

РАЗДЕЛ 4. Экологическая безопасность

УДК 628.511.1

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ И ЕЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА В ЖИЛОЙ ЗОНЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ С ПОЗИЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИГлинянова¹ И.Ю., Асанова² Н.В.

Волгоградский государственный технический университет,
Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28,
E-mail: ¹ecoris@yandex.ru, ²natali_as@mail.ru

Аннотация. Атмосферный воздух населенных пунктов наполнен различными химическими соединениями из антропогенных и природных источников. Особая нагрузка на жилые зоны может исходить от предприятий строительной индустрии в виде загрязнения территорий мелкодисперсной пылью (PM₁₀). Актуальность темы исследования заключается в мониторинге PM₁₀ в тех жилых зонах, которые не попадают в сферу влияния государственных экологических постов, но расположены вблизи деятельности предприятий стройиндустрии. Объект исследования – атмосферный воздух жилой зоны рп Средняя Ахтуба (Среднеахтубинский район Волгоградской области). Предмет исследования – мелкодисперсная пыль на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) в жилой зоне рп Средняя Ахтуба (Среднеахтубинский район Волгоградской области) за весенне-летний период в 2018 году в условиях техногенной нагрузки двух предприятий по производству керамзита и др. в сравнительной характеристике с условно-чистой зоной. Цель работы заключалась в исследовании количества мелкодисперсной пыли (PM₁₀), определении ее химического состава в жилой зоне рп Средняя Ахтуба. Анализ частиц позволил выявить превышение количества мелкодисперсной пыли (PM₁₀) в жилой зоне рп Средняя Ахтуба в 1.4 раза по сравнению с условно-чистой зоной с прогнозированием смешанного типа загрязнения: с одной стороны – это выбросы химических соединений керамзитовых производств, с другой стороны – загрязняющие вещества от других антропогенных и природных источников. Для снижения нагрузки на жилую зону рп Средняя Ахтуба требуется совершенствование системы защиты окружающей среды на предприятиях по производству керамзита, благоустройство и озеленение их санитарно-защитных зон, в том числе, поиск других источников загрязнения жилых зон рп Средняя Ахтуба.

Предмет исследования: количество мелкодисперсной пыли (N_{PM10},%) на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) и ее химический состав.

Материалы и методы: материалом исследования являлись листья абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*), которые выступали естественными пробоотборниками твердых частиц из атмосферного воздуха населенных пунктов за весенне-летний период 2018 года. Исследование частиц согласовалось с международными методиками (Dzierzanowski K. [etc], 2011; Lukowski A. [etc], 2020); ГОСТом Р 56929-2016 и др. Микроанализ химических соединений выполнялся на электронном сканирующем микроскопе (Dual Beam - Versa 3D) и др.

Результаты: установлено статистически значимое превышение количества мелкодисперсных частиц ((N_{PM10}),%) в 1,4 раза (2018 год) на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) на экспериментальной территории (N_{PM10}=91,55%) по сравнению с условно-чистой зоной (N_{PM10}=66,14%) за весенне-летний период 2018 года на основе применения непараметрического критерия Краскела – Уоллиса, Т-критерия Вилкоксона при уровне значимости: p=0,05. Пылевидные частицы (PM₁₀), отобранные на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*), состояли из следующих химических соединений (масс,%): (TiO₂ (0.0313), CaO (18.0435), Fe₂O₃ (0.1805), Al₂O₃ (1.5197), K₂O (25.4243), MgO (19.4668), Na₂O (0.0001), SiO₂ (2.8776), MnO (0.0324), P₂O₅ (7.7117), SO₃ (3.2323), в том числе Cl₂O (21.4797). При этом определены в частицах и другие оксиды (мас.%): CuO (0.0317), ZnO (0.0618), Br₂O (0.0371), SrO (0.2344); F – (3.51), Mo (0,36) и др.

Выводы: проведенное исследование позволяет спрогнозировать смешанный тип загрязнения мелкодисперсной пылью (PM₁₀) жилой зоны рп Средняя Ахтуба. С одной стороны, частицы поступают из промышленной зоны керамзитовых производств в виду наличия в частицах химических соединений из состава глинистых минералов (TiO₂, CaO, Fe₂O₃, Al₂O₃, K₂O, MgO, Na₂O, SiO₂, MnO, P₂O₅, SO₃), фтора (F), как побочного продукта технологического процесса производства керамзита. С другой стороны, такие соединения, как: Cl₂O, CuO, ZnO, Br₂O, SrO, Mo и др., могли быть продуктами как антропогенных, так и природных источников, что свидетельствует об экологических рисках для населения и отсутствия должной меры защиты жилых зон рп Средняя Ахтуба от загрязняющих веществ. В этой связи требуется совершенствование системы защиты на предприятиях по производству керамзита, благоустройству и озеленению санитарно-защитной зоны предприятий, а также поиска других источников загрязнения, которые продуцируют: Cl₂O, CuO, ZnO, Br₂O, SrO, F, Mo и др. Данная работа демонстрирует возможность листьев растений выступать эффективными «пассивными биомониторами» экологической ситуации в тех жилых зонах населенных пунктов, где отсутствуют государственные экологические посты.

Ключевые слова: PM₁₀, мелкодисперсная пыль, экологическая безопасность, атмосферный воздух, экологические риски

ВВЕДЕНИЕ

Контроль за предприятиями строительной индустрии, расположенными вблизи жилых зон населенных пунктов - непереносимое условие обеспечения экологической безопасности проживающего там населения.

Производства строительных материалов характеризуются выраженной техногенной нагрузкой на окружающую среду в виде пылевидных частиц и других загрязняющих веществ. Особую опасность представляет мелкодисперсная пыль (PM_{10}) для человека в связи с развитием многочисленных заболеваний, которые инициируются частицами.

В этой связи актуальным вопросом является планомерный мониторинг PM_{10} в жилых зонах населенных пунктов вблизи функционирующих предприятий стройиндустрии. При этом не все жилые зоны населенных пунктов охвачены постами государственного экологического мониторинга. Эффективным и альтернативным методом оценки экологической ситуации в жилых зонах городских и сельских поселений государственному экологическому мониторингу, могут быть биомониторы – листья растительных сообществ, а информативным показателем качества окружающей среды являться дисперсность частиц, количество мелкодисперсной пыли и химический состав, который может указать на фактор загрязнения, поскольку известно, что атмосферный воздух населенных пунктов может быть наполнен частицами из разных источников. Для понимания доли нагрузки строительных производств в населенных пунктах, было проведено исследование атмосферного воздуха в жилой зоне рп Средняя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области в условиях техногенной нагрузки двух расположенных рядом предприятий по производству керамзита.

Цель исследования: выявление PM_{10} на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*), ее количества ($N_{PM_{10},\%}$), микроанализ элементного состава PM_{10} , отобранных на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) за весенне-летний сезон 2018 года в жилой зоне рп Средняя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области в условиях техногенной нагрузки предприятий по производству керамзита. Задачи исследования: 1. сбор листовых пластинок абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) в жилой зоне Средняя Ахтуба в октябре 2018 года; 2. получение твердых частиц; 3. выявление мелкодисперсной пыли (PM_{10}) и ее количества ($N_{PM_{10},\%}$); 4. микроанализ твердых частиц; 5. прогнозирование источников загрязнения.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Мелкодисперсная пыль представляет определенную угрозу для здоровья человека и создает условия для развития различных заболеваний в его организме. Так, была выявлена связь между мелкодисперсной пылью ($PM_{2.5}$, PM_{10}) и смертностью населения в возрасте 65 лет от сердечно-сосудистых заболеваний и органов дыхания в Китае [1]; высокие показатели преждевременной смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, связанных с PM_{10} и $PM_{2.5}$ установлены среди населения в г. Йезд (Иран) [2]; определены изменения гематологических параметров, а также окислительный стресс у сельских женщин из племенных районов на северо-востоке Индии, подверженных воздействию PM_{10} и $PM_{2.5}$ [3]. Длительное воздействие $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе населенных пунктов могло быть важным фактором риска смертности от почечной недостаточности у пожилых людей, проживающих в административном районе Китая - Гонкоге [4]; Z. J. Andersen, M. Pedersen, G. Weinmayr [etc.] и др. нашли убедительные доказательства связи между длительным воздействием поглощения $PM_{2.5}$ из атмосферного воздуха и развитием злокачественных опухолей головного мозга среди городского населения ряда европейских стран (Голландия, Швеция, Италия, Австрия, Дания и др.) [5].

