



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.6>

UDC 502.175:628.511

LBC 30.69

RESEARCH OF DUST ENVIRONMENTAL POLLUTION DURING CONSTRUCTION WORKS

Marina V. Trokhimchuk

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Margarita V. Postnova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Katerina A. Trokhimchuk

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The results of studies on the concentration of fine dust concentrations during construction work are presented. A method developed by the authors for modeling the dynamics of air flow and the zone of distribution of impurities, taking into account external non-stationary factors during construction work on the basis of a specialized GIS application, is considered. It is proposed to use in contaminated areas after construction and repair and emergency work of a dust collector, which is aimed at reducing pollution. The main element of the dust-harvesting machine is designed for cleaning hard surfaces, namely from debris, sand and gravel masses, dust particles, estimates and liquid waste. The use of solar collectors in the dust collecting unit allows the dust collecting machine to have a long operating mode, it does not require additional energy resources when the machine is running.

Key words: Fine dust, GIS application, dust removal machine, construction work.

УДК 502.175:628.511

ББК 30.69

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Марина Викторовна Трохимчук

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Мargarita Викторовна Постнова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Катерина Алексеевна Трохимчук

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Приведены результаты исследований по содержанию концентраций мелкодисперсной пыли при проведении строительных работ. Рассмотрена разработанная авторами методика моделирования динамики воздушных потоков и зоны распространения примесей с учетом внешних нестационарных факторов при строительных работах на базе специализированного ГИС-приложения. Предлагается использовать на загрязненных территориях после проведения строительных и ремонтно-аварийных работ пылеуборочную машину, действие которой направлено на снижение загрязнений. Основным элементом пылеуборочной машины предназначен для очистки твердых поверхностей, а именно от мусора, песчано-гравийных масс, пылеватых частиц, смета и жидких отходов. Использование в пылеуборочном агрегате солнечных коллекторов позволяет пылеуборочной машине иметь длительный рабочий режим, не требует при работе машины дополнительных энергетических ресурсов.

Ключевые слова: мелкодисперсная пыль, ГИС-приложение, пылеуборочная машина, строительные работы.

Введение. Строительные работы сопровождаются интенсивным пылевыделением, что приводит к загрязнению мелкодисперсной пылью атмосферного воздуха строительной площадки и окружающей среды. С проведением строительных работ жители городских агломераций сталкиваются повседневно, это и строительство точечных сооружений в существующей застройке, аварийные и ремонтные работы. В настоящее время среди жителей городов участились заболевания, которые присущи работникам промышленности (бронхит пылевой этиологии, пневмокониоз, дерматозы, кохлеарный неврит и др.) [2; 15; 19; 20; 21; 22]. Объяснить это можно отсутствием контроля содержания пыли в зонах проживания. Нормативные документы существуют для защиты рабочих на производственных предприятиях, где осуществляется контроль качества воздуха территории [1; 3; 4; 5; 6; 17]. В зонах жилой застройки экологический мониторинг проводится хаотично. Поэтому исследования запыленности населенных мест, задействованных в строительных работах, являются актуальной задачей.

Материалы и методы. В настоящее время в России введены в действие Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», которые с 21 июня 2010 г. устанавливают предельно допустимую концентрацию (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в $\text{мг}/\text{м}^3$ для взвешенных частиц размером менее 10 $\mu\text{м}$ (среднесуточная величина ПДК равна $0,06 \text{ мг}/\text{м}^3$) и для частиц размером менее 2,5 $\mu\text{м}$ (среднесуточная величина ПДК равна $0,035 \text{ мг}/\text{м}^3$) [11]. Современные научные исследования показывают [2, 14, 15, 18], что почти во всех случаях возникновения острых и хронических заболеваний дыхательных путей возрастание доли частиц мелкодисперсной фракции значительно повлияло на уровень смертности, чем возрастание доли частиц размером 10 $\mu\text{м}$. Поэтому были выбраны и рассмотрены математические модели: приземного слоя атмосферы и динамики загрязняющих примесей, которые достаточно точно описывают динамику движения воздушных потоков и характер переноса загрязняющих ве-

ществ, что явилось основой для формирования информационной модели специализированной геоинформационной системы. Проведенный анализ программных комплексов для моделирования динамики воздушных потоков выявил, что в основе лежат стандартные методы вычислительной гидродинамики: метод конечных элементов для несжимаемой жидкости и методы интегрирования уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости.

