

Оглавление

Введение	1
Обзор литературы.....	3
Глава 1. Биогеографические особенности округа.....	3
Глава 2. Опыт утилизации бытовых отходов.....	5
Методы исследования.....	7
Результаты исследования	11
Выводы	20
Список литературы.....	21
Электронные ресурсы	21

Использованные сокращения

ТБО	твёрдые бытовые отходы
ОГО	Осинский городской округ
ИП	индивидуальный предприниматель

Под понятием тест-объект автор рассматривает растения, по воздействию на которые можно судить о степени влияния на качество атмосферного воздуха

Введение

*Нужно столетие,
чтобы восстановить то,
что разрушил день*

Р. Роллан

Проблема: Предлагаемая вниманию читателей исследовательская работа посвящена проблеме негативного воздействия на атмосферный воздух процессов захоронения и разложения твёрдых бытовых отходов (ТБО) на полигоне, расположенном около п. Светлый ОГО. По мнению жителей близ лежащих населённых пунктов, продукты разложения бытовых отходов доносятся с ветрами до деревень и воздействует на здоровье человека и животных, на состояние растений и в целом на экосистему.

Актуальность: Россия – одна из стран мира, в которой бытовые отходы просто присыпают землёй. Места захоронения ТБО становятся складом токсических веществ. В течение длительного периода времени они накапливаются в земле, проникают в подземные воды, распространяются ветровыми потоками и загрязняют окружающую среду. Атмосферный воздух занимает особое положение среди других компонентов биосферы. Бесконтрольное загрязнение абиотической среды связано с экологическими рисками, поэтому проблема утилизации ТБО в нашей стране признана первоочередной. С 2019 года на федеральном уровне принята программа «Чистая страна», по которой предусмотрено строительство мусороперерабатывающих заводов.

Проблема утилизации ТБО также привлекает к себе пристальное внимание учёных и общественности. Доктор т.н. В.В. Петров считает, что она не решена ни в одной из стран мира. По статистическим данным к.т.н. Е.А Калюжиной объёмы отходов растут каждый год, и «наибольшее воздействие на окружающую среду оказывает участок, где разгружаются и уплотняются отходы, что требует дальнейших исследований» [9]. По мнению д.м.н. А.А. Ляпкало метеорологические условия оказывают влияние на концентрацию загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.

Полигон на территории ОГО открылся в 1996 году. В существующих документах нет информации о том, учитывались ли при выборе ТБО направление и сила ветров.

Известно, что ряд растений наиболее сильно реагируют на загрязнение атмосферы, именно они и стали нашими **тест-объектами**: сосна, береза, осина, клён

Объекты - кора, шишки, хвоя, лиственной опад

Предмет: влияние местных ветров на реакцию тест – объектов (рН коры, соотношение длины и ширины шишек, продолжительность жизни и класс повреждения иголок у сосны, прорастание семян кресс-салата на лиственной опад)

Цель работы: Выяснить влияние местных ветров на реакцию тест-объектов, произрастающих в окрестностях полигона с ТБО

Гипотеза: Приступая к исследованию, мы предположили, что местные ветра оказывают влияние на загрязнение воздуха в окрестностях полигона с ТБО

Для достижения намеченной цели, необходимо решить следующие **задачи:**

1. Установить азимут, направление сторон света и расстояние от полигона с ТБО до населённых пунктов.
2. Провести анализ преобладающих местных ветров за прошедшие 2 года.
3. Сравнить реакцию тест объектов на загрязнение воздуха в зависимости от направления движения воздуха.

Материалы: В анализе использовали листья, кору и шишки голосеменных и лиственных деревьев, произрастающих в окрестностях полигона с ТБО. Для оценки чистоты воздуха использовали семена кресс-салата весеннего.

Оборудование: рН метр «PolyTech», телефон «Honor», лабораторное оборудование

Новизна: На территории ОГО оценка зависимости уровня загрязнения воздуха от направления ветров не проводилась. Имеются лишь отдельные исследования, посвященные анализу загрязнения воздуха без учета климатических ситуаций.

Практическая значимость: Полученные данные можно использовать на уроках биологии для подготовки сообщений по теме Экология. Также они будут переданы ИП А.Ю. Нефёдову с целью учёта направления и силы ветров при выборе нового места для полигона.

Обзор литературы

Глава 1. Биогеографические особенности округа

Осинский городской округ расположен на востоке европейской территории России в бассейне реки Камы. В учебном пособии «География природы Осинского района» Ф.Г. Устиновой читаем: «Осинский район удалён от Атлантического океана, поэтому влажные и тёплые воздушные массы Атлантики, преодолевая большие расстояния, постепенно теряют свои свойства и приходят к нам трансформированными: зимой они охлаждаются от снега, летом нагрее-

ваются и иссушаются, приобретая черты континентального воздуха» [5]. Очевидно поэтому климат в нашем округе более континентальный.

«Близость к Северному Ледовитому океану объясняет довольно частые вторжения арктического воздуха. Равнинный характер рельефа не препятствует проникновению на территорию района холодных северных воздушных масс в течение всего года» [5].

В статье «Влияние скорости и направления ветра на уровень загрязнения атмосферного воздуха города продуктами сгорания топлива» д.м.н. А.А. Ляпкало акцентирует внимание на роли метеорологических условий на повышение концентрации вредных веществ: «Метеорологические условия могут на 30–50% определять концентрацию загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, поэтому при разработке профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения, должны учитываться не только источники выбросов, качественный и количественный состав загрязняющих атмосферный воздух веществ, но погодные-климатические особенности, влияющие на уровень загрязнения атмосферы городской территории» [3].

Обратимся к описанию ветров в учебном пособии «География природы Осинского района»: «В течение года характерно южное, юго-западное и западное направление ветров, реже всего северо-восточное и восточное. В течение года в нашем крае отмечаются ветры различной силы. Их среднемесячные скорости колеблются в пределах от 2,4 до 3,4 м/сек. Во все месяцы за исключением апреля, июля, августа и сентября преобладают ветры, дующие со скоростью более 3 м/сек. Чаще всего повторяются ветры со скоростью до 2,5 м/сек, а сильные ветры – более 15 м/сек очень редки, и бывают лишь 5-8 дней в году. В тоже время в отдельные годы отмечаются и ураганные ветры, достигающие скорости до 20-22 м/сек» [5].