В этой связи выявление мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе городских и сельских территорий является актуальной темой исследования, как и изучение химического состава частиц, что позволит спрогнозировать возможные источники загрязнения окружающей среды, выявить долю нагрузки антропогенных источников и связанных с ними экологических рисков для населения. В последнее время поднимается вопрос проведения исследований со стороны ученых не с позиции изучения традиционной массовой концентрации мелкодисперсной пыли, а исследований ее количества. Так, имеются официальные подтверждения, основанные на результатах токсикологических исследований, что определяющим показателем воздействия частиц на организм человека при их вдыхании «может не быть связано с массой частиц»¹, но связано с площадью поверхности частиц [6], [7], т.е. чем меньше имеет диаметр частица ($PM < 10 \mu m$), тем более значительной удельной поверхностной площадью она обладает, проявляя уникальные физико-химические свойства, в том числе реакционные, представляя особую угрозу для здоровья человека при внедрении аэрозольных частиц в организм человека.

¹ ГОСТ Р 54597-2011/ISO/TR 27628:2007 Воздух рабочей зоны. Ультрадисперсные аэрозоли, аэрозоли наночастиц и наноструктурированных частиц. Определение характеристик и оценка

воздействия при вдыхании. – М.: Стандартинформ, 2019. – 32.

В этой связи, разработчики современных государственных стандартов обращают внимание на то, что «Воздействие на здоровье, связанное с активностью частиц, возможно, тесно связано с размером частиц, а также с их числом». При этом среди ученых, «имеются доказательства того, что знание одной только массовой концентрации не обеспечивает выявления соответствующих рисков для здоровья человека, связанных с вдыханием некоторых аэрозолей. Многие токсикологические исследования свидетельствуют, что при выражении дозы веществ через массу некоторые ультрамелкие вдыхаемые нерастворимые частицы могут быть более токсичными, чем более крупные аналогичного состава [8, 9, 10]. В этой связи ряд авторов приводят научные доказательства о развитии ряда заболеваний в организме человека, которые были вызваны именно числом частиц определенного диаметра [11], а не их массовой концентрацией, нормативы которой установлены в различных странах мира [12].

Известно, что предприятия стройиндустрии характеризуются выбросами пылевидных частиц с различными примесями загрязняющих веществ в результате деятельности их производств. В случае недостаточно построенной системы защиты окружающей среды, минеральные частицы и другие вещества могут наполнять атмосферный воздух близлежащих территорий жилых зон и создавать экологические риски для населения.

Так, технология крамзитовых производств, представляет собой, например, высокотемпературный обжиг глины. В этой связи атмосферный воздух жилых зон населенных пунктов вблизи функционирующих предприятий может быть наполнен теми химическими соединениями, из которых, например, состоят глинистые минералы, в том числе, прошедшие температурную обработку, а также побочными продуктами технологического процесса, что будет являться индикаторами на соответствующее загрязнение керамзитовых производств.

Известно, что состав глин с разных месторождений, расположенных в РФ, в основном, имеет примерно одинаковый ее химический состав и отличается лишь % соотношением и микроэлементами. Например, глина Нижнеуельского месторождения (Челябинская область) представлена такими химическими соединениями как TiO_2 , CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O , MgO , Na_2O , SiO_2 [13]; глина Огланлинского месторождения (Туркмения) состоит из перечисленных выше химических соединений с добавлением: MnO , P_2O_5 , а вместо Al_2O_3 в глине этого месторождения присутствует Al_2O . Саригюхское месторождение (Армения) по своему составу подобно

Огланлинскому месторождению (Туркмения), но с несколько другим процентным соотношением химических элементов [14]. Месторождения глин Краснодарского, Ставропольского края, Ростовской

области, Поволжья, республик северо-кавказского федерального округа, таких как: Жирновское,

Замчаловское, Азербайджанское, Власово-Аютинское, Владимировское, Горняцкое, Баксанское и др. характеризуются аналогичным химическим составом с месторождениями: Огланлинское (Туркмения) и Саригюхское (Армения), но разным % соотношением указанных химических соединений, а также наличием Al_2O_3 и SO_3 [15].

В этой связи, имеются исследования, которые направлены на отслеживание традиционным способом в атмосферном воздухе населенных пунктов глинистых минералов: кварц, плагиоклаз, калиевый полевой шпат, кальцит, доломит, гематит, пирит, магнезит, гипс, ломонтит, As_2O_3 , SO_3 и др. [16]; алюмосиликаты, карбонаты, оксиды и другие минералы различных металлов [17]; кальциты, доломиты, гипс и др. [18].

При этом в последнее время наблюдается всплеск работ по мониторингу PM_{10} , где в качестве пробоотборников загрязняющих веществ выступают листья городских растений. Так, с помощью придорожных листьев растений могут выявляться минеральные, пылевидные частицы кальцита, гипса, альбита, микролина, хлорита, мусковита и др. [19]; листья липы сердцевидной отбирают мелкодисперсную пыль (PM_{10}) с включенными в нее глинистыми минералами [20]; на листьях ясеня, софоры японской, персика обыкновенного, айланте и др. определяются: SiO_2 , $CaCO_3$, $MgCO_3$, $CaSO_4$ и др. [21]; листья финика пальчатого и Вашингтонии нитеносной предоставляют информацию о кальцитах, кварце, филлосиликатах и др. [22]. В связи с чем, листья растений рассматриваются автором как эффективные, пассивные «биомониторы» и дешевые активные пробоотборники воздуха [23] в качестве альтернативы классическим пробоотборным устройствам, поскольку листовые пластинки способны накапливать и удерживать на своей поверхности разнообразие химических элементов и их соединений в течение длительного промежутка времени в зависимости от вида растительных сообществ (вечнозеленые или листопадные растения), что является несомненно ценным свойством для выявления реальной экологической ситуации в жилой зоне населенного пункта, на которой отсутствуют государственные экологические посты.

Прогнозирование источников загрязнения в жилой зоне населенного пункта на основе мониторинга частиц является важной задачей, решение которой в дальнейшем будет направлено на совершенствование системы защиты населения от действия антропогенных, либо природных факторов.

