УДК 628.511.1

DOI: 10.33979/2073-7416-2019-82-2-106-115

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЫЛИ ОПОКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

CAXAPOBA A.A., A3APOB B.H.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия,

Аннотация. Опока - прочная пористая кремнистая осадочная горная порода. В последнее время она всё больше используется как сорбент и как добавка к строительным материалам. Важным технологическим процессом получения продукта является дробление, просев, прокаливание и прочее. Все они сопровождаются выделением пыли. Эта пыль может быть загрязнителем окружающей воздушной среды, отходом и т.д.

В статье приведены результаты экспериментальных и натурных исследований аэродинамических и физико-химических характеристик (скорости оседания) пыли опоки Волгоградского месторождения. Предложена схема процесса обеспыливания производства сорбентов в области водоснабжения и водоотведения и добавок из опоки в строительстве.

Проведен эксперимент, описана установка, а также методика обработки данных. Построены интегральные функции распределения массы частиц пыли опоки по диаметрам в вероятностно-логарифмической системе координат, как для всего ансамбля частиц, так и для частиц различных диапазонов скоростей оседания.

Ключевые слова: опока, аэродинамические и физико-химические характеристики, интегральные функции распределения массы частиц

STUDY OF AERODYNAMIC AND PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE DUST OF THE FLASK USED IN CONSTRUCTION

SAKHAROVA A.A., AZAROV V.N.

Volgograd state technical University, Volgograd, Russia

Abstract. Flask is a strong porous siliceous sedimentary rock. Recently, it is increasingly used as a sorbent and as an additive to building materials. An important technological process for obtaining the product is crushing, sowing, calcination and so on. All of them are accompanied by the release of dust. This dust can be a pollutant of the air environment, waste, etc.

The article presents the results of experimental and field studies of aerodynamic and physicochemical characteristics (sedimentation rate) of dust flask Volgograd field. A scheme of the process of dedusting sorbent production in the field of water supply and sanitation and additives from flask in construction is proposed.

The experiment was conducted, the installation and the method of data processing were described. Built the cumulative distribution function of the mass of the dust particles of the flask at the diameters of the probability-logarithmic coordinate system for the entire ensemble of particles and for particles of different speeds of deposition.

Keywords: flask, aerodynamic and physicochemical characteristics, the cumulative distribution function of the particle mass.

Введение

На сегодняшний день строительный рынок изобилует различными добавками для получения бетонных композитов с направленными эксплуатационными характеристиками. Проблема заключается в том, что эти составы, как правило, импортного производства, состав добавки является собственностью производителя и, зачастую засекречен. Применение импортного сырья в отечественных технологиях не всегда оправдано, т.к. до конца не выясненный состав может проявиться как антагонист при пролонгированном использовании [1].

Опоки — экологические безопасные материалы, природные алюмосиликаты, обладают уникальным набором свойств, которые при детальном исследовании позволят решить различные проблемы, возникающие в процессе эксплуатации строительных объектов [2].

Опока, а также диатомит и трепел, используются как [3]: адсорбенты для очистки сиропов, соков, масел, газов, нефтепродуктов и др. (высокая пористость обусловливает способность поглощать различные коллоидные вещества из растворов); гидравлическая добавка к портландцементу, обеспечивающая долговечность подводных же-



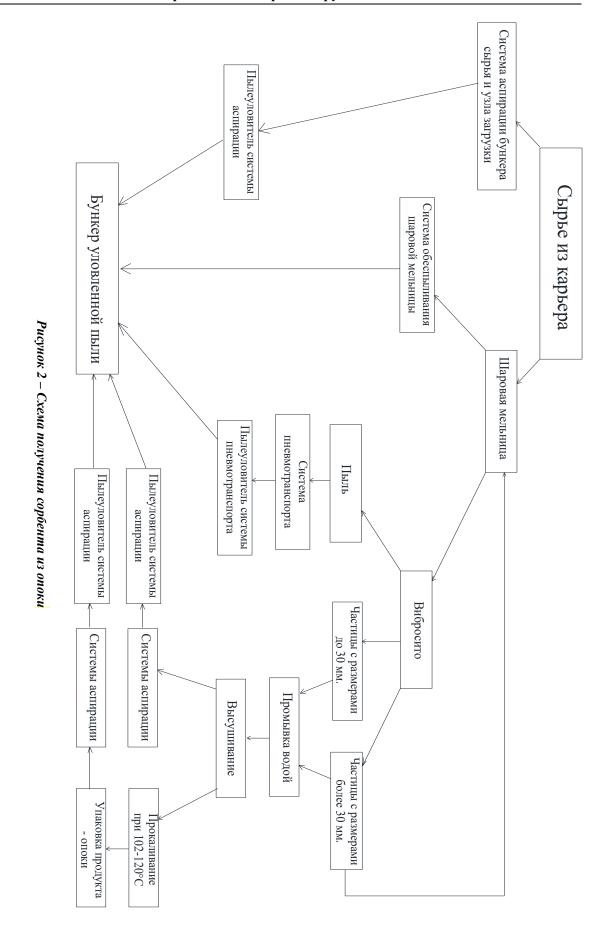
Рисунок 1 - Исследуемый образец минерала опоки месторождения Волгоградской области

