DOI: 10.15593/24111678/2016.04.10

УДК 504.3.054

Я.Н. Чудинова, И.Н. Ташкинова, В.Н. Коротаев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО КАМПУСА

Представлены результаты теоретического и экспериментального исследования воздействия транспорта на качество атмосферного воздуха на территории кампуса Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ). Проведены исследования транспортной загруженности и интенсивности движения в разное время суток, и на основании методики количественной оценки выбросов автотранспорта для сводных расчетов загрязнения атмосферы городов получены данные о вкладе транспортной инфраструктуры в загрязнение атмосферного воздуха на территории кампуса ПНИПУ. По данным натурных измерений также выполнен расчет валового и суммарного выброса загрязняющих веществ: выявлено превышение нормативных значений по оксиду углерода и предельным углеводородам. Предложены критерии для оценки транспортной системы кампуса, проанализированы их значения за текущий год.

По результатам оценки качества атмосферного воздуха разработаны мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую природную среду и сохранению благоприятных условий для жизнедеятельности людей на территории кампуса: введение пропускного режима при въезде на территорию студгородка, увеличение количества парковочных мест для велотранспорта, развитие велотранспортной инфраструктуры (знаки, дорожки), создание велопроката, использование общественного транспорта только на экологичном виде топлива (газ, экотопливо), обновление и ремонт автотранспортного парка вуза, введение локального шаттла для перемещения по территории кампуса, регулярное озеленение, увеличение площади рекреационных зон, развитие оздоровительной инфраструктуры, организация парковок перехватывающего типа, разработка информационного плана-графика благоприятного времени и мест парковки на территории кампуса, усовершенствование системы отопления и энергоснабжения жилых зданий и учебных корпусов.

Ключевые слова: атмосферный воздух, университетский кампус, транспорт, автомобиль, транспортная инфраструктура, городская среда, качество атмосферного воздуха, велосипед, велосипедное движение, выбросы автотранспорта, источник загрязнения, транспортная загруженность, интенсивность движения, транспортная схема.

Ia.N. Chudinova, I.N. Tashkinova, V.N. Korotaev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

RESEARCH OF TRANSPORT EFFECTS ON AIR QUALITY AT THE UNIVERSITY CAMPUS TERRITORY

Results of theoretical and experimental studies of the transport effects on air quality at the Perm National Research Polytechnic University campus (PNRPU) are presented. Traffic load and traffic intensity at different times of day are investigated. On the basis of qualitative analysis method of transport discharge for urban air pollution calculations data on the transport infrastructure's contribution to air pollution on the territory of the campus PNRPU provided. Also according to the in-situ measurements the total emission of polluting substances calculated and exceeding of the normative values for carbon

monoxide and saturated hydrocarbons identified. The assessment criteria of campus transportation system, their values analyzed for the current year. According to results of air quality assessment measures for reduce the negative impact on the environment and for a favorable environment preservation for human life on campus developed: introduction of access control at the entrance to the territory of the campus, increasing the number of parking spaces for bicycle transport, development of infrastructure for bicycle transport (signs, paths), creation of bike rental, use of public transport only at the eco-friendly form of fuel (gas, ecological fuel), updating and repair of university's motor transport, local shuttle launching to move on campus, regular planting, square increasing of recreation areas, development of health infrastructure, organization of intercepting parking places, development of information schedule of favorable time and parking space on campus, improvement of heating and energy supply systems of residential and educational buildings.

Keywords: air, campus, transportation, car, transport infrastructure, urban environment, air quality, bicycle, cycling, motor vehicle emissions, source of pollution, traffic congestion, traffic, transport scheme.

Одним из главных источников загрязнения атмосферы сегодня признан автомобильный транспорт. По данным ежегодного экологического доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края – 2015», валовый выброс в атмосферу Пермского края от стационарных источников в 2015 г. составил 298,6 тыс. т загрязняющих веществ, из них 94,8 % жидких и газообразных и 5,2 % твердых [1]. Максимальное загрязнение атмосферного воздуха в г. Перми характерно для юго-западной части города (Индустриального района, зоны крупного промышленного комплекса), западной части города (Кировского района), северо-восточной части (Мотовилихинского района, вблизи машиностроительного предприятия). Снижение уровня загрязнения в Ленинском районе г. Перми может быть связано с изменением транспортных сетей на территории города: строительством развязок, дорог, выводящих потоки автотранспорта на периферию города, изменением парковочной системы [1].

