

Региональный этап Всероссийской олимпиады школьников по экологии
Автономная некоммерческая организация «Общеобразовательная школа
Центра педагогического мастерства»

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ С.
АНГЕЛОВО НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВЫ МЕТОДОМ
БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПО ПРОРОСТКАМ КРЕСС-САЛАТА И
ГОРЧИЦЫ**

Работу выполнила:

Новикова Аля Александровна, 9 класс

Научные руководители:

Савченко Яна Юлиановна

Москва, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	
1.1 Общая характеристика антигололёдных реагентов.....	5
1.2 Химический состав противогололедных реагентов.....	6
1.3 Фитотоксичность.....	8
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	
2.1. Качественный анализ химического состава ПГР с. Ангелово.....	11
2.2. Определение фитотоксичности почвы.....	12
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	
3.1 Химический состав ПГР.....	14
3.2 Влияние ПГР на прорастание семян и характеристики проростков.....	14
ВЫВОДЫ.....	17
РЕКОМЕНДАЦИИ.....	17
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	15
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

В России на большей части территории господствует холодная и продолжительная зима. С её приходом начинается борьба со снегом и льдом на автомобильных и пешеходных дорогах. Для этого используют различные противогололедные реагенты (ПГР). Отказ от использования противогололедных реагентов влечет за собой не только повышенный риск возникновения дорожно-транспортных происшествий и травматизации пешеходов в результате падений, но и огромные убытки. В почвы ПГР попадают вместе с тающим снегом, накапливаются в них, изменяя химический состав. Они могут находиться в почве в течение длительного времени и привести к тому, что физические, химические и биологические свойства почвы становятся хуже.

Гуляя по с. Ангелово несколько дней подряд, нами были замечены скопления ПГР на дорогах и голые участки земли вдоль трасс и пешеходных дорог с наступлением поздней весны. Поэтому я задумалась, из чего состоят ПГР и так ли их применение безвредно для фитоценозов. За последние несколько лет исследователями почти не затрагивалась проблема воздействия противогололедных реагентов на наземные растения. Актуальным так же является поиск способов сохранения растений на урбанизированных территориях.

Актуальность работы: применение ПГР является широкой ежегодной практикой в г. Москве и Подмосковье из-за частых перепадов температур и нерегулярных осадков. В то же время реагенты явно негативно действуют на рост и развитие растений, что следует проверить с помощью показателя фитотоксичности - чувствительного индикатора нарушения физических, биохимических и микробиологических параметров в почве. Ранее исследований о составе и фитотоксичности ПГР с. Ангелово не проводилось.

В связи с вышеизложенным, **цель моей работы**- определить фитотоксичность химических компонентов противогололедных материалов, используемых в с. Ангелово и предложить рекомендации для снижения экологического риска использования ПГР.

Задачи:

1. Дать общую характеристику и провести сравнительный анализ химического состава имеющихся на рынке противогололедных реагентов;
2. Провести исследование влияния ПГР, применяемого в с. Ангелово, на фитотоксичность почвы.
3. Разработать рекомендации по защите окружающей территории от антигололедных реагентов.

Гипотеза: накапливающиеся в почве противогололедные реагенты увеличивают фитотоксичность почвы и ингибируют рост и развитие семян.

Объект: противогололедный реагент с. Ангелово.

Предмет: влияние ПГР на уровень всхожести кресс-салата и горчицы.

Теоретическая значимость: сведения о фитотоксичности ПГР и ухудшению здоровья среды вследствие их применения могут быть полезны экологам и ботаникам. Результаты исследования вносят вклад в общее понимание эволюции живой материи в условиях ускоренной антропогенной трансформации среды обитания.

Практическая значимость: данные исследования будут направлены в управляющую компанию и жилищно-коммунальную службу для корректировки состава и количества использованных ПГР в зимний период.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Общая характеристика антигололёдных реагентов.