Методика моделирования специализированного ГИС-приложения. Методика моделирования динамики воздушных потоков при строительных работах на базе специализированного ГИС-приложения позволила выделить зоны распространения примесей с учетом внешних нестационарных факторов.

На рис. 1 изображена диаграмма развертывания программных модулей, разработанной специализированной ГИС на базе программного комплекса «AirFlowBuild», который наиболее пригоден для моделирования динамики воздушных потоков на строительных площадках, где проводятся земляные работы. Основной функционал программного комплекса распределяется следующим образом: интерфейс пользователя осуществляет контроль над всей геоинформационной системой; модуль работы с картой содержит функции открытия карты, обрезки карты, добавления, удаления зданий и отображения карты пользователю; модуль визуализации 3D лежит в основе построения 3D модели рельефной поверхности; расчетный модуль включает: а) блок расчета динамики загрязняющих веществ, решающий уравнение диффузии по численным схемам, описанным в разделе 3.5 данной работы; б) блок «Газовая динамика» является внешним подключаемым модулем).

Разработанная информационная модель специализированной ГИС для моделирования динамики воздушных потоков предоставляет пользователям такие возможности как:

- а) работу с картографическими данными, в частности, с картами рельефа местности в форматах 2D и 3D в различных вариантах отображения карты и объектов на карте;
- б) выбор участка территории в любом масштабе, нанесение на карту существующих сооружений, объектов строительства и др.;
- в) экспорт карт в формат .grd;

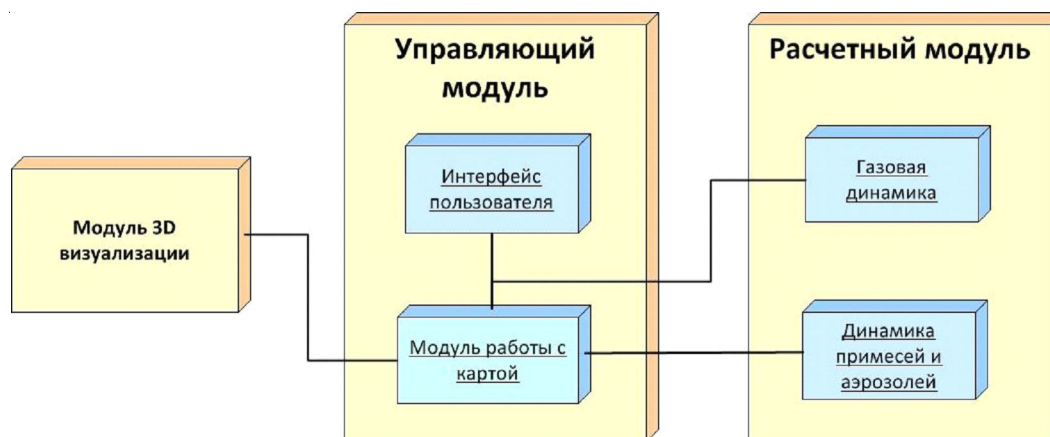


Рис. 1. Диаграмма развертывания программных модулей

г) построение срезов поверхности по выделенной траектории;

д) расчет динамики воздушных потоков и распространения загрязняющих примесей на территориях строительства в зонах с антропогенной застройкой осуществляется по двум методам: с использованием явной и неявной численных схем. Если выбранный пользователем метод не является оптимальным для данного расчета, система извещает об этом пользователя и предлагает провести расчет по другому методу.

Проверка оптимальности решения по выбранной численной схеме осуществляется по условию:

$$\frac{h}{|\vec{v}|} > \delta \frac{h^2}{2D}, \quad (1)$$

где $\delta = 3$. Если условие (1) выполняется, то используется неявная численная схема.

е) визуализация произведенных расчетов путем построения 2D и 3D моделей.

Анализ полученных результатов.