Так, стоит отметить, что в атмосферном воздухе урбанистических территорий, кроме антропогенных выбросов, могут присутствовать, также, например, локальные природные частицы, в том числе, транзитная пыль, а именно: частицы минеральной

пыли из космоса в виде метеороидов [24, 25]; вулканическая пыль [26]; минеральная пыль пустынь с высоким содержанием палигорскита и иллита, смектитов и каолинита [27]; микрочастицы глубоководных разломов и зон трещиноватостей [28, 29, 30], на которые должным образом не обращается внимание. В этой связи природные химические соединения могут маскироваться под антропогенные, смешиваться с ними в общем потоке загрязнений и быть неразличимы, а значит не улавливаются, что в свою очередь может быть одной из причин снижения уровня здоровья населения, когда для антропогенных факторов создаются хоть какие-то защитные мероприятия, а природная нагрузка в населенных пунктах остается незамеченной со стороны государственных экологических служб (за исключением мониторинга природных радионуклидов, которые отслеживаются).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для проведения исследования были выбраны листья абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) с пылевидными частицами, отобранные в условно-чистой зоне и на экспериментальной территории в октябре 2018 года. Листья отбирались в сухую погоду на высоте 1-2 м от поверхности почвы. Было выбрано 6 точек отбора проб в жилой зоне рп Средняя Ахтуба (экспериментальная территория) и в СНТ «Орошенец», «Шельф» (условно-чистая зона). В каждой точке отбиралось с 1-го абрикосового дерева по 10 листьев, площадью не менее 150 см² (1 образец), 10 повторов. Итого в одной точке отбиралось не менее 60 листьев с 10-ти абрикосовых близко растущих деревьев (*Prunus armeniaca*) суммарной площадью не менее 1500 см². Аналогично отбор проб осуществлялся в условно-чистой зоне (СНТ «Орошенец», «Шельф») и такой же площади листьев. Отбор листьев с дерева производился случайным образом. Площадь 1 листа абрикосового дерева ориентировочно составляла 15 см². Площадь листьев рассчитывалась методом сканирования с использованием графического редактора Adobe Photoshop. Собранные листья абрикосовых деревьев (только листовые пластинки без черешков) размещали в бумажные пакеты, маркировали и хранили при температуре окружающей среды до проведения анализа. Приготовление аэрозольных суспензий заключалось в погружении 10 шт. листьев в стеклянный стакан с дистиллированной водой, объемом 100 мл, перемешивание их в дистиллированной воде в течение 2-3 минут и получение водной суспензии с содержанием в ней аэрозольных частиц, смытых с листовых пластинок растений. Данный способ приготовления аэрозольных суспензий в том числе расчет выборки (не менее 300 см²) соотносился с известными зарекомендованными международными методиками [31, 32].

В 2018 году было 6 точек отбора проб в 10-ти кратной повторности, в связи с чем было приготовлено: 60 суспензий из рп Средняя Ахтуба (экспериментальная территория) и 60 суспензий из СНТ «Орошенец», «Шельф» (условно-чистая зона).

При осуществлении анализа диаметра частиц ($d_{0,5}$, мкм), их фракционного состава ($PM_{2,5}$; PM_{10} ; $PM_{>10}$), все аэрозольные суспензии поочередно проходили через фильтры: АФА-ВП-10 и др. До проведения анализа, фильтры сушили в течение 30 минут при 60°C в сушильной камере (низкотемпературная лабораторная печь), а затем оставляли в комнате для взвешивания для стабилизации их массы с предварительным взвешиванием на весах. Таким образом, приготовленная аэрозольная суспензия первоначально фильтровалась через металлическое сито с диаметром ячеек 100 мкм для удаления частиц размером более 100 мкм. Затем суспензию фильтровали через предварительно взвешенные стандартные фильтры АФА-ВП-10 или АФА-ВП-20, изготовленные из высокоэффективного гидрофобного фильтрующего материала ФПП-15, на которых впоследствии размещалась отобранная аэрозольная частица. Фильтр модели АФА-ВП-20 или др. с аэрозольными частицами высушивался при комнатной температуре до постоянной массы. В результате чего получалась определенная масса пылевидных частиц (мг) 1 образца (общая площадь листовых пластинок $S=150$ см²). Отфильтрованные аэрозольные частицы размещали далее на предметном стекле и впоследствии исследовались на оптическом микроскопе. Исследование пыли осуществляли с разностороннего фотографирования образцов, увеличенных в 200-2000 раз под микроскопом с помощью микрофотоприставки и ПК. Количество необходимых фотографий зависело от полидисперсности пыли. Снятие изображения с фотоаппарата и последующая обработка производилась с помощью графического пакета Adobe PhotoShop, для сохранения изображения; в формате Windows Bitmap (bmp) в черно-белом режиме (1 bit/pixel) с последующим расчетом количества частиц на единицу площади ($N_{ч},\%$) (ГОСТ Р 56929-2016).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Полученные данные по показателю количества аэрозольных частиц ($N_{PM_{10}},\%$) за 2018 год в точках исследования в рп Средняя Ахтуба (экспериментальная территория) и в СНТ «Орошенец», «Шельф» (условно-чистая зона) были проверены на однородность результатов измерений как внутри условно-чистой зоны (СНТ «Орошенец», «Шельф»), так и внутри экспериментальной территории (рп Средняя Ахтуба).

Для верификации незначимости различий был использован аппарат проверки гипотез об однородности выборок - непараметрический критерий Краскела - Уоллиса. Проверка

статистических гипотез проводилась на уровне значимости равном 0,05. Все необходимые расчеты проводились в статистическом пакете R (версия 3.6.1, R Core Team 2020). Гипотезы, выдвинутые в исследовании: H_0 : Статистически значимых различий между результатами групп нет; H_1 : Различия между результатами групп статистически значимы.

Результаты исследований приведены на рисунке 1, на котором представлены диаграммы размаха значений показателя количества мелкодисперсных частиц ($N_{PM10, \%}$) для каждой точки отбора проб из условно-чистой зоны (рисунок 1а) и экспериментальной территории (рисунок 1б) за период весна-лето 2018 года. Диаграммы отражают,

что данные взятые из точек исследуемых областей в условно-чистой зоне и на экспериментальной территории, имеют примерно одинаковый размах. Это позволило высказать предположение об однородности выборок внутри условно-чистой зоны, что было подтверждено с помощью непараметрического теста Краскел-Уоллиса (2018: $H = 12.7$; $Df = 5$; $P\text{-value} = 0.0064$), а также однородности выборок внутри экспериментальной территории (2018: $H = 11.199$; $Df = 5$; $P\text{-value} = 0.07817$). Соответственно, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ гипотеза об однородности внутри выборок на обеих территориях в 2018 г. была признана значимой.

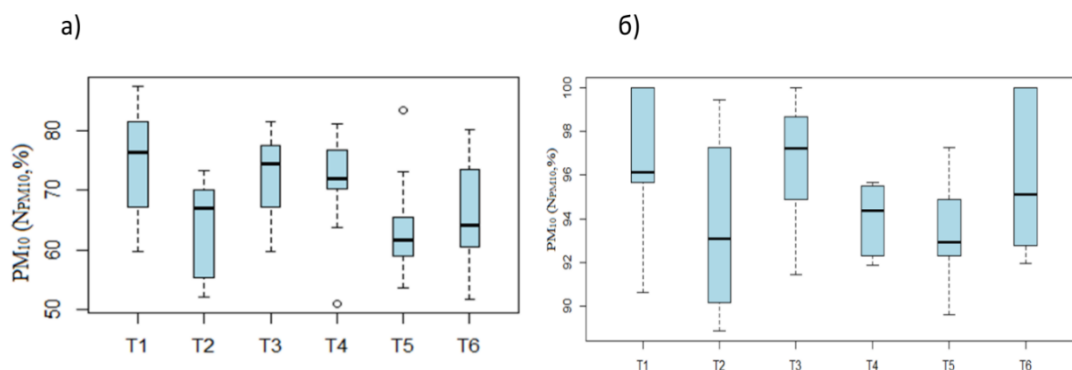


Рис.1 Диаграммы размаха значений показателя количества мелкодисперсных частиц ($N_{PM10, \%}$) для каждой точки отбора проб из условно-чистой зон (СНТ «Орошенец», «Шельф») (Советский район, г. Волгоград): 60 наблюдений, 2018 г. (а) и из рп Средняя Ахтуба (Среднеахтубинский район, Волгоградская область), (экспериментальная территория): 60 наблюдений, 2018 г. (б)