Из курса географии нам известно, что рельеф местности, расположение водных объектов, верхний слой почвы, снежный покров, растительность лесов и лугов оказывают большое влияние на тепло- и влагообмен. Тучи часто направляются вдоль реки Камы. «Около высоких увалов облака задерживаются,

испарения сгущаются и на выветренных склонах холмов выпадает большое количество осадков. На подветренных склонах осадков выпадает значительно меньше. Наш полигон расположен на вершине холма около п. Светлый. Он занимает площадь в 8 га. В 1,5 км на «ЮВ» направлении расположен ещё один полигон для захоронения отходов нефти, образовавшихся в результате ядерных взрывов на объекте «Грифон». У подножия холма протекают речки: на западе – р. Сергеевка, на востоке – р. Тишковка.

Благодаря крупным массивам лесов и большой площади водной поверхности на территории района уменьшается жара, увеличивается влажность воздуха, создается избыточное увлажнение» [5]. Эти и другие особенности климата создают благоприятные условия для распространения загрязняющих атмосферу веществ.

Глава 2. Опыт утилизации бытовых отходов

Общепринято под ТБО понимать: чёрные и цветные металлы, макулатуросодержащие и текстильные компоненты, стеклобой, пластмассу, пищевые отходы, камни, кости, кожу, резину, дерево, уличный смёт, строительный мусор, ... К опасным ТБО относятся: лаки, краски и косметика, батарейки и аккумуляторы, электроприборы и лампы, удобрения и ядохимикаты, бытовую химию и медицинские отходы, ртутьсодержащие термометры и барометры.

В СМИ приводятся данные о том, что ежедневно каждый городской житель производит в среднем 0,74 кг мусора, что за год составляет 200-300 кг. Несвоевременная его ликвидация может привести к локальным и к глобальным проблемам.

«В мировой практике подавляющее количество ТБО все ещё продолжают вывозить на полигоны: в СНГ на свалки вывозят 97% образующихся ТБО, в США – 73%, в Великобритании – 90%, в Германии – 70%, в Японии – около 30%, Швейцарии – 25%.

Недостатки складирования на свалках: большая потребная площадь земли, сложность организации новых свалок в связи с отсутствием свободных земельных участков, значительные затраты на транспортировку ТБО, потеря цен-

ных компонентов ТБО, экологическая опасность (загрязнение грунтовых вод и атмосферы, распространение неприятных запахов, потенциальная опасность в отношении пожаров и распространения инфекций, ...)» [11].

В настоящее время существует 4 способа переработки ТБО: сжигание, биотермическое компостирование с получением биотоплива, анаэробная ферментация с получением биогаза, сортировка с извлечением ценных компонентов для вторичного использования. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки.

В Прикамье ежегодно производится около 1 млн тонн бытовых отходов. Такие данные содержатся в документации регионального оператора по обращению с ТБО. По данным Ю. Кабаевой «в Пермском крае из общего объёма ТБО почти 40% (445 тыс. тонн) попадает в окружающую среду не санкционированно» [8]. По данным Л. Максимовой «В Пермском крае насчитывается около 30 санкционированных свалок. Однако требованиям СанПиНа соответствуют всего лишь 4 объекта: в д. Софроны, в Краснокамске, Звёздном и Березниках. Юридически в качестве объектов размещения ТБО в Госреестре зарегистрировано 8 полигонов» [10]. Депутат законодательного собрания И. Шулькин высказал мнение, что в ближайшие два-три года «край рискует превратиться в большую свалку бытового мусора» [10].

С 1 января 2019 года в России началась реформа обращения с ТБО. «Она призвана сделать обращение с мусором более цивилизованным, решить проблему с незаконными свалками и значительно сократить объёмы вывозимых на полигоны отходов» [7]. Генеральный директор компании «Российский экологический оператор» Д.П. Буцаев обсудил с губернатором Пермского края Д.Н. Махониным строительство перспективного объекта - экотехнопарка до конца 2024 года, «включающего в себя мусоросортировочный комплекс. Мощность сортировки объекта составит 300 тыс. тонн в год, утилизации - 144 тыс. тонны» [7].

По закону полигон около п. Светлый должен закрыться до 1 января 2026 года. Эту дату озвучил природоохранный прокурор Пермского края. Переполнение полигона влечёт за собой экологические риски.

Методы исследования

1. Установить азимут, направление сторон света и расстояние от полигона с ТБО до населённых пунктов.

Для решения первой задачи мы изучили топографическую карту Осинского района. Из точки полигона провели перпендикулярную линию к верхнему краю карты и определили направление на север. Далее с помощью транспортира определили азимут на выбранные нами населённые пункты. Используя Яндекс карты измерили расстояние от центра полигона до близлежащих населённых пунктов.

2. Провести анализ преобладающих местных ветров за прошедшие 2 года.

Для определения направления ветров изучили и обработали информацию с интернет сайта: Оса, Осинский район, Пермский край, Россия [12]. Использовали два показателя: силу и направление ветра по времени: 3.00, 9.00, 15.00, 21.00. С помощью таблицы Excel суммировали данные по направлениям и силе ветра и нашли средние показатели. Составили схему розы ветров и график силы ветров.

3. Сравнить реакцию тест объектов на загрязнение воздуха в зависимости от направления движения воздуха.

Реакцию тест объектов на загрязнение атмосферы проверяли по 6 методикам на 4 контрольных точках по направлениям: 1 – «СЗ»; 2 – «ЮЗ»; 3 – «ЮВ»; 4 – «СВ».

1. Класс повреждения и усыхания хвои сосны обыкновенной [4].