лезобетонных и бетонных сооружений и плотин; добавка при изготовлении легких бетонов, керамических и теплоизоляционных изделий в смеси с вермикулитом, асбестом, минеральной ватой, обеспечивающей звуко- и теплоизоляционные свойства материала; наполнитель в про-изводстве пластмасс, некоторых видов резины, сургуча, спичек, салфеточной бумаги, красок; многоцелевая добавка при производстве стеновой керамики [4]; опочно-грунтовая смесь различного состава для устройства конструктивных слоев дорожных одежд на автомобильных дорогах IV и V категорий в IV и V дорожно-климатических зонах [5].

На рисунке 1 приведен исследуемый образец минерала опоки месторождения Волгоградской области.

Анализ технологических схем производства сорбентов и добавок из опоки позволил предложить оптимальную схему и выделить узлы образования пыли, как правило, размером частиц до 0,1 мкм (рис.2).

Пыль опоки представляет собой аэродисперсную систему, в которой дисперсная среда является газообразной, а дисперсная фаза — твердой. В большинстве случаев частицы пыли характеризуются неправильной геометрической формой, а по размерам, как правило, колеблются в диапазоне от 0,001 до 120 мкм [6].



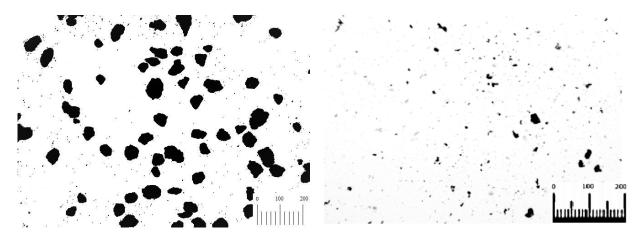


Рисунок 3 — Изображение мидалевых сечений частиц пыли опоки месторождения Волгоградской области, используемых в компьютерной программе для дисперсного анализа DUST 1 [15]: а — одиночные частицы пыли со скоростью оседания 0,5 — 0,6 м/с; б — выброс облаком с концентрацией более чем 20 мг/м³ от технологического оборудования в окружающую среду

Модели и методы

Микроскопический анализ отобранных проб пыли производился с использованием сканирующего электронного микроскопа Versa 3D Dual Beam. Элементный состав исследуемых образцов был изучен методом сканирующей просвечивающей электронной микроскопии (STEM). Режим высокого вакуума (Hi Vac) с применением различных детекторов: вторичных, обратно рассеянных и проходящих электронов (ETD, CBS, STEM), позволяет получать изображения высокого разрешения металлических, композиционных и порошковых материалов. Дисперсный анализ отобранных проб пыли производился по полученным в результате микроскопического исследования микрофотографиям с использованием специализированного программного обеспечения Image J [7,8].

По полученным фотографиям с увеличением до 500 нанометров определяется дисперсный состав фракций пыли. Дальнейшая обработка сопровождается микрорентгеноспектральным анализом пыли в зависимости от содержания материала в каждой точке, изучаемого образца.

На рисунке 4 (а) представлено 3D-изображение, сканируемого образца пыли опоки Волгоградского месторождения. На рисунке 4 (б) представлен химический состав и структура материала, на основе количественного и качественного микрорентгеноспектрального анализа (EDS) [9-13].