Программно реализован управляющий модуль «AirFlowBuild», включающий в себя интерфейс приложения и модуль для работы с картой и ее объектами. Реализован модуль визуализации 2D и 3D карт и расчетов, который позволяет строить двух- и трехмерную модель рельефа местности в различных вариантах отображения карты и объектов на карте. Разработан расчетный модуль, позволяющий моделировать динамику распространения примесей с учетом внешних нестационарных факторов.

Предлагается на таких участках использовать разработанную автором уборочную машину, отличающуюся от известных ранее [7, с. 1–3; 8, с. 1–5; 9, с. 1–4; 10, с. 1–6; 17, с. 234–286] тем, что она содержит вихревую камеру с лотком, имеющим отверстие в верхней части и боковые грани входящие в торцевые части вихревой камеры с помощью наружных выпускных вращающихся лоток элементов, с чистящими щетками, прикрепленными к лотку, а также с системой патрубков, где первый патрубок расположен над лотком и связан с пылеуловителем, второй патрубок соединен с накопителем, который имеет перегородку, состоящую в верхней части из сетчатой проволочной конструкции и в нижней части – из плотного щита, разделяющую крупнодисперсную фракцию от среднелдисперсной фракции, имеет солнечные коллекторы, связанные с электрохимическим аккумулятором, соединенным с вентиляторным нагнетателем воздуха [11, с. 1–6].

Пылеуборочный агрегат для очистки твердых поверхностей (рис. 2), содержащий вентиляторный нагнетатель воздуха с приводом, работающий от солнечных коллекторов, поглощающих солнечный свет и преобразующих его в электрический ток позволяет заряжать электрохимический аккумулятор и концентрировать в нем электрическую энергию. Агрегат позволяет создавать с помощью вентиляторного нагнетателя воздуха воздушный поток, способный благодаря вихревой камере, оснащенной чистящими щетками захватывать с твердой поверхности загрязняющие вещества, поступающие в лоток и по патруб-