С нескольких боковых побегов в средней части кроны 5-10 деревьев сосны в 20-30 летнем возрасте отбирали 300 пар хвоинок второго и третьего года жизни. Анализ хвои проводили в домашних условиях. Всю хвою осматривали и сортировали на три части: неповреждённая хвоя, хвоя с пятнами и хвоя с усыханием, затем подсчитывали количество пар хвоинок в каждой группе. Полученные данные заносили в рабочую таблицу (табл. 1) с указанием даты отбора проб. Отбор проб производили 25 августа 2023 года. Средний класс повреждения и усыхания хвои проводили по формуле: $K = N_1 * 1 + N_2 * 2 + N_3 * 3 / (N_1 + N_2 + N_3)$,

где N_i – число хвоинок в каждом классе, K – средний класс повреждения. Делали вывод об изменении загрязнения атмосферы.

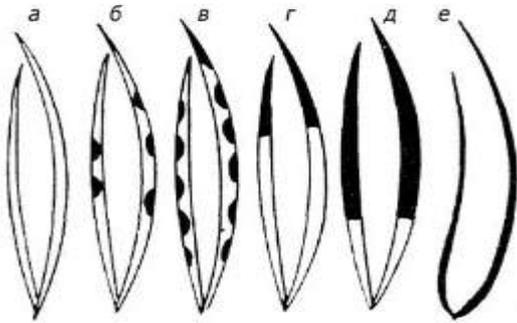


Рис. 1. Виды повреждения и усыхания хвои

а — хвоя без пятен (КП₁), нет сухих участков (КУ₁)
 б — хвоя с небольшим числом мелких пятен (КП₂), нет сухих участков (КУ₁)
 в - хвоя с большим числом чёрных и жёлтых пятен (КП₃), усох кончик 2-5 мм (КУ₂)
 г - усохла треть хвои (КУ₃)
 д - усохло более половины длины хвои (КУ₄)
 е — вся хвоя жёлтая и сухая (КУ₄)
 КП - класс повреждения (некрозы)
 КУ — класс усыхания хвои

Таблица 1

Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязнения атмосферы

№ участка	Дата отбора	Общее число хвоинок	Состояние хвои			
			количество с пятнами	% с пятнами	количество с усыханием	% с усыханием
1. СЗ						
2. ЮЗ						
3. ЮВ						
4. СВ						

Место исследования _____

Качество воздуха	Виды повреждений	КП – класс повреждений (некрозы)	КУ – класс усыхания	% количество хвоинок с повреждением	Примечания
I	А	КП – 1	КУ – 1		
II	Б	КП – 2	КУ – 1		
III	В	КП – 3	КУ – 2		
IV	Г		КУ – 3		
V	Д		КУ – 4		
VI	Е		КУ – 4		

Примечание:

I - идеально чистый воздух,

II - чистый,

III - относительно чистый («норма»),

IV- заметно загрязнённый («тревога»),

V - грязный («опасно»),

VI - очень грязный («вредно»).

2. Определение чистоты атмосферного воздуха с помощью листового опада

В конце августа собрали лиственной опад с 4 точек вокруг полигона. Пробы измельчили, затем по 10 см³ опада поместили в чашки Петри, залили 20 мл дистиллированной воды; накрыли фильтровальной бумагой; на неё положили по 10 семян кресс-салата; чашки Петри закрыли крышкой и поставили на подоконник. В качестве контроля использовали артезианскую воду. Через 3–4 дня определили процент всхожести семян. Вычислили коэффициент К, равный отношению всхожести семян в контроле к всхожести семян в пробе. Сделали вывод о чистоте воздуха. При

К = 1 - воздух относительно чистый К = 1,1–2 - воздух слабо загрязнён

К = 2–4 - воздух загрязнён К больше 4 - воздух сильно загрязнён

3. Оценка степени загрязнения воздуха по рН коры [1]

Измельчили пробы коры сосны и лиственных деревьев (рябина, клён, береза), высушили в сушильном шкафу при 100 °С в течение двух часов, затем приготовили суспензию коры с дистиллированной водой в соотношении 1:5 по массе. Суспензию настаивали в течение суток и измеряли рН с использованием рН-метра. Для определения чистоты воздуха использовали следующие критерии:

6,98– 7,09	чистый воздух	6,40–6,65	среднее загрязнение
6,65– 6,98	слабое загрязнение	6,09–6,40	сильное загрязнение
6,00– 6,06	очень сильное загрязнение (борьба)	меньше 6,00	очень сильное загрязнение (лишайниковая пустыня)

4. Средняя длина хвои сосны [3]

Каждую хвоинку измерили сначала с помощью циркуля, а затем линейки (точность – 1 мм) и вычислили среднюю величину. На участках с сильно загрязнённой атмосферой сосновые хвоинки должны быть бледно-зелёного цвета, удлинённые и меньшего сечения.

Сначала вычислили среднюю квадратичную погрешность по формуле $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ затем случайную погрешность по формуле $\Delta\delta = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}t$, где t (коэффициент Стьюдента) нашли из таблицы (табл. 2) [2].

Таблица 2
Коэффициент t для расчета случайной погрешности

количество измерений	число t	количество измерений	число t
3	4,3	8	2,4
4	3,2	9 – 10	2,3
5	2,8	11 – 14	2,2
6	2,6	15 – 30	2,1
7	2,5	более 30	2

5. Наличие аскорбиновой кислоты в хвое сосны [13]

Анализ хвои проводили через неделю после срезания с дерева. Определили наличие аскорбиновой кислоты в осенний период методом йодометрии. Для этого:

1. В фарфоровой ступке растёрли 5 г хвои с 2 мл раствора HCL.
2. Полученную вытяжку аккуратно перенесли в мерный стакан и долили до метки 50 мл дистиллированной воды.
3. Тщательно перемешали содержимое и отфильтровали.
4. Отмерили 10 мл отфильтрованной жидкости, добавили 1 мл крахмального клейстера и по одной капле раствора I₂ в йодиде калия.
5. Наблюдали обесцвечивание раствора I₂ в пробирке с вытяжкой из хвои.

