

Влияние химического состава воздуха на рост растения рода клевер (лат. *Trifólium*)

Головина О.А., 11 «В» класс государственного бюджетного нетипового образовательного учреждения Архангельской области «Архангельский государственный лицей имени М.В. Ломоносова»

Руководитель: Айвазова Е.А., заведующая кафедрой общей и биоорганической химии, доцент, кандидат биологических наук ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет г. Архангельска

Введение.

Проблемы охраны окружающей среды в России являются объектом пристального внимания со стороны государства и ученых. Российская Федерация входит в число стран с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой. Вследствие загрязнения почвы, воздуха и воды растет заболеваемость и смертность населения, особенно в промышленных городах и населенных пунктах, расположенных рядом с производственными объектами. И всё более частым явлением становится, например, отравление организма тяжёлыми металлами (ТМ) из-за увеличения их содержания в окружающей среде.

Поступление ТМ в окружающую среду связано с активной деятельностью человека. Их основные источники — промышленность, автотранспорт, котельные, мусоросжигающие установки и сельскохозяйственное производство. К отраслям промышленности, загрязняющим окружающую среду тяжёлыми металлами, относятся черная и цветная металлургия, добыча твердого и жидкого топлива, горно-обогатительные комплексы, стекольное, керамическое, электротехническое производство и др. Для крупных городов с многопрофильной промышленностью характерно присутствие в окружающей среде не отдельного загрязнителя, а ассоциации тяжелых металлов, способных оказывать комбинированное действие на организм, при котором может наблюдаться как суммирование эффектов, так и их потенцирование [4].

На данный момент до сих пор актуально загрязнение атмосферы Крайнего Севера тяжёлыми металлами, в том числе и его промышленного центра г. Архангельск под действием техногенных нагрузок. К основным источникам загрязнения окружающей среды города относятся предприятия теплоэнергетического комплекса (Архангельская ТЭЦ), деревообрабатывающей промышленности (ЗАО «Лесозавод № 25»), предприятия машиностроения (Соломбальский машиностроительный завод, Судоремонтный завод «Красная Кузница», Архангельский завод металлоконструкций, АО «Кузнечевский комбинат строительных конструкций и материалов»), а также автомобильный, воздушный (АО «Аэропорт Архангельск» «2-ой Архангельский объединенный авиаотряд» (Аэропорт «Талаги»), водный (ОАО «Северное морское пароходство» Архангельский морской торговый порт, Архангельский филиал ФГУП «Росморпорт», АО «Северное речное пароходство») и железнодорожный транспорт [3].

На сегодняшний день к ТМ относят более 40 металлов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др [4]. Большинство тяжелых металлов в небольшой концентрации содержатся в организме человека, участвуют в метаболических процессах. Из-за высокой атомной массы они ограничены в движении, медленно перемещаются и вследствие этого аккумулируются в различных тканях организма человека, связываясь с функциональными группами белковых и других жизненно важных соединений [1]. ТМ вызывают сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и онкологические заболевания, тяжёлые формы аллергии, приводят к снижению иммунитета, влияют на генетический фон. Последствием их накопления в тканях является отравление, способное привести к летальному исходу [3]. Кроме тяжелых металлов в атмосферу, воду, снег, а значит и в почву, выбрасываются и другие канцерогенные вещества, имеющие органическую и неорганическую природу: оксиды углерода, серы, азота, формальдегид, бензапирен, углеводороды и др.

Цель:

подтвердить гипотезу об отрицательном влиянии загрязнённого воздуха транспортных магистралей г. Архангельска на рост и развитие устойчивого к антропогенному воздействию растения рода Клевер.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) проведение литературного обзора по теме;
- 2) расчёт интенсивности машинопотока на разных экспериментальных площадках г. Архангельска;
- 3) выращивание посадочного материала на дачном участке;
- 4) проведение контрольно-измерительных мероприятий.

Методы исследования: наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент.

Увеличение машинопотока, особенно в крупных городах, является причиной образования пробок на улицах. Это, в свою очередь приводит к резкому росту массового количества токсичного дыма, выходящего из автомобилей, что оказывает вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. В выхлопных газах содержится около 220 вредных веществ, в том числе окись углерода (CO), углеводород (C_xH_y), оксиды азота (NO_x), диоксид серы (SO₂) и триоксид (SO₃) серы и другие газы. Химические элементы попадают в организм с выхлопными газами и с выбросами промышленных объектов. Доля загрязняющих веществ, попадающих в атмосферу от автомобилей, составляют 75-90 %. Опасности от выхлопных газов преобладают в крупных городах. Выхлопные газы влияют на демографию, рост инвалидности, на здоровье населения. Стремительное развитие автомобильной промышленности, потоки машин в мегаполисах, многочасовые пробки, все это в конечном итоге наносит огромный вред здоровью населения.