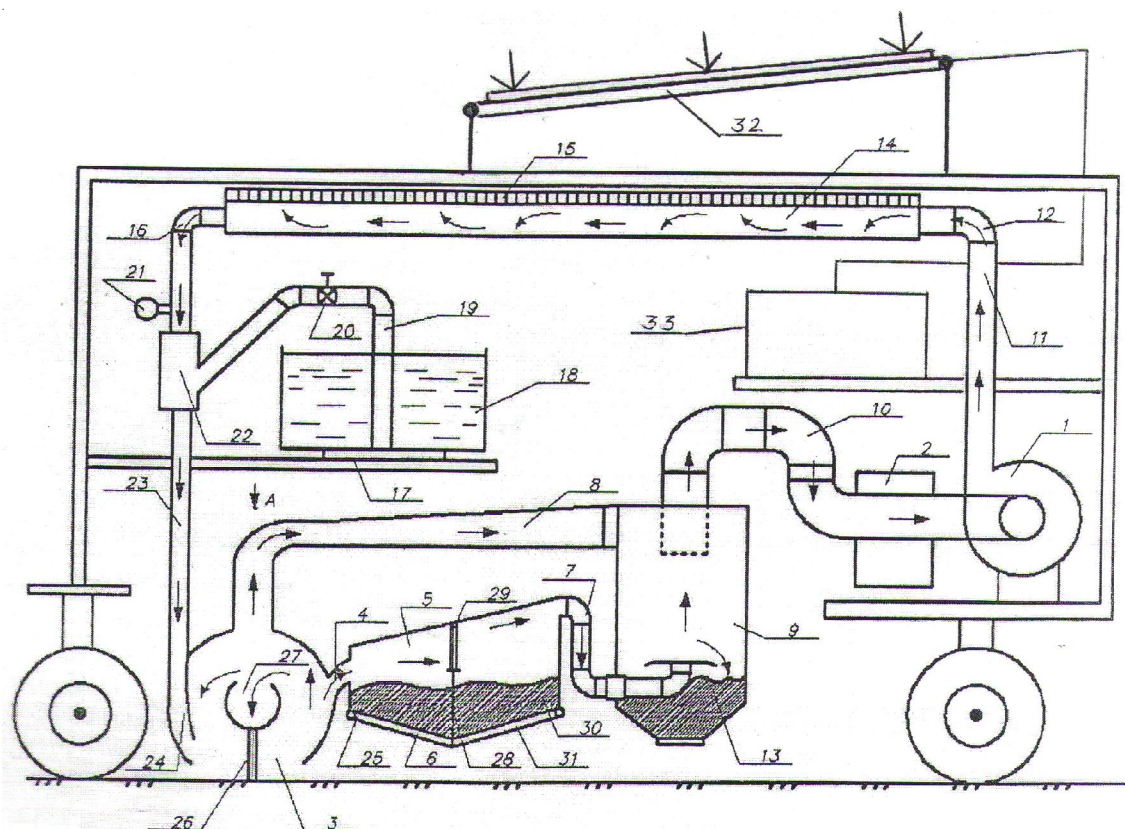


Рис. 2. Общий вид пылеуборочного агрегата для очистки твердых поверхностей

1 – вентиляторный нагнетатель, 2 – привод, 3 – цилиндрическая вихревая рабочая камера, 4, 7, 8, 10, 13, 16, 23 – ветви, 5 – накопитель, 6 – створки накопителя, 9 – пылеуловитель, 11 – нагнетательный канал, 14 – фильтрационная камера, 15 – фильтр тонкой очистки, 17, 19 – каналы, 18 – резервуар с пенящейся жидкостью, 20 – вентиль, 21 – датчик пыли, 22 – эжектор, 24 – сопло, 25 – крупнодисперсная фракция, 26 – чистящие щетки, 27 – лоток, 28 – перегородка, 29 – сетчатый элемент, 30 – среднедисперсная фракция, 31 – створка накопителя для изъятия среднедисперсной фракции, 32 – солнечные коллекторы, 33 – электрохимический аккумулятор, 34 – наружные выпускные вращающиеся лоток элементы

ку через отверстие в верхней части отводить мелкодисперсную фракцию в пылеуловитель. Лоток имеет отверстие в верхней части и боковые грани входящие в торцевые части вихревой камеры, где с помощью наружных выпускных вращающихся лоток элементов загрязняющие вещества при опорожнении лотка вновь поступают в цикл очистки.

По патрубку крупнодисперсная и среднедисперсная фракции попадают в накопитель, оснащенный перегородкой, разделенной на две части, где верхняя часть представлена сетчатой проволочной конструкцией, нижняя часть выполнена в виде плотного щита. Накопитель собирает в первом блоке крупнодисперсную фракцию, где путем автоматического открытия створки удаляется, утилизируясь в последующем как мусор. Во втором блоке концентрируется среднедисперсная фракция, удаляю-

щаяся открытием створки и утилизирующаяся как отход, имеющий вторичное использование (засыпка котлованов, оврагов, траншей, балок, пониженных форм рельефа, устройстве дорожных полотен в строительных целях).

Пылевидная фракция по ветвям и попадает в пылеуловитель, где после изъятия может использоваться вторично, воздушный поток, проходя по ветви и через вентиляторный нагнетатель воздуха, попадает в нагнетательный канал и распределяется по ветвям. В фильтрационную камеру входит ветвь, имеющая тангенсальное направление, что позволяет воздушному потоку закручиваться и, частично очищаясь, проходя через фильтр тонкой очистки попадать в атмосферный воздух городской среды. Частично, через ветвь, соединяться с загрязненной воздушной массой, выходящей из ветви. При превышении запыленности филь-

руемого воздуха 5–20 кратной концентрации пыли срабатывает датчик, открывающий вентиль и жидкость из резервуара, проходя через решетку пенообразования, установленную в канал преобразуется в пенообразующую, что позволяет увеличить степень очистки воздушной струи, путем формирования твердых частиц, проходящих через ветвь к соплу, связанному с входом в вихревую рабочую камеру. Поток способен захватывать загрязняющие вещества и вновь проходить цикл очистки по пылеуборочному агрегату.