Борьба с гололёдом в России ведётся по трём направлениям: улучшение сцепления колёс автомобилей с покрытием, удаление снежно-ледяных образований с дорожного покрытия, предотвращение образования скользкости. Данные задачи не под силу выполнить одному реагенту. Поэтому для обработки улиц и дорог используются три типа противогололёдных реагентов — химические, фрикционные и комбинированные.



Рис. 1 Виды противогололёдных материалов.

Все они имеют одно общее свойство – растапливают снег и предотвращают повторное его замерзание. Когда кристаллы ПГР попадают на снег, они начинают поглощать влагу из окружающей среды, при этом выделяя тепло, которое растапливает лед вокруг. В снежную погоду чаще всего используются твердые, а в морозную погоду, при гололеде – жидкие химические вещества. Лучшим является тот ПГР, который при низкой температуре расплавит большее количество снега и льда и образует меньшее количество сточных вод. Все противогололёдные реагенты должны быть сертифицированы, иметь паспорт безопасности и быть безвредными для экологии и здоровья [5].

Закупка ПГР государством происходит в соответствии с Федеральным законом от 05.04.2013 №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Качество выпускаемой продукции контролируется собственными лабораториями и независимыми институтами [2].

Согласно инструкции, ПГР должны рассыпаться в местах потенциального скопления ледяного покрова в соответствующих пропорциях. Но на практике этого не происходит – эти реагенты разбрасываются повсюду в больших количествах. Например, хлористый кальций действует на протяжении 3 часов. Это приводит к тому, что дороги в течение суток необходимо обрабатывать несколько раз.

В Москве наблюдается масштабное использование ПГР в количестве 150–500 тыс. т/год при норме расхода от 40 до 150 г/м² [4]. Стоит отметить, что применение растворимых солей в Москве в 2011 г. было разрешено не только на проезжей части улиц и дорог, но на всех тротуарах, во дворах и пешеходных зонах. Для этого данные территории и объекты включили в состав объектов дорожного хозяйства города. Для них предложен комбинированный реагент (КР 1,2,3 тв.) – смесь мраморной крошки и вышеназванных солей, преимущественно хлорида натрия. [14]

Снежный покров является одним из индикаторов, отображающих степень загрязнения городских районов, требующий соответствующих исследований и мониторинга, и их учета при реализации индустриального снегоудаления в Москве. Загрязнение снега связано с аккумуляцией в нем загрязнителей и интенсивным разрушением дорожных покрытий вследствие применения ПГР и частого замораживания и оттаивания [7]. Согласно предписанию СанПин 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий» остатки реагентов должны собираться с дорожного полотна снегоуборочной техникой, вывозиться на снегоприёмные полигоны и утилизироваться в снегоплавильных установках. Но значительная их часть оказывается отброшенной на придорожные территории, и по данным различных исследователей солевое загрязнение может распространяться на расстояния до 120 м от дорог в зависимости от объемов использования ПГР и интенсивности дорожного движения [1].

1.2. Химический состав противогололедных реагентов.

В настоящее время среди применяемых хлоридных реагентов предпочтительным является жидкий хлористый кальций модифицированный – ХКМ или твердый – ХКФ, они содержат меньшую долю хлорида. Катион кальция и модификатор обладают ингибирующими свойствами. Кроме того, применение жидкого реагента увеличивает упреждающий противогололедный эффект по сравнению с твердыми реагентами. ХКМ и ХКФ рекомендуются в качестве основных реагентов для большинства автомагистралей города.

В состав противогололедных реагентов входят: хлориды натрия, калия и кальция, гранитная и мраморная крошка, а также формиат натрия. Хлориды натрия, калия и кальция являются основным действующим веществом всех химических противогололедных материалов [9].