Fig.1. Diagrams of the range of values of the indicator of the amount of fine particles ($N_{PM10, \%}$) for each sampling point from conditionally clean zones (SNT "Oroshenets", "Shelf") (Sovetsky district, Volgograd): 60 observations, 2018 (a) and from the rп Srednyaya Akhtuba (Sredneakhtubinsky district, Volgograd region), (experimental territory): 60 observations, 2018 (b)

Далее была выдвинута гипотеза о статистически значимых различиях между двумя выборками, содержащих результаты измерений показателя количества аэрозольных частиц ($N_{PM10, \%}$) на экспериментальной территории (рп Средняя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области) и в условно-чистой зоне (СНТ «Орошенец», «Шельф») по Т-критерию Вилкоксона, 2018 год. Выдвигаемые гипотезы: основная гипотеза H_0 : анализируемые выборки являются однородными; альтернативная гипотеза H_1 (конкурирующая гипотеза): анализируемые выборки не являются однородными. Уровень значимости (вероятность ошибки второго рода, т.е. вероятность принятия нулевой гипотезы, если она неверна) $\alpha=0,05$

Данные измерений по показателю количества частиц на территориях условно-чистой и экспериментальной зон поочередно объединялись в общие массивы, которые затем подвергались процедуре сортировки. После получения единых массивов осуществлялось ранжирование вариант объединенных рядов.

Наблюдаемое значение статистики (рассчитанное по эмпирическим данным) по Т-

критерию Вилкоксона определялось по показателю: $W_{набл.}$. Если $W_{набл.} < w_{н.кр}$ или $W_{набл.} > w_{в.кр}$, тогда нулевая гипотеза отвергалась и принималась конкурирующая гипотеза. В результате проведенных исследований с вероятностью 0,95 наблюдаемая однородность не подтвердилась ($W_{набл.}=5263 > W_{в.кр.}=4003,9$), поэтому нулевая гипотеза об однородности анализируемых выборок отвергается и принимается конкурирующая гипотеза: $F(X) \neq G(Y)$ о неоднородности анализируемых выборок. Выявлены статистически значимые различия результатов исследования по показателю количества частиц ($N_{PM10, \%}$) между экспериментальной территорией и условно-чистой зоной в 2018 году.

Итоговые данные проверок гипотез об однородности между двумя выборками, содержащих результаты измерений показателей количества частиц ($N_{PM10, \%}$) на территориях условно-чистой зоны (СНТ «Орошенец», «Шельф») и экспериментальной (рп Средняя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области) по Т-критерию Вилкоксона за 2018 год представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты проверки гипотезы об однородности между двумя выборками, содержащих результаты измерений показателей количества частиц ($N_{PM10},\%$) на территориях условно-чистой зоны (СНТ «Орошенец», «Шельф») и экспериментальной (рп Средняя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области) по T- критерию Вилкоксона

Table 1. The results of testing the hypothesis of homogeneity between two samples containing the results of measurements of the parameters of the number of particles ($N_{PM10},\%$) in the territories of the conditionally clean zone (SNT "Oroshenets", "Shelf") and experimental (rp Srednaya Akhtuba, Sredneakhtubinsky district of the Volgograd region) according to T- Wilcoxon criterion

Год	Результаты проверки гипотезы об однородности между двумя выборками, содержащих результаты измерений ($N_{PM10},\%$) на территориях условно-чистой зоны и экспериментальной по T- критерию Вилкоксона	
	Wнабл.	Wн.кр* /Wв.кр**
2018	5263	3256,1/4003,9**

* Значение нижней критической точки (Wн.кр);

**Значение верхней критической точки (Wв.кр)

Установленные статистически значимые различия по показателю количества частиц ($N_{PM10},\%$) между выборками экспериментальной территории и условно-чистой зоной, а также установленная статистически значимая однородность внутри выборок условно-чистой

зоны и экспериментальной территории, позволили произвести их сравнение. В связи с чем было выявлено превышение по количеству мелкодисперсных частиц ($(N_{PM10},\%)$) в 1,4 раза (2018 год) на экспериментальной территории по сравнению с условно-чистой зоной (рис. 2).

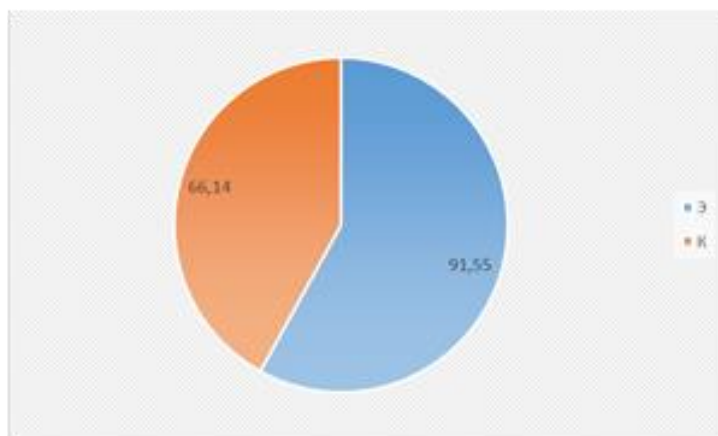


Рис. 2. Сравнительная характеристика показателя количества частиц ($N_{PM10},\%$) на экспериментальной территории по сравнению с условно-чистой зоной за весенне-летний период 2018 г.

Fig.2. Comparative characteristics of the indicator of the number of particles ($N_{PM10},\%$) in the experimental territory in comparison with the conditionally clean zone for the spring-summer period of 2018

Выявленное превышение по показателю количества мелкодисперсных частиц ($N_{PM10},\%$) на экспериментальной территории по сравнению с условно-чистой зоной позволило предположить о действии системного фактора на экспериментальной территории, который мог быть инициирован выбросами загрязняющих веществ с двух керамзитных производств, которые расположены в северной части рп Средняя Ахтуба и др.

Для утверждения данного предположения был выполнен микроанализ отобранной мелкодисперсной пыли с листьев абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) на оборудовании ElvaX-Light, на котором были определены

следующие оксиды (мас.%): (TiO_2 (0.0313), CaO (18.0435), Fe_2O_3 (0.1805), Al_2O_3 (1.5197), K_2O (25.4243), MgO (19.4668), Na_2O (0.0001), SiO_2 (2.8776), MnO (0.0324), P_2O_5 (7.7117), SO_3 (3.2323), Cl_2O (21.4797), что соответствует классическому составу глины, которая используется на керамзитовых производствах, за исключением: Cl_2O . Происхождение данного оксида не ясно. Cl_2O может быть получен путем взаимодействия газообразного хлора с оксидом ртути или карбонатами (Na_2CO_3) или хлорированием карбонатов щелочных или щелочноземельных металлов в воде. Cl_2O используют для производства гипохлорита кальция. Данные технологии в производстве керамзита не применяются,

соответственно требуется поиск источника химического соединения Cl_2O , который был обнаружен на поверхности листьев абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) в жилой зоне рп Средняя Ахтуба. При этом были также установлены в частицах и другие оксиды (мас.%): CuO (0.0317), ZnO (0.0618), Br_2O (0.0371), SrO (0.2344) и др. (рисунок 3).