Пылеуборочный агрегат для очистки твердых поверхностей характеризуется высокой степенью уборки загрязненной твердой поверхности, значительным периодом работы за счет использования солнечных коллекторов, разделением загрязняющих веществ по фракциям на крупнодисперсную, среднедисперсную и пылевидную, уменьшением стоимости по очистке твердых поверхностей; возможностью уборки территории со сложной геометрией городского пространства, улучшением качества воздуха городской среды. Поглощение солнечного излучения солнечными коллекторами и преобразование его в электрический ток позволяет заряжать аккумулятор и работать вентиляторному нагнетателю воздуха без дополнительных затрат энергии. Использование чистящих щеток дает возможность тщательно убирать загрязненную поверхность. Пылеуборочная машина, оснащенная пылеуборочным агрегатом для очистки твердых поверхностей, позволяет выполнять ежедневную качественную уборку городских улиц, площадей, зон внутри кварталов, придомовых территорий, может быть использована после проведения земляных, строительных и ремонтно-аварийных работ, в зонах производственных предприятий и промышленных комплексов.

Выводы.

1. При оценке загрязнения атмосферного воздуха в жилых массивах при проведении строительных работ не рассматриваются вопросы механизма возникновения и распространения пыли.

2. Предлагается к использованию методика моделирования процессов динамики воздушных потоков при строительных работах на базе специализированного ГИС-приложения,

позволяющая: проводить расчет пылевого загрязнения в жилых массивах и промышленных зонах, использовать при проектировании новых и реконструкции существующих сооружений и производств, при прогнозе последствий аварийных ситуаций на городских объектах, требующих проведения строительных работ.

3. В жилой зоне при проведении строительных работ отмечается повышенное содержание мелкодисперсной пыли.

4. Предлагается использование энергоемкой пылеуборочной машины на солнечных коллекторах, способствующий уменьшению выноса пыли в атмосферу, а также имеющую функции по утилизации загрязненных веществ по фракциям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». – М.: Минздрав России, 2010. – 61 с.
2. Заде, Г.О. Химический состав атмосферного аэрозоля на различных высотах/ Г.О. Заде, Б.Д. Белан, Т.В. Ковалевская // Фотохимические процессы земной атмосферы: Ст. науч. трудов. – М.: Наука, 1990. – С. 5–12.
3. Иванцова, Е.А. Управление эколого-экономической безопасностью промышленных предприятий / Е.А. Иванцова, В.А. Кузьмин // Вестник Волгоградского государственного университета Серия 3. Экономика. Экология. – 2014. – № 5 (28). – С. 136–146.
4. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера. – С.-Пб.: ОАО «НИИ Атмосфера», 2013. – С. 15–17.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: ОНД-86/ Госкомгидромет СССР: Введ. 01.01.87; Взамен СН 369-74. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 91 с.
6. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. – Новоросийск, ЗАО «НИПИОТСТРОМ», 2002. – 28 с.
7. Пат. на полезную модель РФ № 32787. Машина для уборки дорожных покрытий / Ю.И. Завьялов – Заявитель и патентообладатель – Общество с ограниченной ответственностью "Планета-К". – Заявл. 14.05.2003; Оpubл. 27.09. 2003. – М.: ФИПС. 2003. – С. 1–3.
8. Пат. РФ № 2147640. Машина для очистки твердых поверхностей / В.А. Закревский, В.Б. Соло-

мянский, Д.М. Ростовцев – Заявитель и патентообладатель – Научно-производственное товарищество с ограниченной ответственностью «Русская керамика». Заявл. 17.02.1998; Оpubл. 20.04.2000. – М.: ФИПС. 2000. – С. 1–5.

9. Пат. РФ № 2025555. Подборщик подметально-уборочной машины / А.П.Свидинский, А.И.Стельмашенко, А.Г.Бобров. – Заявитель и патентообладатель – Научно-производственное объединение строительного и коммунального машиностроения «Стройкоммаш». Заявл. 03.06.1991; Оpubл. 30.12.1994. – М.: ФИПС. 1994. – С. 1–4.

10. Пат. РФ № 2014136502. Пылезащитное устройство в строительстве / К.А. Трохимчук и др.; Заявитель и патентообладатель – ВолгГУ. – Заявл. 08.09.2014; Оpubл. 20.02.2015; Бюл. № 5. – М.: ФИПС. 2015. – 6 с.

11. Пат. РФ № 2014136502. Пылезащитное устройство в строительстве / М.В. Трохимчук и др.; Заявитель и патентообладатель – ВолгГУ. – Заявл. 08.09.2014; Оpubл. 20.02.2015; Бюл. № 5. – М.: ФИПС. 2015. – 6 с.