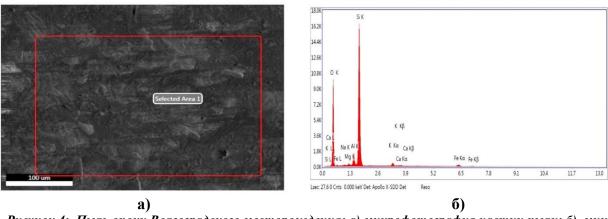


Рисунок 4: Пыль опоки Волгоградского месторождения: а) микрофотография частиц пыли; б) микрорентгеноспектральный анализ пыли

Для проведения дисперсионного анализа была использована методика микроскопического анализа с применением ПК [14-16] и компьютерной программы для дисперсного анализа DUST 1 [17]. Одновременно производилось исследование фракционного состава пыли опоки по методикам, изложенным в работах [18] с помощью микроскопа монокулярного Микромед 1 вар. 1-20 и ручного счетчика частиц – HANDHELD 3016 IAQ.

Существуют различные теоретические и экспериментальные зависимости для описания фракционного состава пыли [19]. А.Н. Колмогоров доказал [19], что при простых предположениях для описания дисперсного состава порошков и пылевидныхматериалов, состоящих из сферических частиц применим нормальный закон для логарифма диаметра частиц. Однако в ряде работ было показано, что это правило выполняется лишь на отдельных интервалах эквивалентных диапазонов частиц и, как правило, распределение пыли в реальных технологических процессах описывается усеченным нормальным распределением логарифма эквивалентного диаметра [19,20].

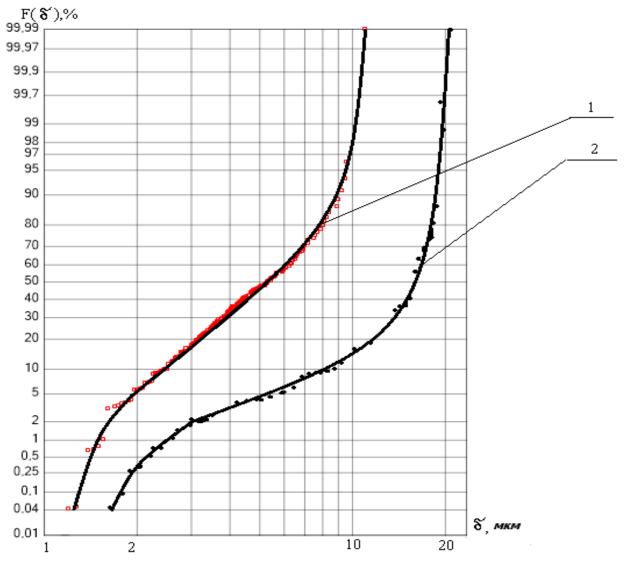


Рисунок 5 - Сравнение интегральных функций распределения массы частиц пыли опоки, по эквивалентным диаметрам для двух месторождений: 1 – Каменноярское месторождение Черноярского района Астраханской области; 2 - месторождение Волгоградской области

Например, на рисунке 5 приведены полученные в результате исследований интегральные функции распределения массы частиц пыли опоки, по эквивалентным диаметрам для двух месторождений: Астраханской и Волгоградской областей [6]. Построение выполнимо в вероятностно-логарифмической сетке, на которой функции нормального закона распределения должны описываться прямой линией.

Как следует из рисунка 5, интегральный закон А.Н. Колмогорова выполняется лишь на следующих интервалах изменения эквивалентного диаметра δ : [1,5; 7] для месторождений Астраханской области и [3; 10] для Волгоградской области. То есть там, где интегральная функция распределения в вероятностно-логарифмической системе координат представлена прямой линией.

Эти свойства важны т.к. фракционный состав пыли имеет определяющее значение для разработки и совершенствования пылеулавливающих аппаратов и систем, а также для осуществления мероприятий по предотвращению выделения пыли, расчету закономерностей ее распространения в окружающей среде.

Целью проведенного экспериментального исследования является определение аэродинамических свойств частиц пыли опоки, методом пофракционного оседания с последующим анализом их дисперсного состава и построением зависимостей скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы пыли в вероятностно-логарифмической сетке. При этом соблюдались закономерности пылевыделения от технологического оборудования, а именно «порционность» и концентрация пыли. При пофракционном оседании, называемом иногда дробным оседанием, анализируемая проба пыли, отобранная в выбросах облаком с концентрацией более чем 20 мг/м³ в атмосферу и в рабочую зону в процессе получения сорбента и добавок к строительным материалам [15,21].