Название реагента	Химический состав	примечание
Группа препаратов «Бионорд»	Хлорид кальция – 10-30% Хлорид натрия – 45-89% Хлорид калия – не более 10% Карбамид – не более 10% Формиат натрия – не более 15% Формиат калия – не более 15%	Плавящий компонент Плавящий компонент Ингибитор коррозии Ингибитор коррозии
Соль техническая антигололедная	Хлорид натрия – 93% Хлорид магния – 3,3% Хлорид калия – 2,7%	Плавящий компонент
Группа препаратов «Экороуд»	Хлорид кальция – основной компонент Хлорид натрия – вспомогательный компонент Антикоррозионные добавки	Плавящий компонент Плавящий компонент – Точные пропорции не указаны
Средство для борьбы с гололедом	Хлорид кальция Хлорид натрия	Плавящий компонент Плавящий компонент
"БИОДОР"	Хлорид магния Хлорид калия Формиаты натрия или калия	Точные пропорции не указаны Ингибитор коррозии
ЭСБГ	Хлорид кальция Хлорид магния Биофильные элементы	Плавящий компонент Точные пропорции не указаны
Группа препаратов Ice melt	Хлорид натрия – 50-85% Хлорид кальция – 15-50%	Плавящий компонент Плавящий компонент Гранулы основных компонентов обработаны антикоррозионным составом
ХКМ	Хлорид кальция модифицированный	Плавящий компонент
ХКФ	Хлорид кальция модифицированный фосфатами	Плавящий компонент
НОРДВЕЙ (Нордикс-II)	ацетат калия модифицированный	Плавящий компонент

Таблица 1. Состав противогололедных реагентов, применяющихся в г. Москве и Московской области

Как видно из данных таблицы, основными компонентами большинства препаратов являются хлориды натрия, и кальция, содержание которых в сумме составляет от 50 до 100%.

В реагент «Бионорд» входит карбамид (до 10%) [6]. Он имеет свои недостатки: ограниченный температурный диапазон - мочевины эффективно работает только при температуре до $-10...-12^{\circ}\text{C}$. При более сильных морозах процесс плавления льда значительно замедляется или полностью останавливается. Высокая стоимость - цена карбамида в 5–7 раз выше, чем технической соли. Риск перенасыщения почвы азотом - избыточное применение карбамида на одном участке может привести к переизбытку азота в почве. Это негативно влияет на некоторые растения весной, особенно на те, которые плохо переносят повышенную концентрацию азотистых соединений [13].

На территории г. Москвы используются жидкие и твердые ПГМ, применение которых регламентируется в соответствии с нормативными документами (ОДН 218.2.027-2003, ГОСТ 33387-2015).

Хлориды приводят к засолению почв, что проявляется в виде увеличения осмотического давления, ухудшения структуры, снижение проницаемости почвы. Эти процессы усиливаются в сочетании с кальцием, натрием и магнием, используемыми в реагентах.[2] Фитотоксическим эффектом обладают не только растворы применяемых противогололедных реагентов, но и загрязненный солями снег, а также почвы, наследующие химический состав снежного покрова. Избыток ионов Na^+ и Cl^- – может приводить как к осмотическому стрессу, обусловленному дефицитом воды, так и оказывать воздействие на критические биохимические процессы. Во время солевого стресса могут задерживаться появление листьев, замедляется их расширение и способствует старению листьев. Это может быть временным эффектом, а длительное воздействие высокой солености может нанести большой вред, когда ионы Na^+ накапливаются в высоких концентрациях. Увеличение концентрации Na^+ может не только снижать активность Ca^{2+} , но также может нарушить на клеточном уровне получение Ca^{2+} [8].

1.3. Фитотоксичность.

Чувствительным индикатором нарушения физических, биохимических и микробиологических параметров в почве является показатель фитотоксичности.

Фитотоксичность – свойство загрязненной почвы подавлять прорастание семян, рост и развитие проростков.