Для озеленения наиболее подходит растения рода клевер. Клевер - род семейства Бобовые (Fabaceae), подсемейства Мотыльковые (Faboideae), относится к подклассу розиды. Это однолетние, двулетние и многолетние травы небольших или средних размеров. Всего насчитывается около 250 видов. Латинское название рода происходит от tres - «три» и folium - «лист», дословно означая «трилистник». Значение клевера велико: он является медоносом, ценной

кормовой культурой для домашнего скота, используется в народной медицине и озеленении. Кроме того, клевер неприхотлив, он может расти в различных условиях и будет идеальным решением для плохо дренируемых или тенистых мест; клеверный газон не требует удобрений, растение воспроизводит их самостоятельно: на корнях имеются клубеньки, в которых азотфиксирующие бактерии переводят азот воздуха в доступные нитраты; клевер улучшает состояние почвы, обогащая её азотом: клеверному газону требуется меньше воды, так как клевер довольно засухоустойчив благодаря глубокой корневой системе; клевер устойчив к физическому воздействию, он лучше выдерживает активное передвижение по нему, является более выносливым, чем другие растения. [5]. Именно поэтому растение рода клевер может быть использовано в качестве субстанции, которая может быть использована для улучшения состава воздуха в больших городах.

Расчёт машинопотока на различных площадках г. Архангельска.

Нами были определены следующие площадки в г. Архангельске, где наблюдается наибольший поток автомобилей легкового, грузового транспорта, автобусов:

1. Перекресток просп. Обводный канал – ул. Логинова
2. Перекресток ул. Тимме - ул. Воскресенская
3. Перекресток ул. Воскресенская - просп. Обводный канал
4. Перекресток ул. Выучейского - просп. Ломоносова

В качестве контроля был выбран дачный участок, находящийся по адресу: д. Чёрный Яр 5А. Данная площадка находится вдали от транспортных магистралей и, поэтому, не подвергается негативному воздействию со стороны автотранспорта.

Расчёт машинопотока на выбранных площадках мы производили в будний день (среда) в районе 17:00, чтобы результаты были максимально точными. (Таблица 1).

Таблица 1. Расчёт машинопотока транспортных магистралей

Площадка	Количество машин
----------	------------------

	(п/час)
Перекресток просп. Обводный канал – ул. Логинова	1100
Перекресток ул. Тимме – ул. Воскресенская	1500
Перекресток ул. Воскресенская - просп. Обводный канал	1300
Перекресток ул. Выучейского – просп. Ломоносова	950

Контроль растения в оптимальных условиях.

В 2022 году мы высадили клевер белый и красный на дачном участке, а в 2023 году продолжили наблюдение за их адаптациями к экстремальным условиям городской среды.

Осенью 2022 года общая площадь посева составила 9 м², 2/3 этой площади занял клевер красный. Весной 2023 года площадь составляла ~ 10 м².

При регулярном выпадении атмосферных осадков в специальном поливе растение не нуждается. Но так как лето 2022 года было засушливым, мы проводили полив раз в неделю, при необходимости два.

Клевер цветёт всё лето. После того, как первый период цветения закончился, мы произвели стрижку триммером; клевер зацвёл снова. В течение лета мы производили стрижку три раза. Скошенную траву собирали. Клевер после стрижек становился гуще. Площадь разрастания увеличилась до 12 м². Цветение клевера продолжалось до конца сентября. Он сохранил яркую зелень до поздней осени. Никаких удобрений не использовали, тем более азотных, так как растение воспроизводит самостоятельно: на корнях имеются клубеньки, в которых азотфиксирующие бактерии переводят азот воздуха в доступные нитраты. В середине октября мы провели последнюю стрижку.

По результатам наблюдений 2022 года нами был сделан вывод, что для озеленения больше подходит клевер красный, так как он обладает большими размерами и быстрее разрастается, а значит должен быть более устойчив к экстремальным условиям городской среды. Но мы высадили оба вида клевера, чтобы убедиться в этом экспериментальным путём.

Для большей достоверности результатов высаживание проводилось у автобусных остановок, так как там в большей мере проявляется отрицательное влияние городской среды.

Апробация клевера белого и красного в экстремальных условиях городской среды

Сначала мы выкопали два вида клевера в одинаковом количестве особей с дачного участка, привезли в город и 23 июня высадили также одинаковое количество на экспериментальных площадках. Все результаты фиксировали в таблицу. (Таблица 2).

