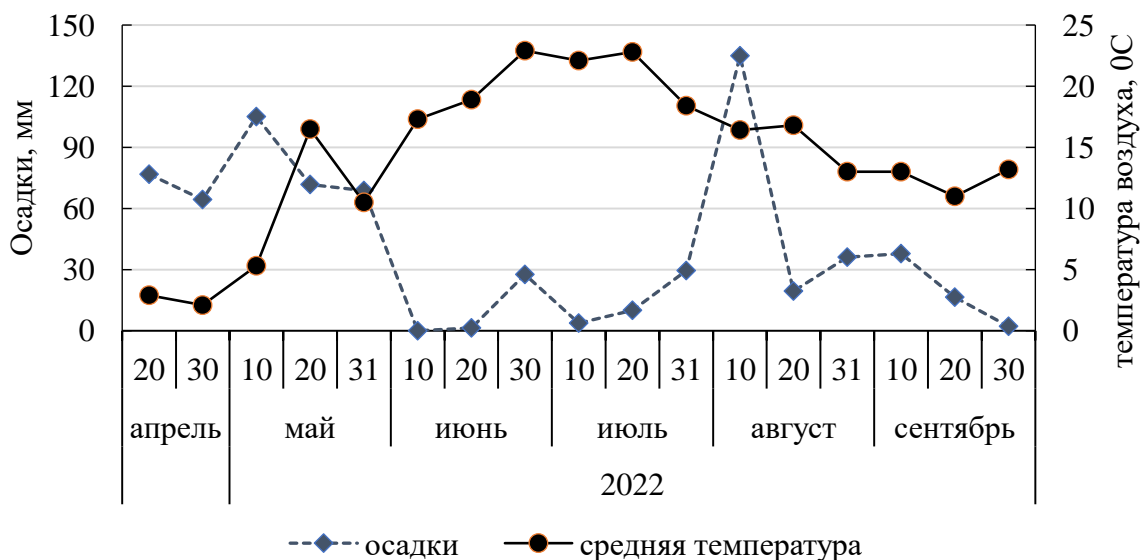


Рисунок 5 - Климатические показатели местности за вегетационный период 2022 года

Как видно из представленного графика, характер динамики среднесуточной температуры воздуха в вегетационный период 2022 года описывался волнообразной кривой. Май оставался достаточно холодным месяцем, среднесуточная температура воздуха по декадам варьировала от +5,3 в начале месяца до +16,5°C в середине месяца. В первой декаде мая наблюдались периодические заморозки с температурами воздуха в утренние часы до минус 0,5 °C. С конца мая до конца июля средняя температура воздуха постепенно возрастала и превысила среднесуточные значения +20 °C в конце июня, однако в первой и во второй декадах июня наблюдали резкое варьирование температур воздуха в дневные и ночные часы, достигавшие значений +25°C днем и +3°C в ночное время. В июле, в течение первых двух

декад, наблюдали максимальные средние температуры воздуха, достигавшие в дневное время значений +32 °С. С третьей декады июля отмечено снижение среднесуточной температуры воздуха до +16°С с дальнейшим падением к концу вегетационного периода до +14 °С. В сентябре наблюдалось снижение среднесуточной температуры воздуха до значений +6,2°С.

Распределение осадков в течение данного периода было неравномерным. В среднем за вегетационный период их количество составило 536 мм, что позволяет утверждать, что период был умеренно-влажным. Первая декада мая была наиболее влажной, выпало до 105 мм осадков, в то время как в последующие декады данного месяца выпадало в среднем по 65 мм осадков. Июнь и июль 2022 года оказались засушливыми месяцами (выпало всего в сумме за два месяца до 65,2 мм осадков), тогда как в августе выпало в среднем в 3 раза больше осадков, чем за два предыдущих летних месяца (190 мм осадков).

4.4.3 Отбор почвенных образцов.

Отбора почвенных образцов для проведения химического анализа проводился по ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы - в соответствии с требованиями при помощи бура тростевого, обеспечивающего глубину отбора единичной пробы на глубину 25 см. Точечные пробы отбирались на пробных площадках на разных горизонтах методом конверта. С каждого участка отбиралось до 20 точечных образцов, которые объединялись и смешивались в единый образец, весом до 1 кг. Образцы доставлялись в лабораторию, где они были просушены в естественных условиях, измельчены и просеяны через сито до 1,0 мм, для того чтобы отделить крупную минеральную составляющую, и подготовлены для дальнейшего анализа.