Расчёты: С помощью пипетки посчитали, сколько капель содержится в 1 мл (в 1 мл содержится 28 капель йода). Зная объём одной капли, определили объём раствора йода, израсходованного на титрование аскорбиновой кислоты. Концентрация раствора йода известна: 1 мл 5%-ного раствора соответствует 35 мг аскорбиновой кислоты.

1 мл – 28 капель I₂

1 мл 5% I₂ – 35 мг аскорбиновой

кислоты

x мл – 7 капель

X = 0,25 мл

0,25 мл – X

X = 8,75 мг

6. Оценка состояния атмосферы с помощью генеративных органов сосны [1]

Для проведения исследования в конце августа под кронами 20–40-летних деревьев собрали опавшие шишки урожая предыдущего года (по 155 с каждого участка). Шишки отбирали целые и полностью раскрывшиеся. Собранные шишки сушили при комнатной температуре в течение 3 месяцев. После этого провели измерения длины и ширины. Измерение производили с помощью штангенциркуля и линейки.

Далее провели статистическую обработку данных. Во-первых, учитывали, что под действием загрязнителей происходит заметное уменьшение длины женских шишек (до 15–20%). Во-вторых, принимая во внимание, что ширина шишки является показателем с очень высокой вариабельностью, использовали метод координат, предложенный к.п.н. А.И. Севруком. Для чего нанесли на координатную плоскость точки пересечения длины и ширины каждой шишки. Далее делали вывод: чем получившееся облако больше похоже на продолговатый овал, тем выше связь между длиной и шириной шишек. Идеальная связь должна быть представлена в виде линии.

Результаты исследования

Исследование проводили на базе МБОУ «СОШ № 4 г. Осы» с августа по декабрь 2023.

1. В результате картирования по топографической карте определили азимуты ближайших населённых пунктов и расстояние до центра полигона (табл. 3).

Таблица 3

Азимут и расстояние от центра полигона с ТБО до населённых пунктов

№	Населённый пункт	Азимут	Расстояние (км)
1.	д. Щелкановка	ЗСЗ 25°	6,24
2.	д. Пакли	ЗСЗ 30°	9,10
3.	п. Пермяково	ЗСЗ 37°	8,51
4.	д. Устиново	СЗ 45 °	3,52
5.	д. Сергеева	ССЗ 65°	1,78
6.	д. Десятково	ССЗ 65°	6,32
7.	п. Светлый	ССВ 104°	1,86
8.	г. Оса	ССВ 120°	4,70

9.	п. Тишкова	ССВ 123°	2,41
10.	д. Мазунино	ВСВ 153°	6,56
11.	д. Симаково	ВСВ 160°	2,67
12.	д. Козлова	ВСВ 175°	6,54
13.	д. Бархатова	В 185°	7,07
14.	д. Петухова	ВЮВ 205°	7,83
15.	д. Гащицы	ВЮВ 210°	7,4
16.	д. Крылова	ЮВ 227°	10,4
17.	д. Мостовая	ЮВ 240°	11,4
18.	д. Язлова	ЮВ 255°	12,1
19.	д. Гремяча	ЮВ 262°	12,3
20.	д. Ново-Залесново	ЗЮЗ 340°	7,93
21.	д. Подгородище	ЗЮЗ 352	8,70

На «СВ» направлении находятся 6 населённых пунктов, в том числе г. Оса, на «В» – одна деревня, на «ЮВ» – 6 населённых пунктов, на «ЮЗ» – две деревни и расположены они дальше чем на 7 км, на «СЗ» – 6 населённых пунктов, из них 4 находятся на расстоянии ближе 5 км, причём д. Сергеева, оказалась самой близкой к полигону (1,78 км), на «С», «Ю» и «З» направлениях – деревень и посёлков нет.

1. Ознакомившись с архивом погоды за 2021-2023 года мы установили, что «СВ» ветра сменяли другие ветра - 438 раз, «В» - 200, «ЮВ» - 496, «Ю» - 416, «ЮЗ» - 744, «З» - 294, «СЗ» - 546, «С» – 235 раз (рис. 2).

Средняя сила ветра за 2 года оказалась самой большой у «Ю» (3,4 м/с) и «ЮЗ» (3 м/с) ветров, самая маленькая у «С» (1,6 м/с) ветров. «СВ» и «СЗ» ветра в среднем имеют силу ветра 2 м/с, «ЮВ» – 2,1 м/с. Диапазон ветров составляет от 0,6 м/с у