Для сравнения был проведен эксперимент с помощью ситового метода с оседанием частиц размером в узком диапазоне, например, 100 < dэкв < 125 мкм.

Частицы с различной скоростью падения оседают на липкой ленте (скотч), уложенной на ленточный транспортер. Лента транспортера рывком перемещается на величину диаметра седиментационного цилиндра за равные промежутки времени, диапазон оседание составляет 1 сек. Диапазоны изменения скоростей оседания частиц были равны (м/с):

1)
$$V > 1.8 \text{ m/c}$$
; 2) $1.8 > V > 0.96 \text{ m/c}$; 3) $0.96 > V > 0.65 \text{ m/c}$; 4) $0.65 > V > 0.51 \text{ m/c}$.

Результаты исследования и их анализ

После проведения экспериментальной части, оптическим методом был осуществлен анализ дисперсного состава пыли опоки, осевшей на ленту микроскопическим методом [20,22]. Метод определения дисперсного состава пыли основан на фотографировании увеличенных под микроскопом в 200-1000 раз отобранных образцов пылевидных частиц, закрепленных на предметном стекле, с последующей обработкой фотографий с помощью графического редактора. Дальнейший расчёт предполагает подсчёт количества частиц на каждом снимке и построение интегральных кривых в вероятностно-логарифмической системе координат. Данные действия выполняются в программе «SPOTEXPLORER V1.0».

В ходе эксперимента установлено, что диаметры частиц в каждом из диапазонов скоростей оседания в среднем уменьшаются с уменьшением средней скорости. На рисунке 6 приведены интегральные функции распределения массы частиц пыли опоки для различных диапазонов скоростей оседания.

Медианный и максимальный диаметр пыли опоки, представлены в таблице 1.

Как следует из данных таблицы 1, при одной же скорости оседания и, следовательно, одинаковом аэродинамическом диаметре частиц, реальные размеры частиц при одиночном оседании выше, чем в облаке, оседающем с той же скоростью. Или частицы опоки одного размера в облаке оседают в несколько раз с большей скоростью, по сравнению с одиночными частицами.

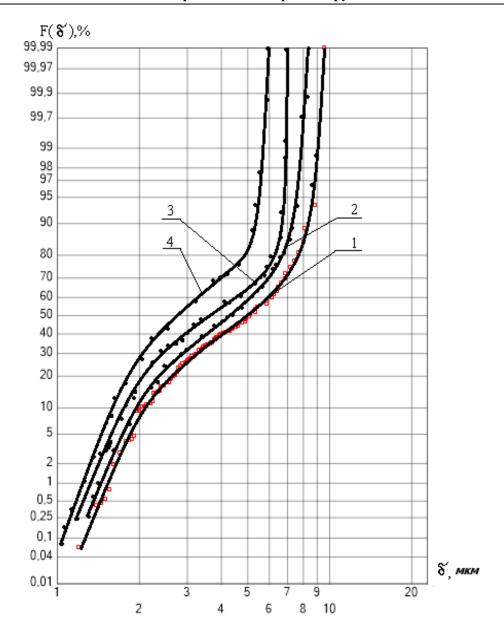


Рисунок 6 - Интегральные функции распределения массы частиц пыли опоки месторождения Волгоградской области для различных диапазонов скоростей оседания: $1 - V > 1.8 \text{ м/c}; \ 2 - 1.8 > V > 0.96 \text{ м/c}; \ 3 - 0.96 > V > 0.65 \text{ м/c}; \ 4 - 0.65 > V > 0.51 \text{ м/c}.$

Таблица 1 — Диапазоны изменения скоростей оседания пыли опоки месторождения Волгоградской области

Скорость оседа-	Одиночные частицы пыли		Выброс облаком	
ния, м/с	δ_{50} , мкм	δ_{max} , MKM	δ_{50} , MKM	δ_{max} , мкм
V > 1,8	-	200	4,0	11,5
1.8 > V > 0.96	100	125	3,5	9,1
0.96 > V > 0.65	80	100	3,1	6,8
0.65 > V > 0.51	60	80	2,6	5,9