Фитотоксическое действие компонентов ПГР проявляется как в виде морфологических изменений у растений (отмирание корней, скручивание листьев, увядание растения и др.), так и в виде физиологических процессов (изменение структуры хлоропластов, снижение содержания крахмала, ослабление фотосинтеза), способствуя абиотическому стрессу [8]. Накопление солей в

корнеобитаемом слое почв приводит к угнетению, а в ряде случаев и к гибели растений. Большинство культур очень чувствительны к засолению почвы из-за осмотического стресса [11].

В основе действия больших концентраций солей на растение лежит явление плазмолиза – изменения тургора цитоплазмы, вследствие разности концентраций солей в почве и цитоплазме корневых волосков. Это приводит к разрушению структуры клеточных мембран, митохондрий, обеспечивающих растение энергией, снижается фотосинтезирующая функция хлоропластов и как следствие – уменьшается биоразнообразие. Ещё под влиянием солей в растениях нарушается азотный обмен, накапливаются аммиак и другие яды. Этими исследованиями занимался советский физиолог растений Б. Н. Строганов (1962) [8].

Этап начала развития растений является очень чувствительным к высоким концентрациям солей, поэтому используют семена разных видов растений в методе фитотестирования. В нормативных документах нет строгих рекомендаций к использованию того или иного вида семян для фитотестов.

Согласно международным стандартам ISO 11269-1 и ISO 11269-2 тест-культура и тест-объект выращиваются одновременно на почвах, которые похожи друг на друга по структуре и составу. Поэтому лучше проводить тест не на водном экстракте, а на твердом образце [8].

При фитотестировании оценивают всхожесть, энергию прорастания, дружность прорастания, длину проростков.

Всхожесть - способность семян давать за установленный срок нормальные проростки при определённых условиях проращивания. Выражают в процентах (число нормально проросших семян от общего числа семян, взятых для теста).

Энергия прорастания - способность семян давать нормальные проростки за установленный ГОСТом более короткий, чем для определения всхожести, срок. Этот показатель определяют одновременно со всхожестью, он характеризует дружность прорастания.

Длина проростков – измерение части ростков от момента прорастания до образования первого настоящего листа [11].

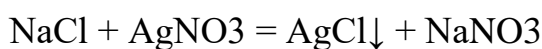
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Качественный анализ химического состава ПГР с. Ангелово

Для более точного определения состава ПГР было решено провести качественный анализ на предполагаемые компоненты и проверить общий рН раствора соли. Забор проб реагентов производился в декабре 2025г. в местах скопления.

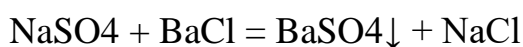
Качественный анализ предполагал лабораторное оборудование и специфические реагенты, поэтому проводился на базе ГБОУ школа ЦПМ.

- 1) Скорее всего, одним из компонентов реагента является хлорид. При взаимодействии анионов хлора с нитратом серебра выпадает творожистый хлорида серебра белого цвета.



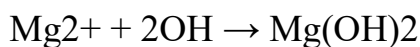
В пробирку к растворенному веществу приливают пару капель раствора нитрата серебра и фиксируют изменения.

- 2) Соли бария при взаимодействии с сульфат-ионами в слабокислой среде формируют белый мелкокристаллический осадок сульфата бария.



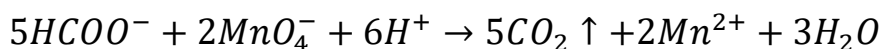
В пробирку 2-3 каплям соли сульфата натрия добавляют 2-3 капли HCl концентрированной, 2-3 капли раствора ПГР. Наблюдают образование белого кристаллического осадка.

- 3) В щелочной среде катионы магния выпадают в мелкодисперсный осадок гидроксида магния белого цвета



К р-ру приливается 5-6 капель р-ра гидроксида натрия. Наблюдают выпадение осадка и явление опалесценции

- 4) Качественная реакция на формиат натрия выполнялась с использованием перманганата калия в слабокислой среде. Раствор обесцвечивался



К р-ру приливали 2-3 капли р-ра перманганата калия и наблюдали обесцвечивание ранее фиолетового раствора

- 5) Водородный показатель – рН - определялся с помощью лакмусовой бумаги.