Дополнительно, на сканирующем электронном микроскопе (Versa 3D) были исследованы также частицы, отобранные с поверхности абрикосовых листьев (*Prunus armeniaca*). Иллюстрация одной из поверхностей листовых пластинок с точками исследования микрочастиц представлена на рисунке 4.

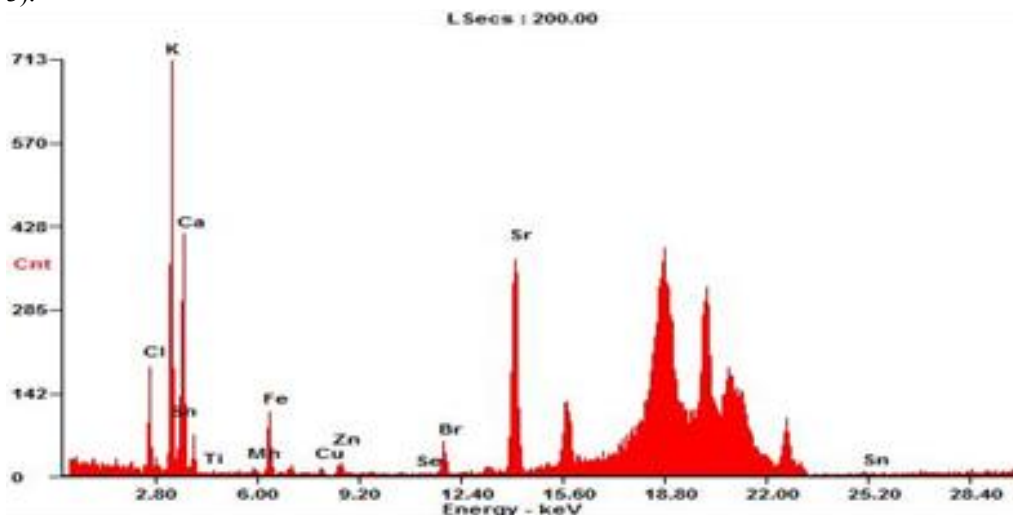


Рис.3. Микроанализ мелкодисперсной пыли (PM_{10}) на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) из рп Средняя Ахтуба

Fig.3. Microanalysis of fine dust (PM_{10}) on the leaves of apricot trees (*Prunus armeniaca*) from Srednyaya Akhtuba

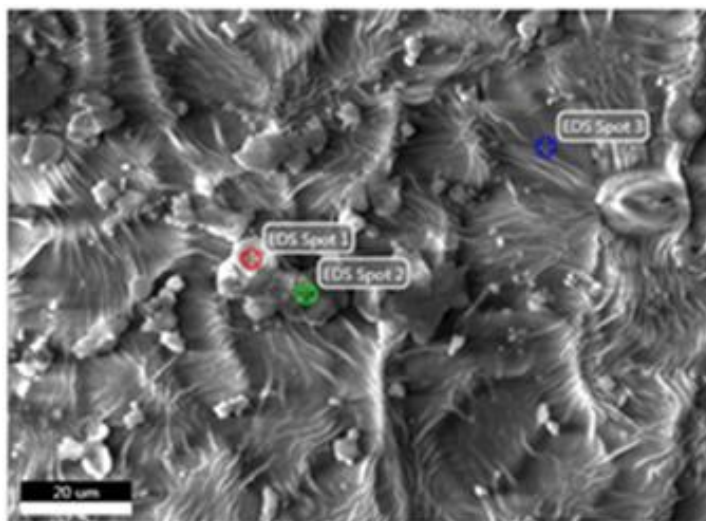


Рис.4. Поверхность листа абрикосового дерева (*Prunus armeniaca*) с микрочастицами из жилой зоны рп Средняя Ахтуба (Среднеахтубинский район, Волгоградская область), октябрь 2018 год

Fig.4. The surface of a leaf of an apricot tree (*Prunus armeniaca*) with microparticles from the residential zone of the Republic of Srednyaya Akhtuba (Sredneakhtubinsky district, Volgograd region), October 2018

На рисунке 5 на ряду с уже выявленными химическими соединениями, были установлены другие элементы в частицах, например, фтор (F) – 3,51% (мас.%) и редкий элемент - молибден (Mo) - 0,36% (мас.%). Стоит отметить, что, например, фтор входит в химическое соединений фтороводород (HF) как побочный продукт технологического производства керамзита, источник молибдена (Mo) – неизвестен.

Первые результаты исследования по химическому составу частиц в жилой зоне рп Средняя Ахтуба дают основание предположить, что PM_{10} на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) является выбросами пыли в большей части предприятий керамзитовых производств, которые расположены в северной части рп Средняя Ахтуба и может поступать при определенной ветровой нагрузке с предприятий г. Волжского (3 км

от рп Средняя Ахтуба), федеральной автотрассы (18Р-1), пруда-испарителя «Большой Лиман», прудов-накопителей жидких отходов рп Средняя Ахтуба, в том числе, являться источником транзитного аэрозольного загрязнения, а также быть источником природного происхождения - эолового, что в совокупности свидетельствует, преимущественно, в пользу смешанного типа загрязнения.

ВЫВОДЫ

Выявлены статистически значимые различия по показателю количества частиц ($N_{PM_{10}}$,%) между выборками с экспериментальной территории и условно-чистой зоны ($W_{набл.}=5263 > W_{в.кр.}=4003,9$) (по Т-критерию Вилкоксона) и статистически значимая однородность внутри выборок условно-чистой зоны (2018: $H = 12.7$; $Df = 5$; $P\text{-value: } 0.0064$) и экспериментальной территории (2018: $H = 11.199$; $Df = 5$; $P\text{-value: } 0.07817$) (по критерию Краскела – Уоллиса). Проверка статистических гипотез проводилась на уровне значимости равном 0,05, а необходимые расчеты

осуществлялись в статистическом пакете R (версия 3.6.1, R Core Team 2020). В связи с чем, установлено статистически значимое превышение по количеству мелкодисперсных частиц ($(N_{PM_{10}})$,%) в 1,4 раза (2018 год) на экспериментальной территории ($N_{PM_{10}}=91,55\%$) по сравнению с условно-чистой зоной ($N_{PM_{10}}=66,14\%$), что свидетельствует о загрязнении жилой зоны рп Средняя Ахтуба мелкодисперсной пылью (PM_{10}) и об экологических рисках для проживающего там населения.

Химический состав пылевидных частиц (PM_{10}) представляет смешанный тип загрязнения, который характеризуется выбросами керамзитовых производств, расположенными в северной части рп Средняя Ахтуба в промзоне в связи с обнаруженными на листьях абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) химических соединений в следующем соотношении (масс,%): (TiO_2 (0.0313), CaO (18.0435), Fe_2O_3 (0.1805), Al_2O_3 (1.5197), K_2O (25.4243), MgO (19.4668), Na_2O (0.0001), SiO_2 (2.8776), MnO (0.0324), P_2O_5 (7.7117), SO_3 (3.2323), а также аэрозольными частицами, которые могли попасть на листья растения в виду перемещения воздушных масс.