4.4.4 Химические анализы

- определение рН по методу ЦИНАО. Сущность метода заключается в извлечении обменных катионов, нитратов и подвижной серы из почвы раствором хлористого калия концентрации 1 моль/дм (1 н.) при соотношении почвы и раствора 1:2,5 и потенциометрическом определении рН с использованием стеклянного электрода [10].

- определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. Метод основан на окислении органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества, на фотоэлектроколориметре [9].

- содержание минерального азота в почве значительно изменяется в течение вегетационного периода. Данные изменения вызваны множеством факторов, а именно, поглощение растениями, протеканием микробиологических процессов (аммонификация, нитрификация, иммобилизация, денитрификация), эрозия и т.д. Реальное содержание минерального азота и обеспеченность растений доступными формами азота можно увидеть только в срок взятия образца, поэтому необходимо оценку проводить в динамике, т.е. несколько раз в течение вегетации растений.

Расчёт результатов: $N_{\text{мин}}, \text{ мг/кг почвы} = N\text{-NO}_3 + N\text{-NH}_4$, где $N\text{-NO}_3$ – содержание нитратного азота, мг/кг почвы; $N\text{-NH}_4$ – содержание аммонийного азота, мг/кг почвы.

Определение нитратов по методу ЦИНАО (ГОСТ 26488-85). Сущность метода заключается в извлечении нитратов из почвы раствором хлористого калия, последующем восстановлении нитратов до нитритов гидразином в присутствии меди в качестве катализатора и фотометрическом определении их в виде окрашенного диазосоединения.

Определение обменного аммония по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-85). Сущность метода заключается в извлечении обменного аммония из почвы

раствором хлористого калия, получении окрашенного индофенольного соединения, образующегося при взаимодействии аммония с гипохлоритом и салицилатом натрия в щелочной среде и последующем фотометрировании окрашенного раствора.

4.4.5 Отбор образцов почвенного воздуха методом закрытых камер

Изучение прямых эмиссий CO_2 и N_2O осуществлялось методом закрытых камер [6]. Метод закрытых камер представляет собой один из наиболее распространенных подходов к измерению газовых потоков с поверхности почвы. Данный метод позволяет отбирать пробы почвенного воздуха и измерять в них концентрацию интересующего газа. Суть метода закрытых камер заключается в измерении прибыли (эмиссии) или убыли (поглощение) массы газа в ограниченном емкостью камеры-изолятора объеме в течение фиксированного срока экспозиции и последующем расчете по измеренной величине искомого потока. Преимущество использования таких камер в том, что они достаточно просты в использовании и не требуют совершенно точного и быстрого аналитического оборудования [32]. Для изготовления камер используются разнообразные подручные материалы, в нашем случае – пластиковые ведра, в дно которых вмонтированы трехходовые краны для отбора воздуха.

На данный момент для исследований используются ручные (механические) (закрываются и открываются вручную), и автоматические (закрываются и открываются с помощью пневматической системы автоматически) камеры. Они могут сильно варьировать по размеру, но принцип их работы един: камера устанавливается на почвенной поверхности на определенное время, в течение которого отбираются образцы почвенного воздуха для дальнейшего анализа на содержание определенных газов [30]. Механические камеры требуют большей рабочей силы и количество отборов проб ограничено, но благодаря их низкой стоимости измерения можно

проводить на больших участках с большим количеством точек отбора. Использование автоматических камер позволяет производить частые измерения в течение более длительного периода, но из-за высокой стоимости их применение ограничено малыми площадями (участки менее 25 м²). Важно учитывать, что использование камер нарушают целостность почв и вызывают изменения почвенного микроклимата. Поэтому их использование возможно только на короткий время. Время, на которое камеры закрываются определяется техникой, используемой для измерения концентрации определенного газа [28, 32].

В данной работе использовались пластиковые камеры с трехходовым краном. Время экспозиции камеры составляло 60 минут. Отбор проб воздуха из камеры осуществлялся с помощью 60-мл шприцов, которые переносились в герметично закрытые пенициллиновые флаконы.

Анализ концентрации CO₂ и N₂O в образцах воздуха из почв с биоуглем - на газовом хроматографе Кристаллюкс-4000М, оснащенный детектор по теплопроводности (ДТП) и детектором электронного захвата (ДЭЗ). Чувствительность данных детекторов позволяет измерять концентрации изучаемых газов в атмосферном воздухе с ошибкой 1%.