2.2. Определение фитотоксичности почвы

В основе фитотестирования лежит определение чувствительности растений к химическим веществам, находящимся во внешней среде и приводящим к изменению ростовых и морфологических свойств растений. Фитотесты характеризуются быстротой, доступностью, экономичностью и простотой эксперимента, достоверностью и объективностью полученных данных [7].

Материалы: семена кресс-салата (*Lepidium sativum*) и горчицы белой (*Sinapis alba*), почва для рассады; проточная вода; 0,5-молярный раствор ПГР (реагент был собран вдоль обочины дублера Пятницкого шоссе, село Ангелово), настольная лампа, как источник искусственного освещения в условиях короткого светового дня, мини-теплица для поддержания влажности.

Опыт проводился при средней температуре +24 градуса Цельсия и хорошем естественном освещении. Продолжительность опыта 8 дней. Для закладки опыта было взято 30 семян кресс-салата и 50 семян горчицы белой.

Раствор хлорида натрия был приготовлен по следующей методике: молярная масса хлорида натрия (NaCl) рассчитываем по таблице Менделеева: $23+35,5=58,5$ моль/г. Берем 58,5 г ПГР, высыпав в литровую банку, доливаем проточной воды до 1 литра, получаем 1М раствор. Далее выливаем раствор в 2-литровую емкость и доливаем до верха водой, получаем 0,5М раствор.

Схема опыта:

1. наполнили 4 пластиковых контейнера землёй;
2. перед посевом почву хорошо увлажнили, используя проточную воду;
3. семена поместили во влажную бумагу на 2 суток;
4. высадили семена в почву, заглубляя их не более 10мм;
5. контрольные контейнеры с семенами полили проточной водой;
испытуемые – 0,5 молярным раствором ПГР;

(см. Приложение 3, рис. 8,9)

Условия выращивания растений:

- Поддерживают влажность 70% .
- Чередование дня (16 ч) и ночи (8ч).

- Освещённость днём.
- Температура – 22±30С.

В ходе исследования измеряли процент всхожести, длину побега и длину корня у опытных образцов и контрольной группы.

В соответствии с Международными правилами, при проведении лабораторных испытаний выделяют следующие категории ненормально развитых проростков, которые не могут иметь хозяйственной ценности, поскольку не способны развиваться в нормально развитые растения в полевых условиях:

1. Загнившие семена и проростки, в том числе все те, у которых корень и семядоли либо полностью, либо в своей большей части загнили, при условии, что вызывающие гниль патогены не перешли с соседнего проростка;
2. Травмированные проростки, у которых отломаны семядоли или часть корня, даже если имеются придаточные корни;
3. Анормально развитые проростки, в т.ч. те, которые прорвали семенную оболочку, но прекратили рост, даже если семядоли приобрели зеленую окраску; проростки со слабыми побегами или корнями; проростки, у которых значительная часть корня или побега повреждены возбудителями болезней.

В свою очередь, нормально развитые проростки должны иметь:

1. Хорошо развитую корневую систему, включая первичный корешок, за исключением тех растений (например, виды злаковых), которые образуют не менее двух зародышевых корешков;
2. Хорошо развитый гипокотиль без повреждения проводящих тканей;
3. Неповрежденную почечку с хорошо развитым зеленым листом, находящимся внутри или вышедшим из колеоптиля, или же неповрежденный эпикотиль с нормальной верхушечной почкой;
4. Одну семядолю для однодольных и две семядоли для двудольных растений

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Химический состав ПГР

1) Реакция на анионы хлора дала белый осадок, поэтому, скорее всего, в составе имеются хлорид ионы

2) Реакция на катионы бария не прошла, что говорит об их отсутствии в составе реагентов

3) Реакция на катионы магния прошла успешно, значит они присутствуют в составе ПГР

3) В реакции на формиат ионы было отмечено обесцвечивание раствора, что показывает их наличие в составе ПГР

Водородный показатель (рН) показал 7-7.5 ед. при сравнении с шкалой, что является нейтральным значением.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии в составе ПГР ионов хлора, магния и формиат ионов и нейтральном значении рН реагента.