Выводы:

- 1. Исследования аэродинамических характеристик показали, что оседание одиночных частиц пыли опоки происходит с меньшей скоростью, чем в облаке пыли.
- 2. Предложена схема процесса обеспыливания производства сорбентов в области водоснабжения и водоотведения и добавок из опоки в строительстве.
- 3. Полученные данные аэродинамических и физико-химических характеристик позволяют расчитать аппараты, которые могут быть использованы в системах аспирации, обеспыливания, пневмоуборки, пневмотранспорта в производствах, связанных с опокой, как сорбента и добавки к строительным материалам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Кожевникова Ю.Г., Плотникова Д.А., Башмачников В.Д. Разработка состава строительного раствора, модифицированного введением минеральной добавки из местных материалов опок каменноярского месторождения черноярского района астраханской области // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2015. Том 7, №5 http://naukovedenie.ru/PDF/77TVN515.pdf (доступ свободный). DOI: 10.15862/77TVN515
- 2. Сахарова А.А. Разновидности опоки как природного материала // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. материалов и науч. тр. инженеров-экологов / под ред. В. Н. Азарова ; Волгогр. гос. техн. ун-т. Волгоград, 2018. Вып. 9. С. 97-100.
- 3. Сахарова А.А. Применение органогенных горных пород в строительной индустрии = Use of organogenic rocks in the construction industry // Современная наука и технический прогресс: материалы междунар. науч.-практ. конф. (27 нояб. 2018 г., Калининград) / отв. ред. А. А. Зарайский. Саратов, 2018. С. 102-104.
- 4. Котляр В.Д., Талпа Б.В. Опоки перспективное сырье для стеновой керамики // Строительные материалы. 2007. № 2. С. 31-35.
- 5. http://stroi-archive.ru/dorozhnye-materialy/104-osobennosti-konstruirovaniya-dorozhnyh-odezhd-iz-opochnyh-materialov.html
- 6. Азаров В.Н., Caxapoвa A.A. Aerodynamic Characteristics and Fractional Composition of the Flask Dust // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 224, No 1. Doi: 10.1088/1755-1315/224/1/012027/
- 7. Kuzmichev A. A., Azarov V. N., Kuzmichev A. V. The research of contamination regularities of historical buildings and architectural monuments by methods of computer modeling // MATEC Web of Conference. 2017. Vol. 129. 05002. https://doi.org/10.1051/matecconf/201712905002
- 8. Азаров В.Н., Тертишников И. В., Маринин Н.А. Нормирование РМ10 и РМ2,5 как социальный стандарт качества жизни в районах расположения предприятий стройиндустрии // Жилищное строительство. 2012. No 3. C. 20—23.
 - 9. Jens Als-Nielsen, Des McMorrow. Elements of modern X-ray Physics. 2nd ed. Wiley (2011), 421 p.
- 10. Лиопо В.А., Война В.В. Рентгеновская дифрактометрия. Учебное пособие. Гродно, ГрГУ им. Я. Купалы, 2003, 171 с.
- 11. Кривовичев С.В. Практические вопросы рентгеноструктурного анализа. 2. Расшифровка и уточнение кристаллических структур в комплексе SHELIX. Учебное пособие. СПб., СПГУ, 2007, 112 с.
- 12. Исаенкова М.Г., Перлович Ю.А., Скрытный В.И., Соколов Н.А., Яльцев В.Н. Рентгеновская дифрактометрия. Учебное пособие. М., МИФИ, 2007., 48 с.
- 13. Portable X-ray fluorescence spectrometry-capabilities for in situ analysis. Edited by P. J. Potts and M. West. RSC Publishing, Cambridge, UK, 2008, 291 pp.
- 14. Градус, Л. Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии. Москва: Химия, 1979. 232 с.
- 15. Коузов, П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов; 3-е изд. перераб. Ленинград: Химия, 1987. 264 с.
- 16. Ромашов Г.И. Основные процессы и методы определения дисперсного состава промышленных пылей. Л.: ЛИОТ, 1938. 176 с.
- 17. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014618468 от 21.08.2014 РФ DUST 1 / В.Н. Азаров, Д.А. Быкадоров, О.А. Быкадорова, Д.В. Азаров, А.В. Азаров, Д.А. Николенко, М.А. Николенко. 2012.
- 18. Азаров В.Н. Research of Dust Content in the Earthworks Working Area / В.Н. Азаров, М.В. Трохимчук, О.П. Сидельникова // Procedia Engineering. Vol. 150. 2016. Pp. 2008-2012.
- 19. Колмогоров А.Н. О логарифмически нормальном законе распределения частиц при дроблении // ДАН СССР. 1941. Т.31. №2. С. 1030-1039.