С

«ЮВ», 0,7 м/с у

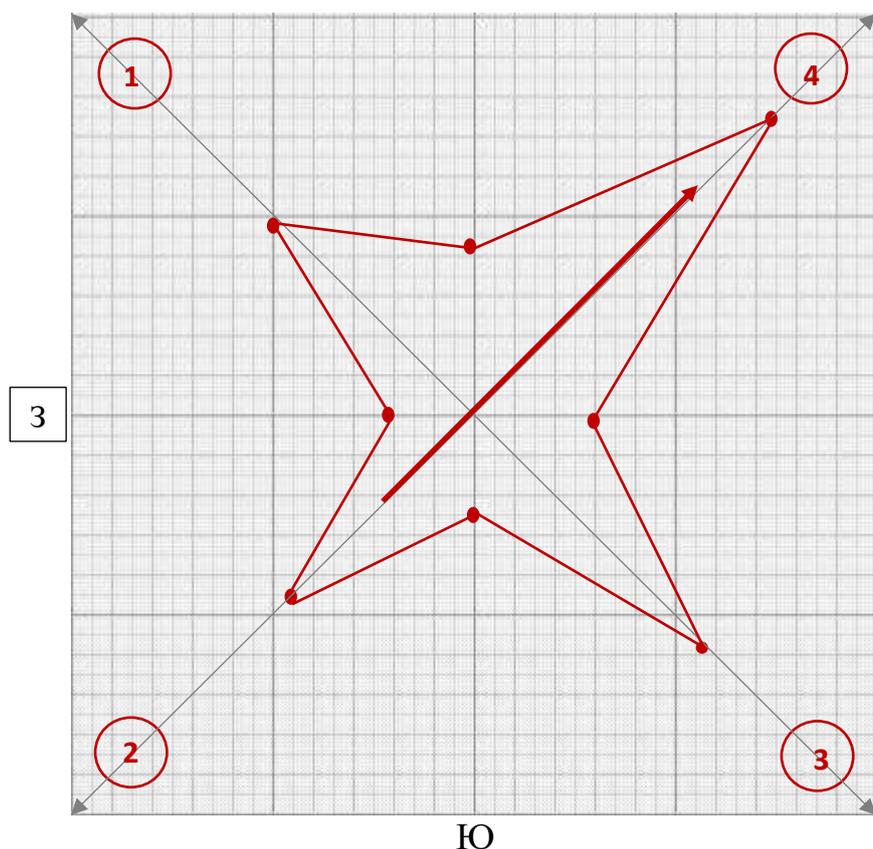


Рис. 2. Роза ветров



Рис. 3. Средняя сила ветров за 2 года

«Ю», «СВ», 0,8 м/с у «3» и «СЗ» до 8,6 м/с у «ЮЗ» и 10,1 м/с у «Ю». Таким образом «ЮЗ» ветра (из выбранных нами направлений) дуют чаще и имеют наибольшую силу ветра (рис. 3).

Вывод: С учётом розы ветров, средней силы ветра и расположения населённых пунктов определили направления контрольных точек:

1 – СЗ 2 – ЮЗ
3 – ЮВ 4 – СВ
определили места сбора тест-объектов на расстоянии 400 – 500 метров от полигона.

1. По результатам первой методики «Класс повреждения и усыхания хвои сосны обыкновенной» по всем данным контрольная точка на «СВ» направлении имеет показатели, подтверждающие негативное влияние ветров на загрязнение атмосферы: самый высокий процент КП₃ - 10,7% (табл. 4), КУ₃ - 9,3% (табл. 5) и КУ₄ - 15,7% (таб. 5), средний класс некрозов - 1,83 (табл. 4) и хлорозов - 2,14 (табл. 5). По таблице «Оценка качества воздуха» (табл. 6) можно ви-

деть, что от 2,7% (ЮЗ) до 7 % (СВ) и 7,3% (ЮВ) состояние хвои сосны соответствует оценке – «грязный воздух»; от 3,6 % (ЮЗ) до 8,7% (СВ) состояние хвои сосны соответствует оценке - «очень грязный воздух». В целом, более низкую оценку качества воздуха имеет «СВ» направление.

Таблица 4
Классы повреждений хвои (некрозы)

участки показатели класс	1. СЗ		2. ЮЗ		3. ЮВ		4. СВ	
	n	%	n	%	n	%	n	%
КП ₁	126	42	115	38,3	130	43,3	82	27,3
КП ₂	151	50,3	169	56,3	149	49,7	186	62
КП ₃	23	7,7	16	5,4	21	7	32	10,7
К	1,66		1,67		1,64		1,83	

Таблица 5
Классы усыхания хвои (хлорозы)

	1. СЗ		2. ЮЗ		3. ЮВ		4. СВ	
	n	%	n	%	n	%	n	%
КУ ₁	115	38,3	116	38,7	118	39,3	79	26,3
КУ ₂	144	48	145	48,3	129	43	146	48,7
КУ ₃	15	5	20	6,7	14	4,7	28	9,3
КУ ₄	26	8,7	19	6,3	39	13	47	15,7
	1,84		1,81		1,91		2,14	

Таблица 6
Оценка качества воздуха

Качеств о воздуха	КП – некроз ы в %	КУ – хлороз ы в %	КП – некроз ы в %	КУ – хлороз ы в %	КП – некроз ы в %	КУ – хлороз ы в %	КП – некроз ы в %	КУ – хлороз ы в %
	СЗ		ЮЗ		ЮВ		СВ	
I - А	42	21,7	38,3	28,3	43,3	33	27,3	15
II - Б	50,3	16,6	56,3	10,4	49,7	6,3	62	11,3
III - В	7,7	48	5,4	48,3	7	43	10,7	48,7
IV - Г	-	5	-	6,7	-	4,7	-	9,3
V - Д	-	3	-	2,7	-	7,3	-	7
VI - Е	-	5,7	-	3,6	-	5,7	-	8,7



Рис. 4. Классы повреждения хвои (некрозы)

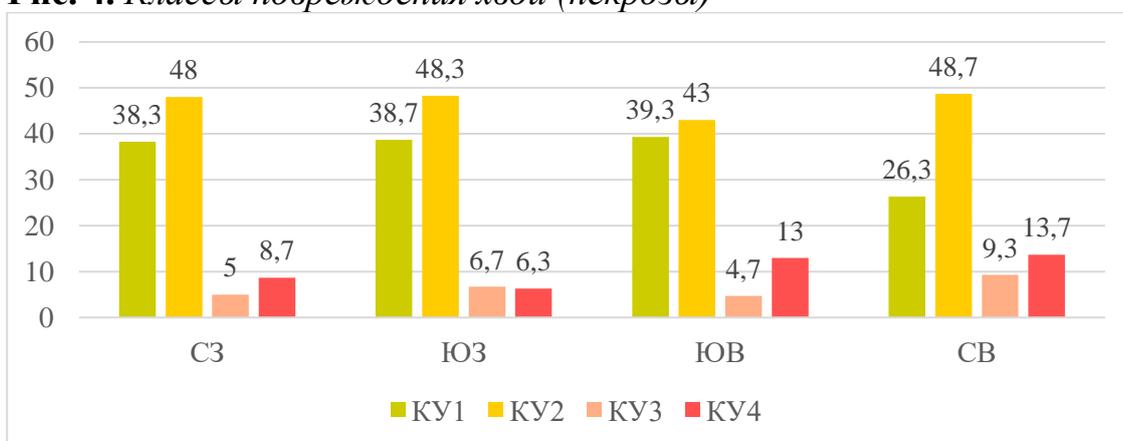


Рис. 5. Классы усыхания хвои (хлорозы)

Методику «Определения чистоты атмосферного воздуха с помощью листового опада» проводили три раза. В контрольной чашке Петри 100% семян кресс салата проросли с первого опыта (рис. 6), в то время как на «ЮЗ», «ЮВ» и «СВ» направлениях проросли только по одному семени (10%). Во втором опыте уменьшили число листьев, в третьем отобрали листья без видимых повреждений. Расчёты вели по третьему опыту (рис.7–8). Сделали вывод, что листопадные деревья очень чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха бытовыми отходами. Суммарно тест объекты по всем направлениям показали «загрязнение атмосферы» (табл. 7), а «ЮВ» - «сильное загрязнение» (табл. 7).