3.2 Влияние ПГР на проращение семян и характеристики проростков

По прошествии 8 дней было подсчитано число проростков и рассчитано изменение энергии проращивания (см. Приложение 1, табл. 1, 2).

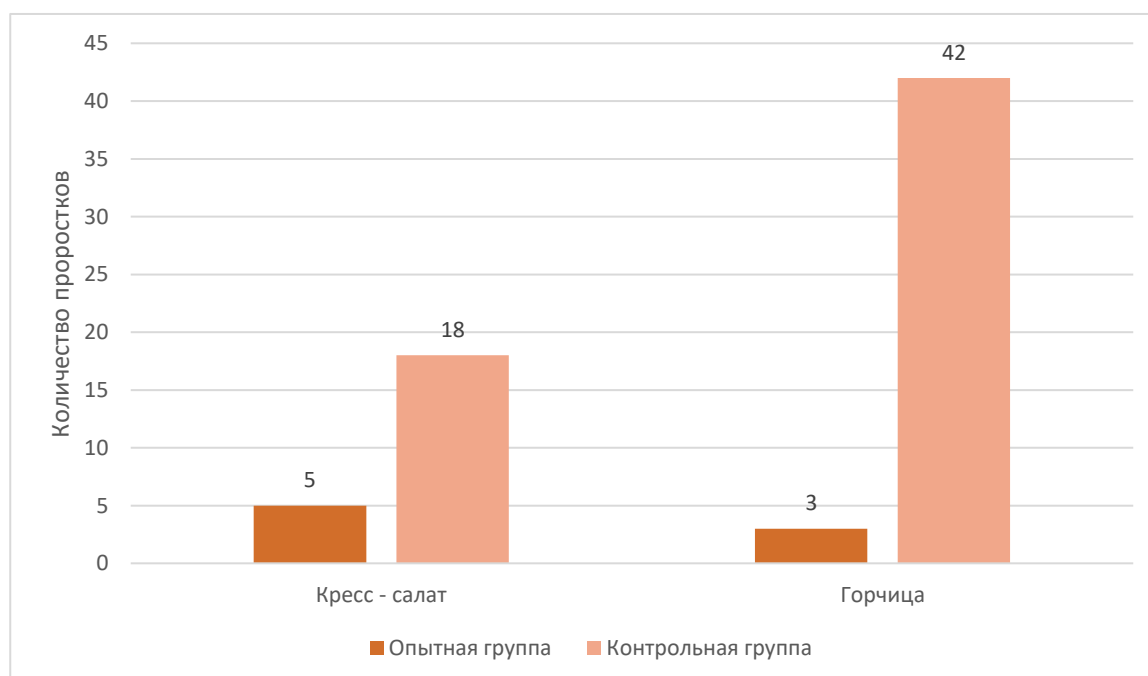


Рис. 2 Количество проросших семян кресс – салата и горчицы на 8 день проведения эксперимента.

Итоговую фитотоксичность почвы определяли по изменению энергии прорастания

(E) : $E = A/B \times 100\%$, где:

A - число проросших семян

B - общее число семян

Исследуемая группа	E (изменение энергии прорастания), %
Контрольная гр. кресс-салата	60%
Контрольная гр. горчицы белой	84%
Опытная гр. кресс-салата	16,7%
Опытная гр. горчицы белой	6%

Таблица 2. Изменение энергии прорастания семян

Всхожесть семян кресс салата составила 16,7% в группе с ингибированием раствором ПГР, при этом контрольная группа характеризуется 60% всхожестью; всхожесть семян горчицы белой составляла 6%, когда всхожесть семян контрольной группы – 84%. По данному эксперименту можно сделать вывод, что большая концентрация ПГР в почве приводит к ингибированию прорастания семян.