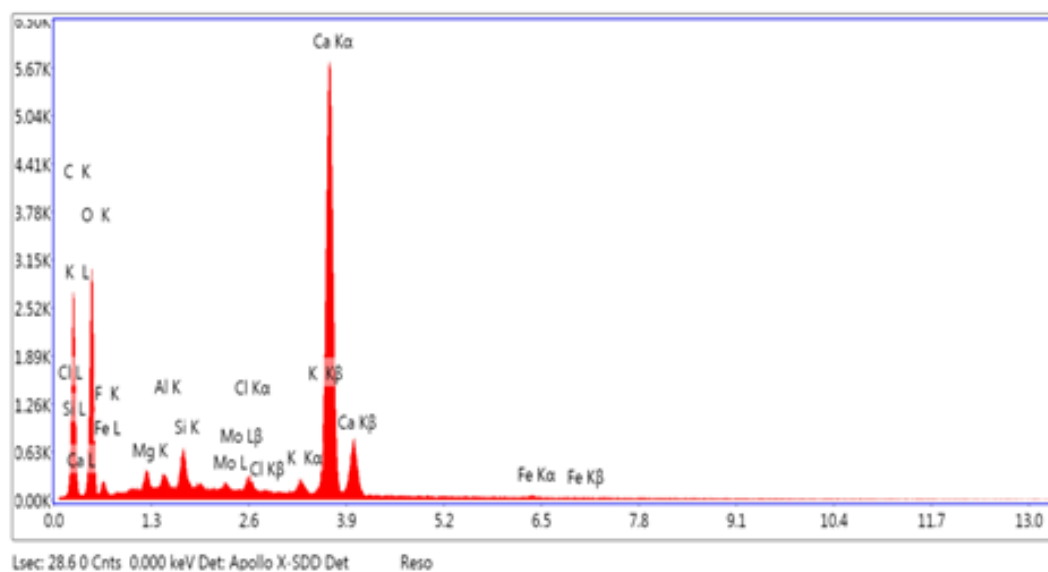


Рис.5. Элементный состав микрочастиц (spot 1, рис. 1)

Fig.5. Elemental composition of matters (spot 1, Fig. 1)

В результате проведенного исследования прогнозируется смешанный тип загрязнения мелкодисперсной пылью (PM_{10}) жилой зоны рп Средняя Ахтуба. Так, TiO_2 , CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O , MgO , Na_2O , SiO_2 , MnO , P_2O_5 , SO_3 входят в состав глинистых минералов и соответственно могут являться выбросами керамзитовых производств как и фтор (F) в виде побочного продукта (HF) технологического процесса производства керамзита. Выявленные такие соединения, как: Cl_2O , CuO , ZnO , Br_2O , SrO , Mo и др., могут быть продуктами как антропогенных, так и природных источников, что в целом свидетельствует об экологических рисках для населения в связи с отсутствием должной меры защиты жилых зон рп

Средняя Ахтуба от загрязняющих веществ. В этой связи, с одной стороны, требуется совершенствование системы защиты на предприятиях по производству керамзита, благоустройству и озеленению санитарно-защитных зон предприятий, с другой стороны - поиска источников выбросов других загрязняющих веществ, например: Cl_2O или редкого химического элемента – молибдена (Mo), оксидов тяжелых металлов: CuO , ZnO , а также: Br_2O , SrO и др. Данная работа демонстрирует возможность листьев растений выступать эффективными «пассивными биомониторами» экологической ситуации в тех жилых зонах населенных пунктов, где отсутствуют государственные экологические посты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wu RS, Zhong LJ, Huang XL, Xu HB [etc.] Temporal variations in ambient particulate matter reduction associated short-term mortality risks in Guangzhou, China: A time-series analysis (2006-2016)// SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT.2018. V. 645. pp. 491-498.
2. Mokhtari M., Miri M., Khorsandi H. [etc.] Assessment of Air Quality Index and Health Impact of PM10, PM2.5 and SO2 in Yazd, Iran // Journal of Mazandaran University of Medical Sciences.2015.pp. 14-23.
3. Rabha Indoor air pollution in rural north-east India: Elemental compositions, changes in haematological indices, oxidative stress and health risks // ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY.2018. V. 165.pp. 393-403.
4. Ran J.J. Long-Term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter and Mortality From Renal Failure: A Retrospective Cohort Study in Hong Kong, China//AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY.2020.V.189.issue6.pp.602-612.DOI10.1093/aje/kwz282.
5. Andersen Z., Pedersen M., Weinmayr G. [etc.] Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of brain tumor: the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE)// NEURO-ONCOLOGY. 2018.V.20. issue: 3. pp. 420-432.
6. Oberdorster, G. Toxicology of ultrafine particles: in vivo studies, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Series A 358, 1775, 2000, pp. 2719-2740.
7. Brown, D.M., Wilson, M.R., MacNee, W., Stone, V. and Donaldson, K. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: A role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. Toxicology and Applied Pharmacology, 175 (3), 2001, pp. 191-199.
8. Oberdorster, G., Gelein, R.M., Ferin, J. and Weiss, B. Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles? Inhal. Toxicol., 7, 1995, pp. 111-124.
9. Donaldson, K., LI, X.Y. and MacNee, W. Ultrafine (nanometer) particle mediated lung injury. Journal of Aerosol Science, 29 (5-6), 1998, pp. 553-560.
10. Donaldson, K., Stone, V., Gilmore, P.S., Brown, D.M. and MacNee, W. Ultrafine particles: mechanisms of lung injury. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., Series A 358, 2000, pp. 2741-2749.
11. McCawley M.A., Kent M.S. and Berakis M.T. Ultrafine beryllium aerosol as a possible metric for chronic beryllium disease. Appl. Occup. Environ. Hygiene, 16, 2001, pp.631-638.
12. Невмержицкий Н.В. Методика оценки и прогнозирования экстремального загрязнения воздуха на автомагистралях мелкодисперсными взвешенными частицами PM10 и PM2.5: дис. ... канд. тех. наук. М., 2017. – 155 с.
13. Салахов А.М., Кабиров Р.Р., Морозов В.П., Арискина Р.А., Валимухаметова А.Р., Арискина К.А. Исследование структуры и фазового состава глины в процессе их термической обработки // Строительные материалы. – 2017. – № 9. – С. 18-22.
14. Рязанова А.С. Способность смектитовой компоненты бентонитовой глины к интеркаляции глицина// Вестник Пермского университета. – 2020. – Том 19, № 1. – С.44-49.
15. Котляр А.В. и др.Особенности химического состава аргиллитоподобных глины и аргиллитов // Строительные материалы. – 2016. – №4. – С. 100-15.
16. Lu S.L. Mineralogy of inhalable particulate matter (PM10) in the atmosphere of Beijing, China//WATER AIR AND SOIL POLLUTION.2007.V.186.issue1-4.pp.129-137.DOI:10.1007/s11270-007-9470-5.
17. Дрозд В.А. Годовые колебания частиц PM10 в воздухе Владивостока//Известия Самарского научного центра Российской академии наук.2015.Т.17. №5(2).с.646-651.
18. Krueger B.J. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy//ATMOSPHERIC ENVIRONMENT. V.38.issue36. pp. 62253-6261. DOI:10.1016/j.atmosenv.2004.07.010.
19. Ram S.S. [etc] Physico-chemical characterization of street dust and re-suspended dust on plant canopies: An approach for finger printing the urban environment//ECOLOGICAL INDICATORS.2014.V.36.p.334-338.DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.08.010.
20. Mantovani, L. [etc] Magnetic and SEM-EDS analyses of Tilia cordata leaves and PM10 filters as a complementary source of information on polluted air: Results from the city of Parma (Northern Italy)// ENVIRONMENTAL POLLUTION. 2018.V.239. pp.777-787. DOI:10.1016/j.envpol.2018.04.055.
21. Wang L. [etc] Physicochemical characteristics of ambient particles settling upon leaf surfaces of urban plants in Beijing//JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES.2006.V.18.issue5.p.921-926.DOI:10.1016/S1001-0742(06)60015-6.
22. Khalilimoghadam, Bijan Atmospheric particle adsorption rates of plants in an industrial city of southwest Iran// AEOLIAN RESEARCH.2021.V.53. DOI:10.1016/j.aeolia.2021.100752.
23. Hubai K. Accumulation pattern of polycyclic aromatic hydrocarbons using Plantago lanceolata L. as passive biomonitor//ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH.2021.DOI:10.1007/s11356-021-16141-1.
24. Хисина Н.Р., Бадюков Д.Д., Вирт Р., Микроструктура, наноминералогия и локальная химия криптокристаллических космических сферул// Геохимия. – 2016. – №1. – С.78-88.
25. Genge, M. J.; Larsen, J.; Van Ginneken, M. [etc] An urban collection of modern-day large micrometeorites: Evidence for variations in the extra-terrestrial dust flux through the Quaternary// GEOLOGY.2017.V.45.issue 2.pp.119-122.
26. Morales-Garcia S.S. [etc] Characterization of As and trace metals embedded in PM10 particles in Puebla City, Mexico// ENVIRONMENTAL

MONITORING AND ASSESSMENT.2014.V.186.issue 1. Pp.55-67. DOI: 10.1007/s10661-013-3355-4.