ГЛАВА 5. Полученные результаты

Для проведения анализа эмиссии диоксида углерода и закиси азота из почв парка им. Бабушкина, важно иметь представление о содержании в почвах органического углерода и минерального азота в дни проведения измерений эмиссии парниковых газов, о различиях этих показателей между участками и временными интервалами.

Данные по содержанию органического углерода в почвах парка на выбранных участках представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Содержание органического углерода в почве парка им. Бабушкина на выбранных участках

| Пок-ль | 24.04.22 | 14.05.22 | 19.06.22 | 24.07.22 | 16.08.22 | 19.09.22 | 23.10.22 | Среднее значение |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| 1 участок | 30,6±5,6 | 29,8±6,1 | 27,5±5,8 | 25,3±0,5 | 27,6±1,7 | 22,9±0,8 | 24,7±0,4 | 26,9 |
| 2 участок | 14,3±4,5 | 14,3±4,7 | 15,1±3,9 | 14,6±1,7 | 16,2±5,0 | 14,9±1,5 | 13,9±2,0 | 14,8 |
| 3 участок | 36,3±2,1 | 36,3±2,7 | 34,5±1,9 | 28,3±5,8 | 37,4±1,3 | 34,9±1,2 | 33,9±2,3 | 34,5 |

Наибольшее количество органического углерода содержится на 3-ем участке, где среднее содержание органического углерода в почвах по всему периоду наблюдений в 1,3 раза больше, чем на 1-м участке (34,5 г/кг и 26,9 г/кг соответственно) и в 2,3 раза больше, чем на 2-м участке (34,5 г/кг и 14,8 г/кг соответственно). На 1-м и 3-ем участках максимальное содержание органического углерода наблюдалось 24.04.22 (30,6±5,6 г/кг и 36,3±2,1 г/кг соответственно), в то время как на 2-м участке максимум наблюдался 16.08.22

(16,2±5,0 мг/кг). Минимумы содержание органического зафиксированы в следующие даты: на 1-м участке 19.09.22 (22,9±0,8 г/кг), на 2-м участке 23.10.22 (13,9±2,0 г/кг), а на 3-ем участке 24.07.22 (28,3±5,8 г/кг).

В таблице 5 представлены данные по содержанию минерального азота в почвах выбранных участков.

Таблица 5 - Содержание минерального азота в почве парка им. Бабушкина на выбранных участках

| Пок-ль | 24.04.22 | 14.05.22 | 19.06.22 | 24.07.22 | 16.08.22 | 19.09.22 | 23.10.22 | Средние значения |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| 1 участок | 10,4±4,4 | 5,3±3,0 | 7,2±0,7 | 6,8±1,5 | 13,5±1,9 | 8,4±1,5 | 4,9±0,8 | 8,1 |
| 2 участок | 12,6±4,0 | 10,5±6,6 | 6,1±1,1 | 5,5±1,1 | 8,2±2,5 | 6,9±2,0 | 4,3±1,4 | 7,7 |
| 3 участок | 10,6±0,1 | 14,8±2,6 | 13,0±1,7 | 8,6±4,5 | 12,8±0,9 | 8,6±0,8 | 6,3±1,0 | 10,7 |

Проанализировав таблицу 5, можно заключить, что максимальное количество минерального азота, аналогично содержанию органического углерода, содержится на участке 3. На участке 3 среднее содержание минерального азота по всему периоду наблюдений в 1,3 раза больше, чем на участке 1 (10,7 мг/кг и 8,1 мг/кг соответственно) и в 1,4 раза больше, чем на участке 2 (7,7 мг/кг). Максимальные значения приходились на следующие дни: участок 1 – 16.08.22 (13,5±1,9 мг/кг), участок 2 – 24.04.22 (12,6±4,0 мг/кг), участок 3 – 14.05.22 (14,8±2,6 мг/кг). Минимальные значения на всех участках были зафиксированы 23.10.22 (4,9±0,8 мг/кг, 4,3±1,4 мг/кг и 6,3±1,0 мг/кг соответственно).

Исходя из анализа обеих таблиц, можно сделать вывод, что наибольшее количество как органического углерода, так и минерального азота, содержится на 3-ем участке. Причиной этому может служить различия в местах расположения выбранных участков: участок 3, в отличие от 1-го и 2-го, расположен вблизи водоема, что способствует большей активности

микроорганизмов, обитающих в почве и напрямую влияющих на образование и содержание органического углерода и минерального азота в почвах.

По результатам измерений эмиссии диоксида углерода и закиси азота в период с 24.04.22 по 23.10.22 на участках 1, 2 и 3, были получены данные о суточной и кумулятивной эмиссиях парниковых газов, на основе которых построены представленные ниже графики.