Таблица 7
Проращение кресс салата

	1	2	3	Σ			
1 «СЗ»	0	0	5	5	$10 / 5 = 2$	загрязнён	2
2 «ЮЗ»	1	6	4	11	$10 / 4 = 2,5$	загрязнён	4
3 «ЮВ»	1	0	2	3	$10 / 2 = 5$	сильно загрязнён	1
4 «СВ»	1	3	5	9	$10 / 5 = 2$	загрязнён	3
контроль	10						

1 и 2 опыт - повреждённые листья
видимых повреждений

3 опыт – листья без ви-



Рис. 6. Проращение семян кресс салата в контроле через 3 дня

Рис. 7. Проращение семян кресс салата на ЮВ

Рис. 8. Проращение семян кресс салата на СВ

Критерии методики «Оценка степени загрязнения воздуха по рН коры» иллюстрируют, во-первых, что хвойные деревья более чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха вблизи полигона с ТБО, во-вторых – что тест объекты более поражены на «СВ» направлении. Кора сосны имеет рН соответствующий оценке – «очень сильное загрязнение (борьба)», а лиственных деревьев оценке – «сильное загрязнение» (табл. 8).

Таблица 8
рН коры сосны и лиственных деревьев

сосна		рейтинг	оценка	лиственные	рейтинг	оценка
СЗ	5,7	2	очень сильное загрязнение (лишайниковая тундра)	6,6	4	среднее загрязнение
ЮЗ	5,5	1		6,5	3	
ЮВ	6,2	4	сильное загрязнение	6,3	2	сильное загрязнение
СВ	6,0	3	очень сильное загрязнение (борьба)	6,2	1	

Средняя длина хвои сосны имеет размеры от 5,22 см (погрешность 0,12) на «СЗ» направлении до 6,87 см (погрешность 0,14) на «ЮЗ направлении». На «СВ» направлении средняя длина хвои составила 6,06 см (погрешность 0,16). Таким образом, худшие показатели имеют «ЮВ» и «СВ» направления (рис. 9). Их листья имеют более удлиненную форму и меньшее сечение.

№	mi n	ma x	средняя	рей- тинг
1.СЗ	2,9	7,5	5,224±0,1 2	3
2.Ю З	2,5	6,5	5,309±0,0 9	4
3.Ю В	3,2	7,5	6,869±0,1 4	1
4. СВ	3,0	9,2	6,057±0,1 6	2

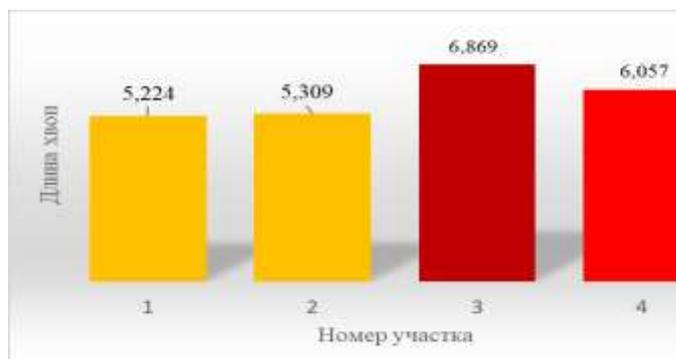


Рис. 9. Средняя длина иголок сосны обыкновенной (см)

Сравнивая наличие аскорбиновой кислоты в хвое сосны в разных точках, мы получили самое маленькое её количество на «ЮВ» направлении (4,9 мг), далее на «СЗ» направлении (5,9 мг), «СВ» (7,35 мг) и самое большое на «ЮЗ» направлении (8,75 мг) (табл. 9). Повышение концентрации аскорбинки – показатель адаптация к стрессу у растений [14].

Сравнивая с полученными данными в исследовательских работах у других учащихся, мы увидели, что наши результаты оказались ниже чем у А. Панковой [12] (г. Димитровград 2016 г. (9,75 мг, 12,6 мг, 18,9 мг)., но выше, чем у К. Апрышко [6] (с. Красное 2021 г. 1,05 мг и 2,45 мг). Возможны три причины: разное время сбора хвои, разное время проведения исследования и разная степень загрязнения атмосферного воздуха

Таблица 9

Наличие аскорбиновой кислоты в хвое сосны

Измерив длину шишек, выросших в разных сторонах от полигона с ТБО, мы получили следующие резуль-

№	капель	I ₂ мл	С мг	рейтинг
1. СЗ	5	0,21	5,9	3
2. ЮЗ	7	0,25	8,75	1
3. ЮВ	4	0,14	4,9	4
4. СВ	6	0,17	7,35	2

таты: на «ЮЗ» и «ЮВ» направлениях средний размер шишек больше, чем на «СЗ» «СВ» направлениях от 0,41 см до 0,52 см, что указывает на большее загрязнение воздуха в последних направлениях (рис. 10). Стоит заметить, полученные данные по «СЗ» и «СВ» оказались ниже среднестатистических показателей длины шишек сосны обыкновенной (4 – 5 см).