- 20. Азаров В.Н., Евтушенко А.И., Батманов В.П., Стреляева А.Б., Лупиногин В.В. Aerodynamic Characteristics of Dust in the Emissions Into the Atmosphere and Working Zone of Construction Enterprises // International Review of Civil Engineering. 2016. Vol. 7. No. 5. C. 132-136.
- 21. Коузов П. А., Скрябина Л.Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. Л.: Химия, Ленингр. отделение, 1983.
- 22. Артюхин А. С., Пономарева Н.С. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик и эффективности пылеулавливания аппаратов ВЗП // Проблемы промышленной экологии: сб.130 материалов и науч. тр. молодых инженеров-экологов. Волгоград:ВолгГАСУ, 2006. С. 133-138.

REFERENCES

- 1. Kozhevnikova YU.G., Plotnikova D.A., Bashmachnikov V.D. Razrabotka sostava stroitel'nogo rastvora, modificirovannogo vvedeniem mineral'noj dobavki iz mestnyh materialov opok kamenno-yarskogo mestorozhdeniya chernoyarskogo rajona astrahanskoj oblasti [Development of contant of construction murtor ,odified by introduction of mineral component made of obtained in place materials]. *Internet-zhurnal "NAUKOVEDENIE*". 2015. Vol. 7, No 5. doi: 10.15862/77TVN515
- 2. Saharova A.A. Raznovidnosti opoki kak prirodnogo materiala [Different types of opoka as environmental material]. Proc. Of Sci. papers on Problem of protection of industriasl and environment / ed. by V. N. Azarov; Volgogr. gos. tekhn. un-t. Volgograd, 2018. Vol. 9. Pp. 97-100.
- 3. Saharova A.A. Primenenie organogennyh gornyh porod v stroitel'noj industrii = Use of organogenic rocks in the construction industry [Application of organically morfed rock in construction]. Proc. Of Int. Conf. on Modern Science and technical progress, 27 Nov. 2018, Kaliningrad / ed. by A. A. Zarajskij. Saratov, 2018. Pp. 102-104.
- 4. Kotlyar V.D., Talpa B.V. Opoki perspektivnoe syr'e dlya stenovoj keramiki [Opoki a promising raw material for wall ceramics]. *Stroitel'nye materialy*. 2007. No 2. Pp. 31-35.
- 5. http://stroi-archive.ru/dorozhnye-materialy/104-osobennosti-konstruirovaniya-dorozhnyh-odezhd-iz-opochnyh-materialov.html
- 6. Azarov V.N., Saharova A.A. Aerodynamic Characteristics and Fractional Composition of the Flask Dust. All-Russian research-to-practice conference "Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions" (EST 2018, 22–24 November 2018, Yurga, Russian Federation). Conference Series: Earth and Environmental Science. Publishing Ltd IOP, 2019. Vol. 224, No 1. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/224/1/012027/pdf.
- 7. Kuzmichev A. A., Azarov V. N., Kuzmichev A. V. The research of contamination regularities of historical buildings and architectural monuments by methods of computer modeling. *MATEC Web of Conference*. 2017. Vol. 129. 05002. https://doi.org/10.1051/matecconf/201712905002
- 8. Azarov V.N., Tertishnikov I. V., Marinin N.A. Normirovanie PM10 i PM2,5 kak social'nyj standart kachestva zhizni v rajonah raspolozheniya predpriyatij strojindustrii [Rationing PM10 and PM2.5 as a social standard of the quality of life in areas of the construction industry enterprises]. *ZHilishchnoe stroitel'stvo* . 2012. No 3. Pp. 20 23.
 - 9. Jens Als-Nielsen, Des McMorrow. Elements of modern X-ray Physics. 2nd ed. Wiley (2011), 421 p.
 - 10. Liopo V.A., Vojna V.V. Rentgenovskaya difraktometriya [X-ray diffractometry]. Grodno, GrGU im. YA. Kupaly, 2003, 171 p.
- 11. Krivovichev S.V. Prakticheskie voprosy rentgenostrukturnogo analiza. 2. Rasshifrovka i utochnenie kristallicheskih struktur v komplekse SHELIX [Practical issues of X-ray analysis. 2. Deciphering and refining the crystal structures in the SHELIX complex]. Saint Peterburg, SPGU, 2007, 112 p.
- 12. Isaenkova M.G., Perlovich YU.A., Skrytnyj V.I., Sokolov N.A., YAl'cev V.N. Rentgenovskaya difraktometriya [X-ray diffractometry]. Moscow, MIFI, 2007, 48 p.
- 13. Portable X-ray fluorescence spectrometry-capabilities for in situ analysis. Edited by P. J. Potts and M. West. RSC Publishing, Cambridge, UK, 2008, 291 p.
- 14. Gradus L. YA. Rukovodstvo po dispersionnomu analizu metodom mikroskopii [Guide to analysis of variance by microscopy]. Moscow: Himiya, 1979. 232 p.
- 15. Kouzov P. A. Osnovy analiza dispersnogo sostava promyshlennyh pylej i izmel'chennyh materialov [Fundamentals of analysis of the dispersion composition of industrial dusts and crushed materials t]. 3-e edition, remastered. Leningrad: Himiya, 1987. 264 p.
- 16. Romashov G.I. Osnovnye processy i metody opredeleniya dispersnogo sostava promyshlennyh pylej [The main processes and methods for determining the dispersion composition of industrial dusts]. Leningrad: LIOT, 1938. 176 p.
- 17. Svid. o gos. registracii programmy dlya EHVM № 2014618468 ot 21.08.2014 RF DUST 1 / V.N. Azarov, D.A. Bykadorov, O.A. Bykadorova, D.V. Azarov, A.V. Azarov, D.A. Nikolenko, M.A. Nikolenko. 2012.
- 18. Azarov V.N., Trohimchuk M.V., Sidel'nikova O.P. Research of Dust Content in the Earthworks Working Area. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150 Pp. 2008-2012.
- 19. Kolmogorov, A. N. O logarifmicheski normal'nom zakone raspredeleniya chastic pri droblenii [On the logarithmically normal distribution law of particles during crushing]. *DAN SSSR*. 1941. T.31. No 2. Pp. 1030-1039.