На рисунке 6 изображен график суточной эмиссии диоксида углерода (кг CO₂/га/день).

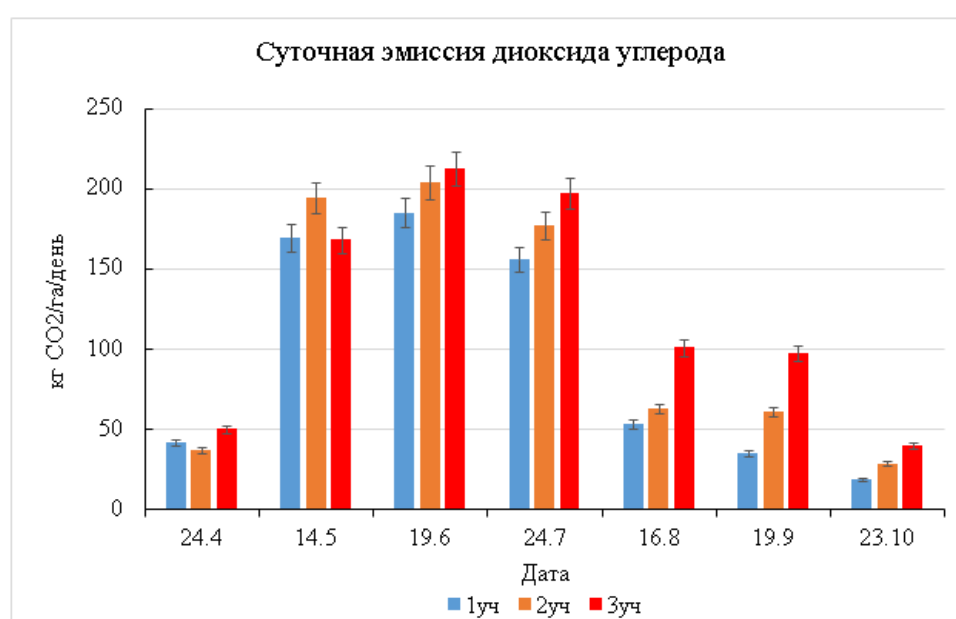


Рисунок 6 – График суточной эмиссии диоксида углерода (кг CO₂/га/день).

На протяжении всего периода измерений (202 календарных дня) значения эмиссии диоксида углерода колебались от 19 кг CO₂/га/день до 212 кг CO₂/га/день. С апреля по июнь эмиссия возрастала и достигла пика на участке 3, составив 212 кг CO₂/га/день. В данный месяц наблюдалось наибольшее количество осадков, что может послужить причиной для избыточного увлажнения почвы и повышения активности микроорганизмов, играющих главную роль в образовании парниковых газов, в том числе и диоксида углерода. С июля месяца суточная динамика стала отрицательной, в

последующие месяцы образовывалось все меньше диоксида углерода, что может быть связано с понижением влажности почв вследствие испарения при более теплых температурах июля, а после, в конце августа, сентябре и октябре, с понижением температур и снижением активности микроорганизмов (между июлем и концом августа наблюдается резкое снижение эмиссии). Минимальное значение эмиссии было зафиксировано на участке 1 в октябре и составило 19 кг CO₂/га/день. Причиной этому служит наиболее низкая температура за весь вегетационный период, а также низкая влажность почвы данного участка, по сравнению с участком 3 (с участком 2 различия по влажности и эмиссии не столь велики).

На рисунке 7 отражен график кумулятивной эмиссии диоксида углерода (кг CO₂/га)