12. Сергина, Н.М. Методика микроскопического анализа дисперсионного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) / Н.М. Сергина, В.Н. Азаров, В.Ю. Юркьян, В.Н. // Законодательная и прикладная метрология. – 2004. – № 1. – С. 46–48.

13. Экология города / Под ред. И.В. Стольберга. Учебник. – Киев, «Либра», 2000. – 213 с.

14. Энциклопедический словарь юного химика. – М.: Педагогика, 1990. – 320 с.

15. Янди, К.В. Смог над городом / К.В. Янди – М.: Стройиздат, 1978. – 109 с.

16. Яшек, Е.П. Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка) / Е.П. Яшек – М.: ИМ ГРЭ, 2003. – 82 с.

17. Barratt, B. Carslaw, D., Green, D., Fuller, G., Tremper, A. Evaluation of the impact of dust suppressant application application on ambient PM 10 concentrations in London / King's College London, Environmental Research Group Prepared for Transport for London under contract to URS Infrastructure & Environment Ltd. – London, Noyes Data Corp., 2012. – P. 234–286.

18. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe / Official Journal of the European Union (11.06.2008). – Hungary, Patent Office, 2008. – P. 1–4.

19. Extensive Dachbegrünung. Ergebnisse des Symposiums in der Technischen Universität Berlin. – Berlin: M. Köhler, 1990. – 124 s.

20. Hupfer, P. Witterung und Klima/ P.Hupfer, W.Kuttler – Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner, 1998. – 167 s.

21. Köhler, M., Schmidt, M. Hof, Fassaden- und Dachbegrünung Zentraler Baustein der Stadtökologie. – Berlin, Maple, 1997. – 178 s.

22. Mackay A.W., Long X., Rose N.L., Battarbee R.W. New approaches to characterizing urban air particles in central London // J. Environ. Sei. (China). – Beijing, Publishing house «Cub», 1999. – №3. – P. 367–372.

REFERENCES

1. Gigienicheskie normativy GN 2.1.6.2604-10 «Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) zagriznjajushhij veshhestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest». Moskva, Minzdrav Rossii, 2010, 61 s.

2. Zade G.O., Belan B.D., Kovalevskaja T.V. Himicheskij sostav atmosfernogo ajerozolija na razlichnyh vysotah // Fotohimicheskie processy zemnoj atmosfery: St. nauch. trudov. Moskva, Nauka, 1990, pp. 5–12.

3. Ivantsova E.A., Kuzmin. Upravlenie ekologo-economicheskoj bezopasnostyu promyshlennykh predpriyatij [Management of ecological and economic security of industrial enterprises] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria 3: Ekonomika. Ecologia [Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo. Seria 3: Ekonomika. Ecologia], 2014, no 5, pp. 136–146.

4. Metodika mikroskopicheskogo analiza dispersnogo sostava pyli s primeneniem personal'nogo komp'yutera. St. Petersburg, OAO «NII Atmosfera», 2013, pp. 15–17.

5. Metodika rascheta koncentracij v atmosfernom vozduhe vrednyh veshhestv, sodержashhihsja v vybrosah predpriyatij: OND-86/ Goskomgidromet SSSR: Vved. (01.01.87) / St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1987, 91 s.

6. Metodicheskoe posobie po raschetu vybrosov ot neorganizovannyh istochnikov v promyshlennosti stroitel'nyh materialov. Novorossijsk, ZAO «NIPIOTSTROM», 2002, 28 s.

7. Pat. na poleznuju model' RF № 32787. Mashina dlja uborki dorozhnyh pokrytij / Ju.I. Zav'jalov – Zajavitel' i patentoobladatel' – Obshestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Planeta-K". Zajavl. 14.05.2003; Opubl. 27.09. 2003. Moskva, FIPS, 2003, pp. 1–3.

8. Pat. RF № 2147640. Mashina dlja ochistki tverdyh poverhnostej / V.A. Zakrevskij, V.B. Solomjanskij, D.M. Rostovcev – Zajavitel' i patentoobladatel' – Nauchno-proizvodstvennoe tovarishhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Russkaja keramika». Zajavl. 17.02.1998; Opubl. 20.04.2000. Moskva, FIPS, 2000, pp. 1–5.