Строительные материалы и технологии

- 20. Azarov V.N., Evtushenko A.I., Batmanov V.P., Strelyaeva A.B., Lupinogin V.V. Aerodynamic Characteristics of Dust in the Emissions Into the Atmosphere and Working Zone of Construction Enterprises. *International Review of Civil Engineering*. 2016. Vol. 7, No. 5. Pp. 132-136.
- 21. Kouzov P. A., Skryabina L. Ya. Metody opredeleniya fiziko-himicheskih svojstv promyshlennyh pylej. Leningrad: Himiya, Leningr. otdelenie, 1983.
- 22. Artyuhin A. S., Ponomareva N. S. Ehksperimental'nye issledovaniya aehrodinamicheskih harakteristik i ehffektivnosti pyleulavlivaniya apparatov VZP [Experimental studies of the aerodynamic characteristics and efficiency of dust collection of VZP devices]. Proc. of materials of sci. papers of young engineers-ecologists. Volgograd:VolgGASU, 2006. Pp. 133-138.

Информация об авторах:

Сахарова Анастасия Андреевна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Институт архитектуры и строительства, г. Волгоград, Россия,

ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения

E-mail: sax.nastya@yandex.ru

Азаров Валерий Николаевич

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Институт архитектуры и строительства, г. Волгоград, Россия, доктор техн. наук, проф., проф. кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве,

E-mail: azarovpubl@mail.ru

Information about authors:

Sakharova Anastasia A.

FGBOU VO "Volgograd state technical University" Institute of architecture and construction, Volgograd, Russia, assistant of water supply and sanitation department

E-mail: sax.nastya@yandex.ru

Azarov Valery N.

FGBOU VO "Volgograd state technical University" Institute of architecture and construction, Volgograd, Russia, doctor of technology of sciences, prof., prof. of the department of life safety in construction and urban economy, E-mail: azarovpubl@mail.ru