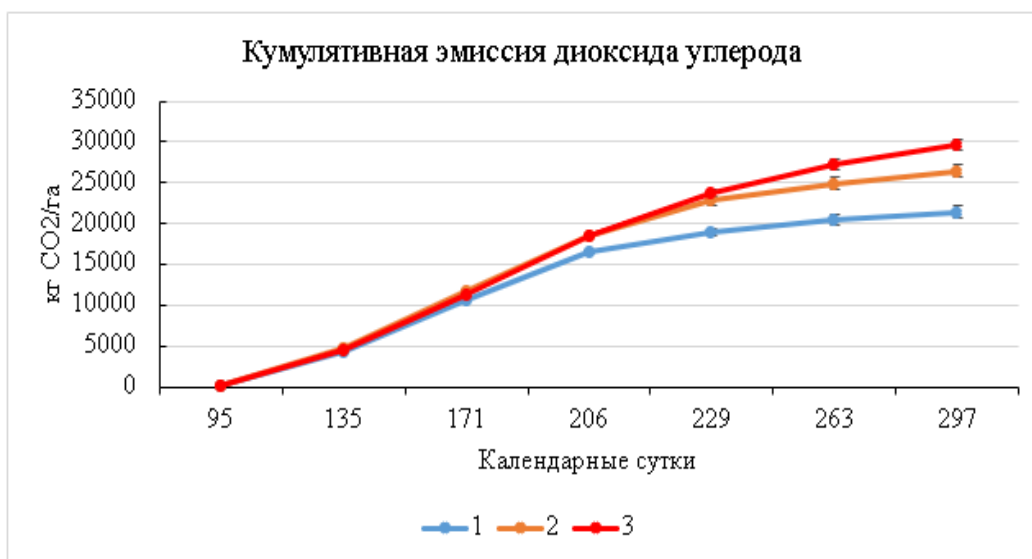


Рисунок 7 – График кумулятивной эмиссии диоксида углерода (кг CO₂/га)

За 202 календарных дня на площадке 3 выделилось 29 585 кг CO₂/га. Это наибольшее значение среди всех площадок: оно в 1,38 раза больше значений 1-го участка (21 422 кг CO₂/га) и в 1,1 раза больше, чем на площадке 2 (26 461 кг CO₂/га). Превосходство 3-го участка в эмиссии диоксида углерода связано с местонахождением данного участка: участок расположен рядом с водоемом, в результате чего почва 3 площадки более влажная, чем на площадке 1 и 2.

Влажность почвы оказывает непосредственное влияние на выделение диоксида углерода, так как большое количество влаги создает наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, являющихся основными производителями диоксида углерода в почве. На протяжении всего периода наблюдений динамика кумулятивной эмиссии диоксида углерода оставалась положительной.

На рисунках 8 и 9 отображена динамика аналогичных измерений эмиссии закиси азота.

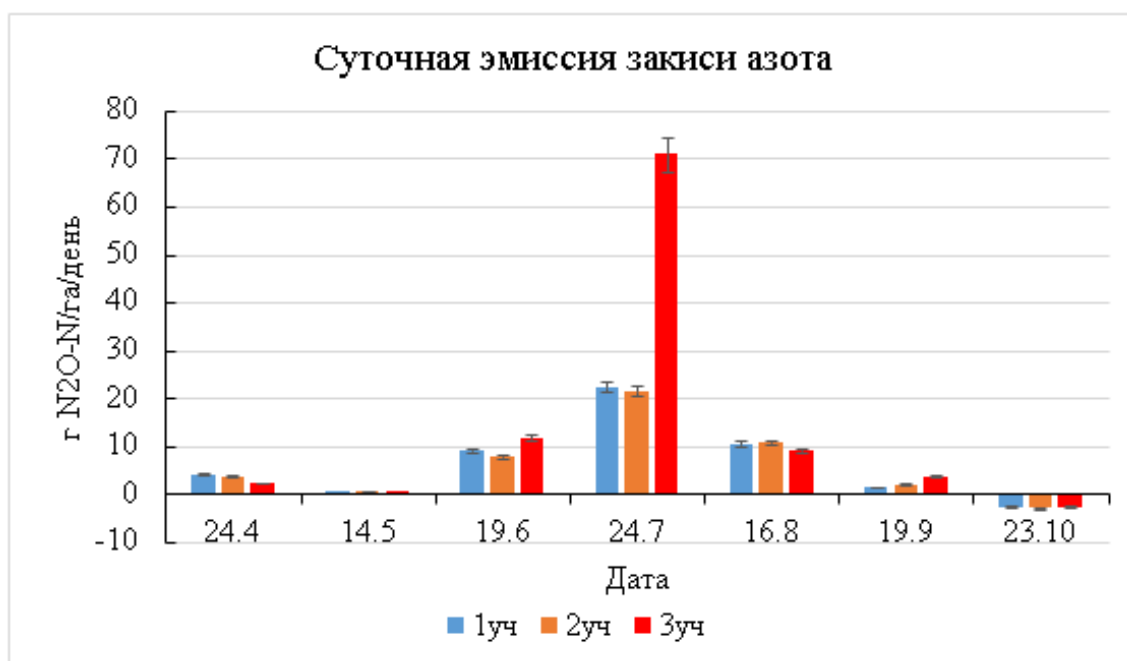


Рисунок 8 – График суточной эмиссии закиси азота (г N₂O-N/га/день)