27. Rodriguez-Navarro C. [etc] Mineralogy and physicochemical features of Saharan dust wet deposited in the Iberian Peninsula during an ex-treme red rain event// *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*.2018.V.18.issue13.pp. 10089-10122. DOI: 10.5194/acp-18-10089-2018.

28. Пронин А.П., Вольфсон И.Ф., Одерова А.В. Флюидная активность земли и среда обитания, биогеохимические провинции, геопатогенные зоны, геоэкология человека . М.:2010.220с.

29. Šliaupa S., Zukauskas G., Zakarevicius A., Denas Z., Jakubeniene M., Šliaupiene R., Davidoniene O. The correlation of potential fields with psychic disorders and somatic diseases in Lithuania: what is behind it? *Medical Geology Newsletter* No. 10, January 2007, pp. 18–22.

30. Калинин В.В., Астахов А.С. Атмохимические ореолы рассеяния ртути над активными геологическими структурами северной части Японского моря// *Геология и геофизика*.2014.Т. 55. № 12.С. 1728-1737.

31. Dzierzanowski K, Popek R, Gawronska H, Saebo A, Gawronski SW (2011): DEPOSITION OF PARTICULATE MATTER OF DIFFERENT SIZE FRACTIONS ON LEAF SURFACES AND IN WAXES OF URBAN FOREST SPECIES. *International Journal of Phytoremediation* 13, 1037-1046

33. Lukowski A, Popek R, Karolewski P (2020): Particulate matter on foliage of *Betula pendula*, *Quercus robur*, and *Tilia cordata*: deposition and ecophysiology. *Environmental Science and Pollution Research* 27, 10296-10307

REFERENCES

1. Wu RS, Zhong LJ, Huang XL, Xu HB [etc.] Temporal variations in ambient particulate matter reduction associated short-term mortality risks in Guangzhou, China: A time-series analysis (2006-2016)// *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*.2018. V. 645. pp. 491-498.

2. Mokhtari M., Miri M., Khorsandi H. [etc.] Assessment of Air Quality Index and Health Impact of PM10, PM2.5 and SO2 in Yazd, Iran // *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*.2015.pp. 14-23.

3. Rabha Indoor air pollution in rural north-east India: Elemental compositions, changes in haematological indices, oxidative stress and health risks // *ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY*.2018. V. 165.pp. 393-403.

4. Ran J.J. Long-Term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter and Mortality From Renal Failure: A Retrospective Cohort Study in Hong Kong, China//*AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY*.2020.V.189.issue6.pp.602-612.DOI10.1093/aje/kwz282.

5. Andersen Z., Pedersen M., Weinmayr G. [etc.] Long-term exposure to ambient air pollution and

incidence of brain tumor: the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE)// *NEURO-ONCOLOGY*. 2018.V.20. issue: 3. pp. 420-432.

6. Oberdorster, G. Toxicology of ultrafine particles: in vivo studies, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Series A* 358, 1775, 2000, pp. 2719—2740.

7. Brown, D.M., Wilson, M.R., MacNee, W., Stone, V. and Donaldson, K. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: A role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 175 (3), 2001, pp. 191—199.

8. Oberdorster, G., Gelein, R.M., Ferin, J. and Weiss, B. Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles? *Inhal. Toxicol.*, 7, 1995, pp. 111—124.

9. Donaldson, K., Li, X.Y. and MacNee, W. Ultrafine (nanometer) particle mediated lung injury. *Journal of Aerosol Science*, 29 (5-6), 1998, pp. 553—560.

10. Donaldson, K., Stone, V., Gilmore, P.S., Brown, D.M. and MacNee, W. Ultrafine particles: mechanisms of lung injury. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., Series A* 358, 2000, pp. 2741—2749.

11. McCawley M.A., Kent M.S. and Berakis M.T. Ultrafine beryllium aerosol as a possible metric for chronic beryllium disease. *Appl. Occup. Environ. Hygiene*, 16, 2001, pp.631-638.

12. Nevmerzchickij N.V. Metodika ocenki i prognozirovaniya ekstremalnogo zagryazneniya vozduha na avtomagistralyah melkodispersnymi vzheshennymi chasticami PM10 i PM2.5: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2017. – 155 p.

13. Salahov A.M., Kabirov R.R., Morozov V.P., Ariskina R.A., Valimuhametova A.R., Ariskina K.A. Issledovanie struktury i fazovogo sostava glin v processe ih termicheskoy obrabotki // *Stroitel'nye materialy*. 2017. № 9. S. 18–22.

14. Ryazanova A.S. Sposobnost' smektitovoj komponenty bentonitovoj gliny k interkalyacii glicina// *Vestnik Permskogo universiteta*.2020. Tom 19, № 1.s.44-49.

15. Kotlyar A.V. i dr.Osobnosti himicheskogo sostava argillitopodobnyh glin i argillitov// *Stroitel'nye materialy*.2016.№4.s.100-115.

16. Lu S.L. Mineralogy of inhalable particulate matter (PM10) in the atmosphere of Beijing, China//*WATER AIR AND SOIL POLLUTION*.2007.V.186.issue1-4.pp.129-137.DOI:10.1007/s11270-007-9470-5.

17. Drozd V.A. Godovye kolebaniya chastic RM10 v vozduhe Vladivostoka//*Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*.2015.T.17. №5(2).s.646-651.

18. Krueger B.J. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy//*ATMOSPHERIC ENVIRONMENT*.V.38.issue36.pp.62253-6261. DOI:10.1016/j.atmosenv.2004.07.010.