Состояние обоих видов клевера на перекрёстке просп. Обводный канал – ул. Логинова по всем параметрам приближено к состоянию образцов, находящихся в оптимальных условиях.

Состояние клевера, высаженного на перекрёсток ул. Выучейского – просп. Ломоносова было средним. Его площадь разрастания была меньше.

На перекрёстке ул. Воскресенская - просп. Обводный канал состояние клевера было хуже, вегетативные органы в норме, генеративные нет.

На перекрёстке ул. Тимме – ул. Воскресенская при третьем замере нами было обнаружено, что клевер белый выпал из травостоя. Площадь разрастания не увеличилась.

Действительно, клевер красный оказался более устойчив к экстремальным условиям городской среды из-за того, что обладает комплексом адаптаций, скорость его разрастания будет выше.

Таблица 2. Апробация клевера белого и красного в экстремальных условиях
городской среды

Дата	Перекресток ул. Воскресенская - просп. Обводный канал		Перекресток ул. Тимме – ул. Воскресенская		Перекресток просп. Обводный канал – ул. Логинова		Перекресток ул. Выучейского – просп. Ломоносова	
	белый	красный	белый	красный	белый	красный	белый	красный
23.06 (1-й замер)	1. 45% 2. не цветёт 3. 9 мм	1. 55% 2. не цветёт 3. 14 мм	1. 45% 2. не цветёт 3. 9 мм	1. 55% 2. не цветёт 3. 14 мм	1. 45% 2. не цветёт 3. 9 мм	1. 55% 2. не цветёт 3. 14 мм	1. 45% 2. не цветёт 3. 9 мм	1. 55% 2. не цветёт 3. 14 мм
07.07 (2-й замер)	1. - 2. - 3. -	1. - 2. - 3. -	1. 50%	1. 60%	1. - 2. - 3. -	1. - 2. - 3. -	1. - 2. - 3. -	1. - 2. - 3. -

			2. 03.07 (начало цветения) 3. 10 мм	2. 01.07 (начало цветения) 3. 12 мм				
21.07 (3-й замер)	1. 55% 2. 19. 07 (начало цветения) 3. 7мм	1. 65% 2. 18. 07 (начало цветения) 3. 13 мм	_____	1. - 2. - 3. -	1. 55% 2. 18.07 (начало цветения) 3. 8 мм	1. 70% 2. 18.07 (начало цветения) 3. 13 мм	1. 60% 2. 20.07 (начало цветения) 3. 11 мм	1. 65% 2. 21.07 (начало цветения) 3. 11 мм
04.08 (4-й замер)	1. 65% 2. 19.07 (пик цветения) 3. 8 мм	1. 70% 2. 18.07 (пик цветения) 3. 14 мм	_____	1. 60% 2. 04.08 3. 11 мм	1. 75% 2.18.07 (пик цветения) 3. 11 мм	1. 80% 2. 18.07 (пик цветения) 3. 15мм	1. 70% 2. 20.07 3. 11 мм	1. 80% 2. 21.07 3. 13 мм
18.08 (5-й замер)	1. - 2. - 3. -	1. - 2. - 3. -	_____	1. - 2. - 3. -	1. 80% 2.18.07 3. 11 мм	1. 90% 2. 18.07 3. 15мм	1. - 2. - 3. -	1. - 2. - 3. -

1. Проективное покрытие (%)

2. Фенофаза цветения

3. Ширина среднего листа (мм)

Полученные результаты.

Расчёт выбросов производился по методике, взятой из учебника Н.С. Никитина, Т.П. Ихер, Л.А. Калмыковой «Экология родного края» [2], которая, в свою очередь, основывается на методике, разработанной в обсерватории им. Воейкова.

Мощность выброса вредных веществ рассчитывается по формуле:

$$M=0,21\sum(Q\times P\times N); (1)$$

где М – мощность выброса вредных веществ, мг/м³;

0,21 - эмпирический коэффициент;

Q - средний расход горючего на единицу пути, л/км (Таблица 3);

P - коэффициент, определяющий выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего (Таблица 4);

N - количество единиц автотранспорта, проходящих через выбранный пункт наблюдения в единицу времени в обоих направлениях;

Расчёты занесли в таблицу (Таблица 5).