Варьирование в течение вегетационного периода с апреля по октябрь составило от 0,4 г N₂O-N/га/день до 70,8 г N₂O-N/га/день. В октябре наблюдались отрицательные значения до -2,8 г N₂O-N/га/день. Произошло падение от начала вегетационного периода к середине мая, где значения закиси азота были минимальны из-за холодной погоды (низкая температура). Далее происходит повышение эмиссии закиси азота к середине июля и дальнейшее падение к концу вегетационного периода. В октябре наблюдались поглощение почвой. Максимальные значения суточной эмиссии наблюдались

24 июля. Если между точками 1 и 2 не отмечались различия по эмиссии, то из точки 3 выделилось более 70 г N₂O-N/га/день. Так же, как и с содержанием диоксида углерода, столь существенный разрыв в значениях между точками связан с повышенной влажностью почв 3-го участка в сочетании с высокими температурами июня.

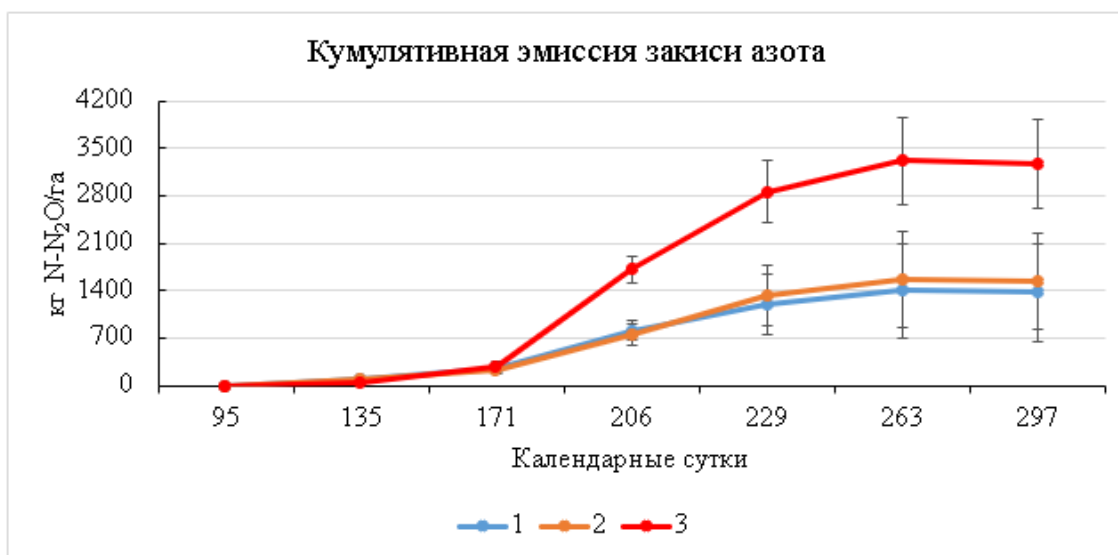


Рисунок 9 – График кумулятивной эмиссии закиси азота (кг N-N₂O/га)

С 24 мая по 23 октября (202 календарных дня) на площадке 3 выделилось 3270 кг закиси азота на гектар (или 3,27 тонны газа в пересчете на гектар). Соответственно это в 2,4 раза больше, чем на участке 1 (1,37 тонн N-N₂O/га) и в 2,1 раза больше, чем на площадке 2 (1,54 тонн N-N₂O/га). Можно заключить, что, по аналогии с эмиссией диоксида углерода, это связано с расположением 3-го участка рядом с водоемом, в результате чего, благодаря избыточному увлажнению, анаэробные процессы преобладают над аэробными (при анаэробных процессах закись азота образуется в больших количествах). Различия в кумулятивной эмиссии на разных участках начали проявляться в июне, так как на эмиссию закиси азота напрямую влияет температурные характеристики среды: при более высоких температурах значительно повышается активность микроорганизмов. Благодаря сочетанию высокой влажности и повышению температуры в июне, на участке 3 начало выделяться

большее количество закиси азота, чем на 1 и 2. Положительная динамика эмиссии закиси азота наблюдалась с 171 календарного дня по 263, после чего, в октябре, эмиссия снизилась. Это может быть связано с понижением температуры воздуха, и-за которого активность микроорганизмов снизилась, а почва, вместо выделения закиси азота, начала ее поглощать.