Далее был оценен рост и развитие проростков. Из обеих групп был выбран самый длинный росток и подвергся измерению.



Рис. 3 и 4. Величина проростков кресс – салата на 8 день. Слева контрольный образец, справа опытный образец.

По измерениям видно, что в присутствии ПГР кресс – салат, видимо, получает ингибирующее рост воздействие и недостаток влаги.



Рис. 5 и 6. Величина проростков горчицы на 8 день. Слева контрольный образец, справа опытный образец.

Измерения показывают разительное отличие проростка горчицы от проростка, развивающегося в почве в присутствии ПГР.

ВЫВОДЫ

1. Основными компонентами ПГР являются ионы хлора, магния, бария и формиат – ионы.
2. По результатам качественного анализа реагентов, отобранных в районе с. Ангелово, в составе ПГР присутствуют ионы хлора, магния и формиат – ионы.
3. В емкостях, куда был добавлен раствор реагентов, количество проросших семян и их рост значительно снижены по сравнению с контрольными образцами. Таким образом, ПГР оказывают ингибирующее воздействие на рост и развитие семян, повышая фитотоксичность почвы.

По результатам работы были составлены рекомендации.

В дальнейшем планируется расширить список растений – индикаторов и провести отбор почвенных проб в местах, где было выявлено скопление реагентов, в весенний период.

РЕКОМЕНДАЦИИ

- 1) Высаживание галофитных растений по обочинам дорог и рядом с пешеходными зонами
- 2) Составление строгой системы контроля использования ПГР и периодические анализы показателей почвы с целью выявления нарушений
- 3) Установка ограждений и бордюров с целью препятствия попадания реагентов в почву
- 4) Механизированная уборка скоплений реагентов в зимний и весенний период
- 5) Исключение чрезмерно активных химических компонентов из состава ПГР
- 6) Механическая уборка снега и льда в возможных местах с целью сокращения количества применяемого ПГР

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В. Д., Соболев О. В., Соболев А. Ю. Антигололедные реагенты и средства борьбы с гололедом // Вестник донецкой академии автомобильного транспорта. – 2016. – №. 3. – С. 10-15.
2. Бондарук М.М. Дополнительные материалы к урокам по биологии. – Волгоград: Издательство «Учитель», 2007. – 120 с.
3. Виноградов Б.В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов. – М.: Высшая школа, 1964. – 231 с.
4. Воронина Л.П., Трибис Л.И., Поногайбо К.Э., Амелянчик О.А., Антропова Н.С. Характеристика снежной массы для индикации нагрузки применения противогололедных реагентов // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 12. С. 1330–1338. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1330-1338.
5. Гладков Е.А., Евсюков С.В., Шевякова Н.И., Долгих Ю.И., Гладкова О.Н., Глушецкая Л.С. Влияние противогололедных реагентов на газонные травы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 5-1. С. 157–159.
6. Королев В.А., Соколов В.Н., Самарин Е.Н. Оценка эколого-геологических последствий применения в Москве противогололедных реагентов // Инженерная геология. 2009. № 1. С. 34–43.
7. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Хайбрахманов Т.С. Экологические последствия применения противогололедных реагентов для почв Восточного округа Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2016. № 3. С. 40–49
8. Пищаева К. В. и др. ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНОГО РЕАГЕНТА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ ХКНТВ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ РАСТЕНИЙ // Актуальная биотехнология. – 2020. – №. 3. – С. 496-497
9. Распоряжение Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы от 17.02.2023 г. № 01-01-14-77/23 «Об утверждении Технологии зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня фракции 2-5 мм»
10. Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мягкова А.Д., Курбатова А.С. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. 2006.
11. Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу: «Фитотестирование в экологическом контроле» Составители: Л.П. Воронина, В.А. Терехова, М.: Доброе слово, 2014.