19. Ram S.S. [etc] Physico-chemical characterization of street dust and re-suspended dust on

- plant canopies: An approach for finger printing the urban environment//*ECOLOGICAL INDICATORS*.2014.V.36.p.334-338.DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.08.010.
20. Mantovani, L. [etc] Magnetic and SEM-EDS analyses of *Tilia cordata* leaves and PM10 filters as a complementary source of information on polluted air: Results from the city of Parma (Northern Italy)// *ENVIRONMENTAL POLLUTION*.2018.V.239.pp.777-787. DOI:10.1016/j.envpol.2018.04.055.
21. Wang L. [etc] Physicochemical characteristics of ambient particles settling upon leaf surfaces of urban plants in Beijing//*JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*.2006.V.18.issue5.p.921-926.DOI:10.1016/S1001-0742(06)60015-6.
22. Khalilimoghadam, Bijan Atmospheric particle adsorption rates of plants in an industrial city of southwest Iran// *AEOLIAN RESEARCH*.2021.V.53. DOI:10.1016/j.aeolia.2021.100752.
23. Hubai K. Accumulation pattern of polycyclic aromatic hydrocarbons using *Plantago lanceolata* L. as passive biomonitor//*ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*.2021.DOI:10.1007/s11356-021-16141-1.
24. Hisina N.R., Badyukov D.D., Virt R., Mikrostruktura, nanomineralogiya i lokal'naya himiya kriptokristallicheskih kosmicheskikh sferul // *Geohimiya*. – 2016. – №1. – Pp.78-88.
25. Genge, M. J.; Larsen, J.; Van Ginneken, M. [etc] An urban collection of modern-day large micrometeorites: Evidence for variations in the extra-terrestrial dust flux through the Quaternary// *GEOLOGY*.2017.V.45.issue 2.pp.119-122.
26. Morales-Garcia S.S. [etc] Characterization of As and trace metals embedded in PM10 particles in Puebla City, Mexico// *ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT*.2014.V.186.issue 1. Pp.55-67. DOI: 10.1007/s10661-013-3355-4.
27. Rodriguez-Navarro C. [etc] Mineralogy and physicochemical features of Saharan dust wet deposited in the Iberian Peninsula during an ex-treme red rain event// *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*.2018.V.18.issue13.pp. 10089-10122. DOI: 10.5194/acp-18-10089-2018.
28. Pronin A.P., Vol'fson I.F., Oderova A.V. Flyuidnaya aktivnost' zemli i sreda obitaniya, biogehimicheskie provincii, geopatogennye zony, geokologiya cheloveka. – M., 2010. – 220 p.
29. Šliaupa S., Zukauskas G., Zakarevicius A., Denas Z., Jakubeniene M., Šliaupiene R., Davidoniene O. The correlation of potential fields with psychic disorders and somatic diseases in Lithuania: what is behind it? *Medical Geology Newsletter* No. 10, January 2007, pp. 18–22.
30. Kalinchuk V.V., Astahov A.S. Atmohimicheskie oreoly rasseyaniya rtuti nad aktivnymi geologicheskimi strukturami severnoj chasti YAponnskogo moray // *Geologiya i geofizika*. – 2014. – T. 55, № 12. – Pp. 1728-1737.
31. Dzierzanowski K, Popek R, Gawronska H, Saebo A, Gawronski SW (2011): DEPOSITION OF PARTICULATE MATTER OF DIFFERENT SIZE FRACTIONS ON LEAF SURFACES AND IN WAXES OF URBAN FOREST SPECIES. *International Journal of Phytoremediation* 13, 1037-1046
33. Lukowski A, Popek R, Karolewski P (2020): Particulate matter on foliage of *Betula pendula*, *Quercus robur*, and *Tilia cordata*: deposition and ecophysiology. *Environmental Science and Pollution Research* 27, 10296-10307

RESEARCH OF THE AMOUNT OF FINE DUST AND ITS CHEMICAL COMPOSITION IN THE RESIDENTIAL AREA OF INLANDED AREAS FROM THE POSITION OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Glinyanova¹ I.Yu., Asanova² N.V.Volgograd State Technical University, 28 Lenin Av., 400005 Volgograd, Russia,
E-mail: ¹ecoris@yandex.ru, ²natali_as@mail.ru

Abstract. The atmospheric air of settlements is filled with various chemical compounds from anthropogenic and natural sources. A special load on residential areas can come from enterprises of the construction industry in the form of contamination of territories with fine dust (PM₁₀). The relevance of the research topic lies in monitoring PM₁₀ in those residential areas that do not fall within the sphere of influence of state environmental posts, but are located near the activities of enterprises in the construction industry. The object of the study is the atmospheric air of the residential area of the Srednyaya Akhtuba district (Sredneakhtubinsky district of the Volgograd region). The subject of the study is fine dust on the leaves of apricot trees (*Prunus armeniaca*) in the residential area of the Srednyaya Akhtuba rp (Sredneakhtubinsky district of the Volgograd region) for the spring-summer period in 2018 under the conditions of the technogenic load of two enterprises for the production of expanded clay, etc. in a comparative characteristic with conditionally -clean area. The purpose of the work was to study the amount of fine dust (PM₁₀), to determine its chemical composition in the residential area of the Middle Akhtuba region. The analysis of particles made it possible to reveal an excess of the amount of fine dust (PM₁₀) in the residential area of the Srednyaya Akhtuba district by 1.4 times compared to a conditionally clean zone with a forecast of mixed pollution: on the one hand, these are emissions of chemical compounds from expanded clay production, on the other hand, pollutants from other man-made and natural sources. To reduce the load on the residential area of Srednyaya Akhtuba, it is necessary to improve the environmental protection system at enterprises for the production of expanded clay, landscaping and landscaping of their sanitary protection zones, including the search for other sources of pollution in the residential areas of Srednyaya Akhtuba.

Subject: The amount of fine dust (NPM₁₀,%) on the leaves of apricot trees (*Prunus armeniaca*) and its chemical composition.

Materials and methods: The study material was the leaves of apricot trees (*Prunus armeniaca*), which acted as natural samplers of particulate matter from the atmospheric air of settlements for the spring-summer period of 2018. Particle research was consistent with international methods (Dzierzanowski K. [etc], 2011; Lukowski A. [etc], 2020); GOST R 56929-2016 and others. Microanalysis of chemical compounds was performed using an electron scanning microscope (Dual Beam - Versa 3D), etc.

Results: A statistically significant excess of the amount of fine particles (N_{PM₁₀},%) by 1.4 times (2018) on the leaves of apricot trees (*Prunus armeniaca*) in the experimental area (N_{PM₁₀} = 91.55%) compared to the relatively clean zone (N_{PM₁₀} = 66.14%) for the spring-summer period of 2018 based on the application of the non-parametric Kruskal-Wallis test, Wilcoxon's T-test at the significance level: p = 0.05. Dust-like particles (PM₁₀) sampled on the leaves of apricot trees (*Prunus armeniaca*) consisted of the following chemical compounds (wet,%): (TiO₂ (0.0313), CaO (18.0435), Fe₂O₃ (0.1805), Al₂O₃ (1.5197), K₂O (25.4243), MgO (19.4668), Na₂O (0.0001), SiO₂ (2.8776), MnO (0.0324), P₂O₅ (7.7117), SO₃ (3.2323), including Cl₂O (21.4797). In this case, other oxides (wet%): CuO (0.0317), ZnO (0.0618), Br₂O (0.0371), SrO (0.2344); F (3.51), Mo (0.36), etc.

Conclusions: The study carried out makes it possible to predict the mixed type of pollution with fine dust (PM₁₀) of the residential zone of Srednyaya Akhtuba. On the one hand, the particles come from the industrial zone of expanded clay production due to the presence in the particles of chemical compounds from the composition of clay minerals (TiO₂, CaO, Fe₂O₃, Al₂O₃, K₂O, MgO, Na₂O, SiO₂, MnO, P₂O₅, SO₃), fluorine (F) as a by-product of the expanded clay production process. On the other hand, compounds such as: Cl₂O, CuO, ZnO, Br₂O, SrO, Mo, etc., could be products of both anthropogenic and natural sources, which indicates environmental risks for the population and the lack of proper measures to protect residential areas. Average Akhtuba from pollutants. In this regard, it is necessary to improve the protection system at enterprises for the production of expanded clay, landscaping and landscaping of the sanitary protection zone of enterprises, as well as the search for other sources of pollution that produce: Cl₂O, CuO, ZnO, Br₂O, SrO, F, Mo, etc. This work demonstrates the ability of plant leaves to act as effective "passive biomonitors" of the ecological situation in those residential areas of settlements where there are no state ecological posts.

Key words: PM₁₀, fine dust, environmental safety, atmospheric air, environmental risks