Заключение

1. Установлено, что почвенный покров представлен урбаноземами, образовавшимися в результате деятельности людей при преобразовании парка в рекреационную зону. Из литературных источников известно, что естественные почвы залегают под толщей урбаноземов. Почвенный покров парка мозаичен, больше всего выделяются мозаики урбостратоземов, абрадированных почв и стратоземов.

2. При изучении выбранных участков определены некоторые химические характеристики гумусовых горизонтов исследуемых участков, а именно - содержание в почвах органического углерода и минерального азота. Наибольшее количество органического углерода было установлено в почвенном покрове участка 3, которое за вегетационный период было в 1,3 раза больше, чем на 1-м участке, и в 2,3 раза больше, чем на 2-м участке. Также как на участке 3 среднее содержание минерального азота превышало в 1,3 раза содержание на участке 1 и в 1,4 чем на участке 2.

3. Анализ динамики эмиссии диоксида углерода и закиси азота показал определенную закономерность: эмиссия изучаемых парниковых газов увеличивалась от весны к лету с дальнейшим снижением к осеннему периоду. За 202 календарных дня на площадке 3 выделилось 29 585 кг CO₂/га. Это наибольшее значение среди всех площадок: оно в 1,38 раза больше значений 1-го участка (21 422 кг CO₂/га) и в 1,1 раза больше, чем на площадке 2 (26 461 кг CO₂/га). Кумулятивная эмиссия закиси азота с участка 3 составила 3270 кг на гектар (или 3,27 тонны газа в пересчете на гектар) и была в 2,4 раза больше,

чем на участке 1 (1,37 тонн N-N₂O/га) и в 2,1 раза больше, чем на площадке 2 (1,54 тонн N-N₂O/га).

4. Главную роль в эмиссии парниковых газов играет микробиологическое дыхание, которое зависит от температуры и влажности, так как эти факторы оказывают воздействие на активность жизнедеятельности микроорганизмов. Наблюдая за динамикой эмиссии и учитывая влияющие на нее факторы, можно сделать следующие выводы: эмиссия возростала от весны к лету и-за повышения температур и достигала пика в наиболее теплые месяцы (в июне был пик суточной эмиссии диоксида углерода, а в июле закиси азота, по графику средних температур в данные месяцы наблюдались самые высокие температуры за период исследований), после чего температура снижалась, а вместе с ней замедлялись жизненные ритмы микроорганизмов; в мае наблюдался резкий скачок эмиссии диоксида углерода (по сравнению с апрелем), что может быть связано с повышением температуры окружающей среды и выпадением осадков. На площадке 3 выдeлилось максимальное количество исследуемых газов благодаря расположению участка вблизи водоема, что еще раз подтверждает суждение о влиянии влажности на деятельность микроорганизмов.

5. Для снижения уровня эмиссии парниковых газов из почвенного покрова парка им. Бабушкина рекомендуется увеличить площадь зеленых насаждений за счет высадки широколиственных деревьев. Увеличение количества растительности может оказать влияние на целый ряд факторов: во-первых, кроны деревьев будут образовывать больше тени, в результате чего снизятся средние показатели температуры почв; во-вторых, дополнительная растительность будет поглощать излишки влаги из почв, что тоже сыграет роль в снижении активности микроорганизмов и выделения ими парниковых газов при дыхании; в-третьих, большее количество деревьев будет поглощать большее количество диоксида углерода и закиси азота, благодаря чему меньшее количество парниковых газов будет поступать в атмосферу.

Список литературы

1. Александрова Л.П. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации // АН СССР, Всес. Общ-во почвоведов, Инс-т агрохимии и почвоведения. Л.: Наука, 1980. 288 с.
2. Александрова Л.Н., Аршавская В.Ф. Изменение состава гумусовых кислот в процессе гумификации растительных остатков // Записки ЛСХИ.-1968.-Т. 117.-Вып. 1.187 с.
3. Алексеенко В. А., Алексеенко Л. П. Биосфера и жизнедеятельность; Логос - Москва, 2013. - 212 с.
4. Антонов К. Л., Поддубный В. А., Маркелов Ю. И., Бувевич А. Г., Медведев А. Н., Манжуров И. Л. Некоторые итоги мониторинга парниковых газов в Арктическом регионе России // Арктика: экология и экономика. - 2018. - № 1 (29). – С. 56 – 67.
5. Биргер, Б.И. Динамика литосферы Земли / Б.И. Биргер. - Москва: Гостехиздат, 2016. - 731 с.
6. Бучкина Н.П., Балашов Е.В., Рижия Е.Я., Павлик С.В. Мониторинг эмиссии закиси азота из сельскохозяйственных почв: метод. рекомендации. СПб., 2008. 20 с.
7. В садах Петербурга / сост. А. Л. Рейман. СПб. : УГИОП СПбГДТЮ, 1995. 116 с.

8. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009.
9. ГОСТ 26213-91 Методы определения органического вещества: дата введения 1993-07-01. – Москва: М.: Издательство стандартов, 1992. – 8 с.
10. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО: дата введения 01.07.1986. – Москва: Издательство стандартов, 1985. – 6 с.
11. Герасимов И. П. Биосфера Земли; Педагогика - Москва, 2012. - 891 с.
12. Герасимова М.И., М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева; Под ред. Г.В. Добровольского; Рец.: В.Д. Василевская, Т.А. Трифонова; НМС по почвоведению: Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. - Смоленск: Ойкумена, 2003
13. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П. В., Шидловская А. В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга // Развитие городов и геотехническое строительство, 2011, вып. 1. – С. 1-47
14. Демирчян К.С., Кондратьев К.Я. Глобальный круговорот углерода и климат // Известия РГО.2004.-Т.136, вып.1.- С.16-24.
15. Джувеликян Х. А. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв. / Х. А. Джувеликян, Д. И. Щеглов, Н. С. Горбунова — Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2009.
16. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. /. - М.: Наука, 1990. - 261 с.
17. Израэль Ю. А., Груза Г. В., Катцов В. М., Мелешко В. П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. – 2001. – № 5. – С. 5–21.

- 18.История // [Электронный ресурс] Парк им. И.В. Бабушкина URL: https://www.parkskazok.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=3 (дата обращения: 23.04.2023).
- 19.Китов А. Д., Плюснин В. М. Сравнение динамики ледников в Гималаях и горах юга Восточной Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 29. С. 68–84
- 20.Климат Ленинграда: моногр. . - М.: Гидрометеиздат, 2012. - 254 с.
- 21.Курбатова А.С., Башкин В.Н.; Рец.: Семёнов Ю.М., Снакин В.В.: Экологические функции городских почв. - М. ; Смоленск: Маджента, 2004.
- 22.Макаров И. А. Глобальное изменение климата как вызов мировой экономике и экономической науке // Экономический журнал ВШЭ. – 2013. – № 3. – С. 479–494.
- 23.Никаноров, А.М. Глобальная экология [Текст]: учеб. пособие / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая. – М.: ПРИОР, 2000 г.
- 24.Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. - М.: Гидрометеиздат, 1989. - 560 с.
- 25.Природа Ленинградской области: растительный и животный мир // [Электронный ресурс] SYL.RU URL: <https://yandex.ru/turbo/syl.ru/s/article/360594/priroda-leningradskoy-oblasti-rastitelnyiy-i-jivotnyiy-mir> (дата обращения: 12.04.2022).
- 26.Тетиор А.Н.: Городская экология. - М.: Академия, 2006 г.
- 27.Тригуб В.И. Городские почвы как особый вид почв // Ученые записки Таврического национального университета: Серия География. 2011. Том 24(63). №2 (часть 1). С. 321-325.
- 28.Denmead O.T. Approaches to measuring fluxes of methane and nitrous oxide between landscapes and the atmosphere, Plant Soil 309 (2008) 5–24.
- 29.IUSS Working Group WRB. World References Base for Soil Resources 2006. First update 2007. World Soil Resources Reports, 103, FAO, Rome, 2007. В

- русском переводе: Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. М.: Товарищество научных издательств КМК, 2007. 278 с.
30. Pattey E., Edwards G.C., Desjardins R.L, Pennock D.J., Smith W., Grant B., MacPherson J.I. Tools for quantifying N₂O emissions from agroecosystems, *Agric. For. Meteorol.* 142 (2007) 103–119.
31. Plyusnin V. M, Kitov A. D., Ivanov E. N., Sheinkman V. S. Distinctive Characteristics of formation and dynamics of nival-glacial geosystems in the South of East Siberia and on Mongolian Altai // *Geography and Natural Resources*. 2013. Vol. 34, N 1. P. 1–13.
32. Rapson T.D., Dacres H. Analytical techniques for measuring nitrous oxide. *Trends in Analytical Chemistry* 54 (2013) 65-74.
33. Robertson D.S. Health Effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. *Current Science*. Vol. 90. No 12. P. 1607–1609.
34. Satterthwaite D. (2008) Cities' contribution to global warming: Notes on the allocation of Greenhouse Gas Emissions // *Environment & Urbanization*. Vol. 20. No. 2. P. 539–549.