9. Pat. RF № 2025555. Podborshhik podmetal'no-uborochnoj mashiny / A.P.Svidinskij, A.I.Stel'mashenko,

A.G.Bobrov. – Zajavitel' i patentoobladatel' – Nauchno-proizvodstvennoe obedinenie stroitel'nogo i kommunal'nogo mashinostroeniya "Strojkommash". Zajavl. 03.06.1991; Opubl. 30.12.1994. Moskva, FIPS, 1994, pp. 1–4.

10. Pat. RF № 2014136502. Pylezashhitnoe ustrojstvo v stroitel'stve / K.A. Trohimchuk i dr.; Zajavitel' i patentoobladatel' – VolgGU. – Zajavl. 08.09.2014; Opubl.20.02.2015; Bjul. №5. Moskva, FIPS, 2015, 6 s.

11. Patent RF № 2014136502. Pilezaschitnoe ustrojstvo v stroitel'stve /M.V. Trohimchuk i dr.; Zajavitel' i patentoobladatel' – VolgGU. – Zajavl. 08.09.2014; Opubl. 20.02.2015; Bjul. №5. Moskva, FIPS, 2015, 6 s.

12. Sergina N.M., Azarov V.N., Yurkyan V.Yu. Metodika mikroskopicheskogo analiza dispersionnogo sostava pyli s primeneniem personal'nogo komp'yutera (PK) [A technique for microscopic analysis of the dispersion composition of dust using a personal computer (PC)], Zakonodatel'naja i prikladnaja metrologija [Legislative and applied metrology], 2004, no 1, pp. 46–48.

13. Jekologija goroda / Pod red. I.V. Stol'berga. Uchebnik. Kiev, «Libra», 2000, 213 s.

14. Jenciklopedicheskij slovar' junogo himika. Moskva, Pedagogika, 1990, 320 s.

15. Jandi, K.V. Smog nad gorodom. Moskva, Strojizdat, 1978, 109 s.

16. Jashek, E.P. Promyshlennaja pyl' v gorodskoj srede (geohimicheskie osobennosti i jekologicheskaja ocenka). Moskva, IM GRJe, 2003, 82 s.

17. Barratt, B., Carslaw, D., Green, D., Fuller, G., Tremper, A. Evaluation of the impact of dust suppressant application application on ambient PM 10 concentrations in London /King's College London, Environmental Research Group Prepared for Transport for London under contract to URS Infrastructure & Environment Ltd. London, Noyes Data Corp., 2012, pp. 234–286.

18. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe / Official Journal of the European Union (11.06.2008). Hungary, Patent Office, 2008, pp. 1–4.

19. Extensive Dachbegrünung. Ergebnisse des Symposiums in der Technischen Universität Berlin. Berlin, M. Köhler, 1990, 124 s.

20. Hupfer, P. Witterung und Klima/ P.Hupfer, W.Kuttler. Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner, 1998, 167 s.

21. Köhler, M., Schmidt, M. Hof, Fassaden- und Dachbegrünung Zentraler Baustein der Stadtökologie. Berlin, Maple, 1997, 178 s.

22. Mackay A.W., Long X., Rose N.L., Battarbee R.W. New approaches to characterizing urban air particles in central London // J. Environ. Sei. (China). –Beijing, Publishing house «Cub», 1999, no 3. pp. 367–372.

Information about the Authors

Marina V. Trokhimchuk, Candidate of Geology and Mineralogy, Associate Professor of the Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, tro232957@mail.ru

Margarita V. Postnova, Doctor of Sciences (biology), Associate Professor, Head of Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, postnova@volgu.ru

Katerina A. Trokhimchuk, Candidate in Technics, Student, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, Tro232957@mail.ru

Информация об авторах

Марина Викторовна Трохимчук, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, пр. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, tro232957@mail.ru

Мargarита Викторовна Постнова, доктор биологических наук, доцент, зав.кафедрой биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, пр. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, postnova@volgu.ru

Катерина Алексеевна Трохимчук, кандидат технических наук, магистрант кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, пр. Университетский, 100, 400062, г. Волгоград Российская Федерация, Tro232957@mail.ru