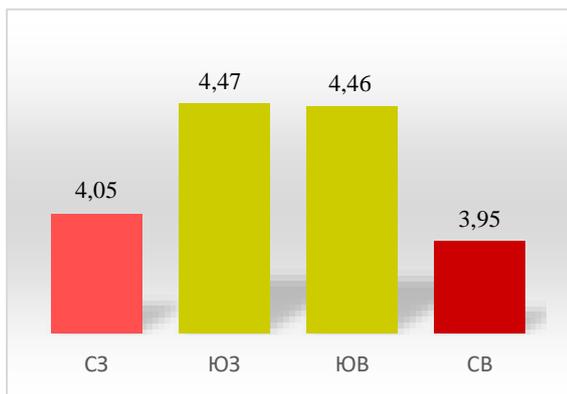


Рис. 10. Средняя длина шишек (см)

Генеративные органы более чувствительны к загрязнению.

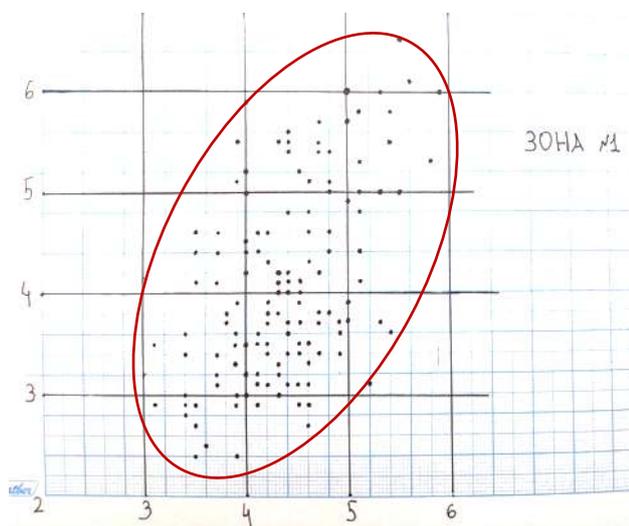


Рис. 11. Связь между длиной и шириной шишек на «СЗ» направлении

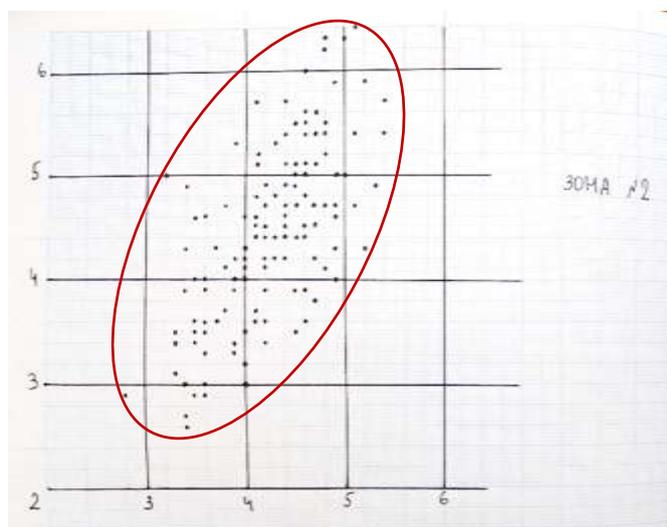


Рис. 12. Связь между длиной и шириной шишек на «ЮЗ» направлении

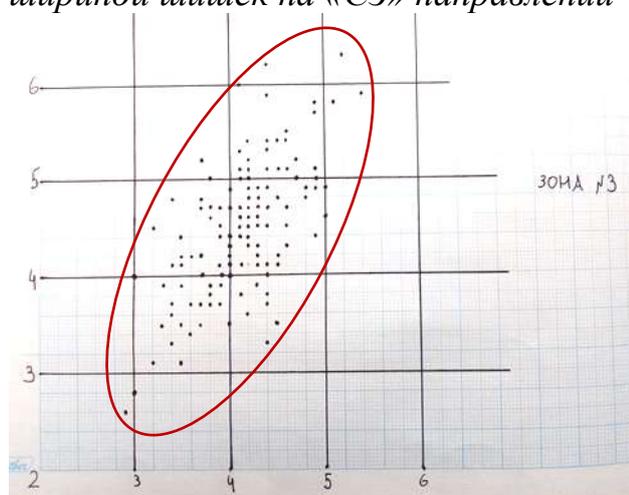


Рис. 13. Связь между длиной и шириной шишек на «ЮВ» направлении

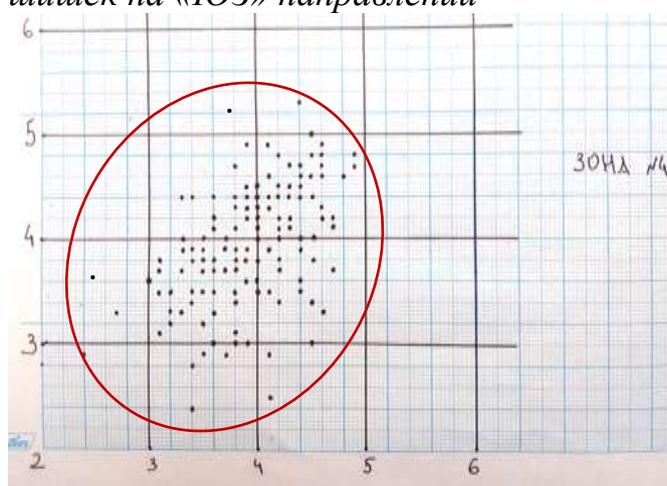


Рис. 14. Связь между длиной и шириной шишек на «СВ» направлении

Внешний вид облаков, полученных из точек пересечения между длиной и шириной шишек сосны обыкновенной показывает незначительную корреляционную связь между ними на всех участках. Однако стоит отметить, что визуально облако на «СВ» направлении имеет наиболее округлую форму, а на «ЮВ» более вытянутую, напоминающую овал (рис. 11-14).

Таким образом можно сделать вывод, что на самая маленькая длина шишек и меньшая корреляция между длиной и шириной шишек сосны обыкновенной на «СВ» направлении свидетельствуют о наибольшей степени загрязнения атмосферного воздуха.