Таблица 3. Нормы расхода топлива автотранспортом на единицу пути, Q

Тип автотранспорта	Расход топлива (л/км)
Легковой автомобиль	0,13
Грузовой автомобиль	0,33
Автобус	0,44

Таблица 4. Количество вредных веществ в зависимости от разных видов горючего, P

Вид топлива	CO	NO _x	У.В.	SO ₂	Формальдегид	Бензапирен
Бензин	0,6	0,04	0,1	0,002	0,006	0,00002
Диз. топливо	0,1	0,04	0,03	0,03	0,003	0,00001

Таблица 5. Значения пробеговых выбросов (мг/км³) для различных групп автомобилей

Улицы	Наименование групп автомобилей	CO	NO _x (в пересчёте на NO ₂)	У.В.	SO ₂	Формальдегид	Бензапирен
		ПДК = 3,00	ПДК = 0,4	ПДК = 1,50	ПДК = 0,05	ПДК = 0,012	ПДК = 0,0001
Перекресток просп. Обводный канал – ул. Логинова	Легковые, 1045	17,12	11,41	2,85	0,06	0,17	0,0006
	Грузовые, 35	0,24	0,97	0,07	0,07	0,01	<0,0001
	Автобусы, 20	0,18	0,74	0,06	0,06	0,01	<0,0001
Перекресток ул. Тимме – ул. Воскресенская	Легковые, 1390	22,77	15,18	3,79	0,08	0,23	0,0008
	Грузовые, 60	0,42	1,66	0,12	0,12	0,01	<0,0001

	Автобусы, 50	0,46	1,85	0,14	0,14	0,01	<0,0001
Перекресток ул. Воскресенская -просп. Обводный канал	Легковые, 1220	19,98	13,32	3,33	0,07	0,20	0,0007
	Грузовые, 50	0,35	1,39	0,10	0,10	0,01	<0,0001
	Автобусы, 30	0,28	1,11	0,08	0,08	0,01	<0,0001
Перекресток ул. Выучейского – просп. Ломоносова	Легковые, 905	14,82	9,88	2,47	0,05	0,15	0,0005
	Грузовые, 30	0,21	0,83	0,062	0,06	0,01	<0,0001
	Автобусы, 15	0,14	0,55	0,042	0,04	<0,01	<0,0001

Мы сопоставили вычисленные количества выброшенных вредных веществ с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК). По результатам расчётов на каждой экспериментальной площадке (на каждом перекрестке) суммарное количество вредных веществ, поступающих в атмосферу, превышает ПДК. Выбросы NOx (в пересчёте на NO₂) и формальдегида максимально превышены на каждой площадке в среднем в 37,5 и 17 раз соответственно. Наименее превышающим значение ПДК выбросом является выброс углеводорода (суммарное превышение ПДК менее 2,5 раз).

Среди всех экспериментальных площадок ПДК максимально превышена на перекрестке ул. Тимме – ул. Воскресенская, так ПДК NOx и формальдегида превышены в 47 и 21 раз соответственно. Одной из причин таких результатов является высокий машинопоток.

Заключение.

Загазованность городов продуктами выбросов промышленных предприятий и увеличивающегося потока автомобилей наносит огромный вред

здоровью населения, проживающему в городах, что приводит к снижению иммунитета, возрастанию частоты сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний желудочно-кишечного тракта, а также онкологических заболеваний. Именно поэтому стоит задача государственного уровня по улучшению экологической ситуации и уменьшению воздействия антропогенных факторов. Одним из способов решения данной проблемы является озеленение городов. Для выполнения данной задачи используются деревья, кустарники и травы, которые неприхотливы к условиям произрастания и являются хорошими источниками кислорода, поэтому существенным образом меняющими состав воздуха в лучшую сторону. В качестве такого растения можно предложить красный клевер, который неприхотлив, может расти в различных условиях и будет идеальным решением для плохо дренируемых или тенистых мест, не требует удобрений, клеверному газону требуется меньше воды, он довольно засухоустойчив, благодаря глубокой корневой системе, является более выносливым, чем другие растения.

Список литературы.

1. Габараева З.Г., Макиева Д.Ч. Действие тяжелых металлов на организм человека // Образование и право – 2020. - № 11. – С. 302-304.
2. Никитин Н.С., Ихер Т.П., Калмыкова Л.А. / Экология родного края. 1999. – С. 125.
3. Попова Л. Ф. Оценка загрязнения атмосферного воздуха в Архангельске / Л. Ф. Попова, О. Д. Боос. // Молодой ученый. — 2020. — № 49 (339). — С. 488-490.
4. Теплая Г.А. Тяжёлые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. - № 1 (23) – С. 182-192.
5. Яковлев Г.П. Большая Российская энциклопедия. Биология. – 2004-2017. – С. 319.