12. Федорченко М. Д. и др. ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ //Актуальные проблемы экологии и природопользования. – 2020. – С. 181-186.
13. Шаповалов В. А. АНАЛИЗ СОСТАВОВ И СВОЙСТВ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ СРЕДСТВ //XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». – 2020. – С. 1498-1501.
14. Шишова Т. К., Матвеева Т. Б., Казанцев И. В. Влияние противогололедного материала «Бионорд» на развитие растений // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-protivogolodnogo-materiala-bionord-na-razvitie-rasteniy>.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

	Всего	3 день	6 день	8 день
Контроль	30	9шт	15шт	18шт
0,5Мраствор	30	0	3шт	5шт

Таблица 2. Количественные показатели всхожести проростков кресс- салата

	Всего	3 день	6 день	8 день
Контроль	50	7шт	30шт	42шт
0,5Мраствор	50	0	2шт	3шт

Таблица 3. Количественные показатели всхожести проростков горчицы белой.

Приложение 2

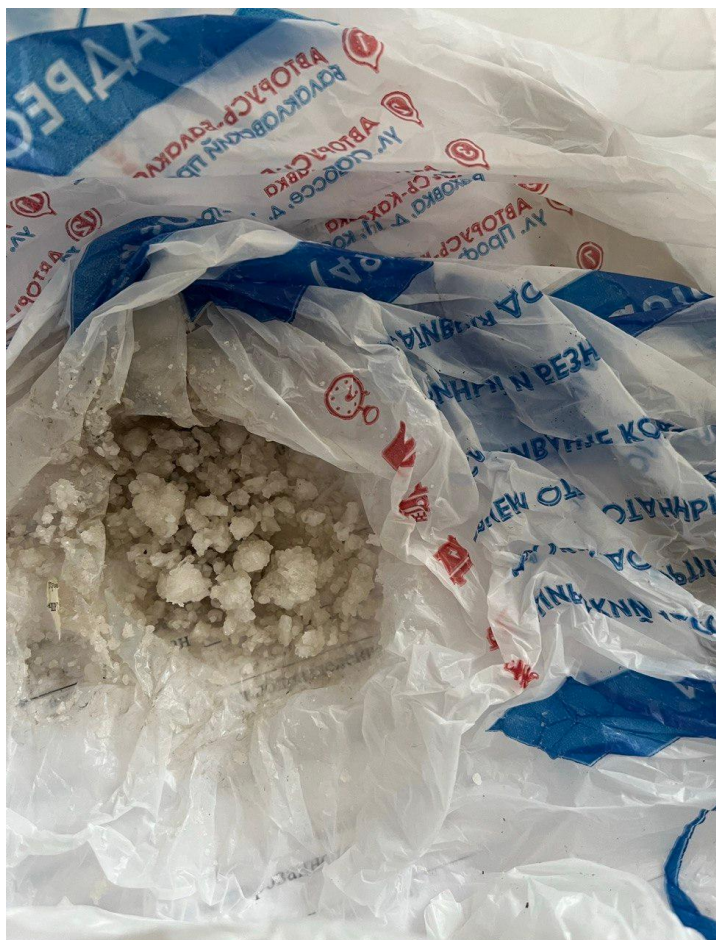


Рис. 7 Используемые реагенты, собранные недалеко от Пятницкого шоссе



Рис. 8 и 9. Проростки кресс – салата (левый верхний угол – контрольная группа, левый нижний угол – опытная группа) и горчицы (правый верхний угол – контрольная группа, правый нижний угол – опытная группа) на 1 день



Рис. 10 и 11. Проростки кресс – салата (левый верхний угол – контрольная группа, левый нижний угол – опытная группа) и горчицы (правый верхний угол – контрольная группа, правый нижний угол – опытная группа) на 5 день



Рис. 11 и 12. Проростки кресс – салата (левый верхний угол – контрольная группа, левый нижний угол – опытная группа) и горчицы (правый верхний угол – контрольная группа, правый нижний угол – опытная группа) на 8 день