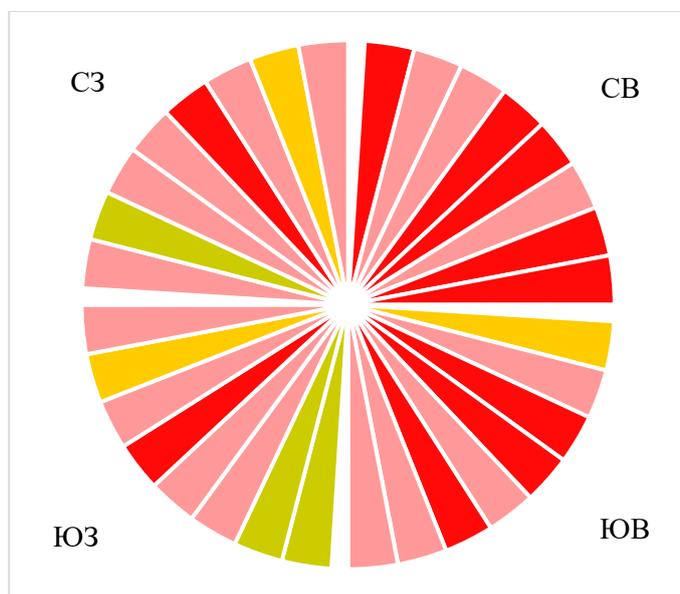


Рис. 15. Суммарные показатели загрязнения воздуха по тест-объектам

Проведенные нами исследования позволяют выявить следующую закономерность: на «СВ» направлении тест объекты в пяти случаях из восьми показали самые плохие результаты (красный цвет), в трёх методиках результаты тест-объектов в антирейтинге оказались на втором месте (тёмно-кремовый цвет) (рис.15).

Относительно меньше, по реакции тест объектов, воздух загрязнён на «ЮЗ» направлении. Здесь по 2 методикам реакция биоиндикаторов занимает четвёртую позицию (лимонный цвет), по одной – третью, по четырём – вторую, и лишь одна методика показала самый плохой результат (красный цвет).

На основании вышесказанного логично предположить, что направление и сила ветров влияют на уровень загрязнения атмосферы, что в свою очередь, подтверждает выдвинутую нами гипотезу.

Выводы

1. Вокруг полигона находится 21 населённый пункт. Расстояние от них до полигона составляет приблизительно от 2 км до 12 км. Наибольшее количество населённых пунктов находятся на «СВ», «ЮВ» и «СЗ» направлениях.

2. Чаще дуют и имеют наибольшую силу «ЮЗ» ветра.

3.1. На «СВ»

- самые низкие показатели КУ₃ и КУ₄ хвои сосны (9,3% хвои сосны диагностируют «заметное загрязнение воздуха», 7% - «загрязненный воздух» и 8,7% - «очень грязный воздух»);

- самый высокий средний класс хлорозов (1,83) и некрозов (2,14);

- самая низкая рН коры сосны (6,0 – очень сильное загрязнение) и лиственных деревьев (6,2) («сильное загрязнение»);

- самая маленькая длина шишек (3,95см);

- самая низкая корреляция между длиной и шириной шишек, выраженная в округлой форме.

На «ЮВ» направлении:

- самый высокий коэффициент не всхожести семян кресс салата на листовом опаде ($k=5$, воздух сильно загрязнён);

- самая длинная средняя длина хвои ($6,869 \pm 0,14$).

На «ЮЗ» направлении:

- самое большое количество аскорбиновой кислоты (8,75 мг – адаптация к стрессу).

Чаще ветра дуют с «ЮЗ» на «СВ». Таким образом, наибольшая нагрузка ветров приходится на «СВ» направление и тест объекты в этой зоне в пяти из восьми случаев показали самые плохие результаты, что подтверждает выдвинутую нами гипотезу.

Список литературы

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.
2. Евстифеева Т.А. Биологический мониторинг: методические указания к лабораторным работам. Оренбург: ОГУ, 2010. – 41 с.
3. Ляпкало А.А., Дементьев А.А., Цурган А.М. Влияние скорости и направления ветра на уровень загрязнения атмосферного воздуха города продуктами сгорания топлива // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7-1. – с. 125-129
4. Назаренко, Н.Н. Биоиндикация окружающей среды [Текст]: учебно-практическое пособие. Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2019. – 115 с.
5. Устинова Ф.Г. География природы Осинского района. – Оса, Росстани –на– Каме, 2005. – 112 с.

Электронные ресурсы

6. Апрышко К.С. Влияние сезонных и возрастных факторов на содержание аскорбиновой кислоты в хвое сосны обыкновенной с. Красного Липецкой области. [Электронный ресурс] – Режим доступа: eee-science.ru/item-work/2021-4663/
7. Буцаев Д.П. В Пермском крае до конца 2024 года построят экотехнопарк. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/15985535>
8. Кабаева Ю. Стихийные похороны. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://expert-ural.com/archive/9-411/svalniy-greh.html>
9. Калюжина Е.А. Экологические особенности воздействия полигонов ТБО на состояние окружающей среды в районе их расположения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-osobennosti-vozdeystviya-poligonov-tverdyh-bytovyh-othodov-na-sostoyanie-okruzhayushey-sredy-v-rayonah-ih/viewer>

10. Максимова Л. В Пермском крае продолжают закрываться полигоны по утилизации ТБО. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solidwaste.ru/publ/view/804.html>
11. Мировой опыт по переработке ТБО. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ekologia.cap.ru/sitemap.aspx?id=584651>
12. Ну и Погода. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://osa.nuipogoda.ru>
13. Панкова А. Хвоя сосны обыкновенной как источник аскорбиновой кислоты. <https://infourok.ru/issledovatelskiy-proekt-hvoya-sosni-kak-istochnik-askorbinovoy-kisloti-934077.html>
14. Растения и стресс. Курс лекций. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1580/4/1333214_lectures.pdf?ysclid=lsvxhztm17955547719