Развитие города способствует усовершенствованию социальной, инновационной, транспортной и другой инфраструктуры. В последние годы набирают обороты строительство больших многофункциональных жилых центров, создание «умных» домов, внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий в жилых и промышленных зданиях, а также совершенствование университетских кампусов.

Кампус университета «Комплекс ПНИПУ» является открытой площадкой для всех жителей города и представляет собой локализованную территорию – «мини-город в городе». Как и любой населенный пункт, университетский кампус содержит стационарные и передвижные источники загрязнения атмосферного воздуха, источники водоснабжения, водные объекты, зеленые насаждения, теплоэлектростанции, коммунальную инфраструктуру, объекты по сбору отходов, транспортную систему и т.д. [2–6].

Комплекс ПНИПУ расположен в правобережной части Ленинского района г. Перми, в 9 км к востоку от центра города, в микрорайоне с низкой экологической нагрузкой, расположенном на территории особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Охраняемый ландшафт “Верхнекурьинский”». ООПТ организована для охраны элитных пород сосны обыкновенной (семенной фонд элитных деревьев). Здесь обитает рекомендованный для занесения в Красную книгу России и находящийся под угрозой исчезновения на территории Европы черный коршун [1]. На территории кампуса расположены следующие объекты: жилые дома, гаражи, котельная, автодорога, учебные корпуса (рис. 1).

Согласно стратегии развития Пермского национального исследовательского политехнического университета количество студентов, обучающихся на территории кампуса, ежегодно возрастает, планируется строительство новых учебных корпусов и развитие инфраструктуры, поэтому одним из стратегических направлений развития принято снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду, в том числе на атмосферный воздух [7–12].

Рис. 1. Схема кампуса ПНИПУ
(основа предоставлена 2ГИС – Copyright © 2014 2GIS)

К источникам загрязнения атмосферного воздуха на территории кампуса ПНИПУ можно отнести несколько объектов:

– котельная кампуса: включает два водогрейных котла КВ-ГМ-20-150 мощностью 20 Гкал/ч и два паровых котла ДК-ВР-10-13 мощ-

ность 10 т пара в час. В качестве топлива используется природный газ (расход – 7079 тыс. м³ в год на водогрейные котлы и 2531 тыс. м³ в год на паровые котлы). Основными загрязняющими веществами, поступающими от котельной, являются дымовые газы, содержащие диоксид азота, оксид азота, серы диоксид, углерода оксид, бензопирен. Валовый выброс промплощадки составляет 57,04 т/год [13];

– автодорога: общая площадь на территории кампуса – 25 706 м², площадь автопарковок около учебных корпусов – 7500 м².

Ежегодные отчеты об оценке воздействия объектов инфраструктуры вуза свидетельствуют о нормативных значениях загрязняющих веществ в выбросах хозяйственных и промышленных объектов университета, но ежегодно на территории кампуса наблюдается прирост количества транспортных средств, въезжающих на территорию Комплекса ПНИПУ, что не учитывается разработчиками отчетных документов.

Как уже было сказано, на сегодняшний день одним из основных источников загрязнения воздуха городов является автомобильный транспорт. Для оценки вклада транспортной инфраструктуры в загрязнение атмосферного воздуха на территории кампуса ПНИПУ и разработки эффективной транспортной схемы кампуса выполнены исследования транспортной загруженности и интенсивности движения в разное время суток (в соответствии с методикой определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов, Приказ Госкомэкологии России № 66 от 16 февраля 1999 г.).

В качестве исходных данных для расчета выбросов автотранспорта в атмосферу были использованы результаты натурных обследований структуры и интенсивности автотранспортных потоков, а также анализа загруженности парковок у корпусов университета выполнены в периоды пиковой и полупиковой нагрузки (пиковая нагрузка – период сессии заочников и очников; полупиковая нагрузка – период учебного семестра (рис. 2, 3)).

По результатам наблюдений наиболее загруженным временным интервалом является период с 11.00 до 12.00 как при пиковой, так и при полупиковой нагрузке. Наиболее загруженными являются парковки при корпусах Д, А, АДФ и общежитий. Исследование также позволило сделать вывод, что существует нехватка парковочных мест, вследствие чего студенты и сотрудники вынуждены оставлять свой транспорт на проезжей части, что затрудняет движение автотранспорта, а также на

«незапечатанных» территориях – в лесной зоне, что неблагоприятно влияет на окружающую среду.

Рис. 2. Процентное соотношение автомобилей на парковках кампуса в разные временные промежутки в течение дня (будни)

Рис. 3. Загруженность автопарковок кампуса ПНИПУ в течение дня (будни)

Расчет выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта, въезжающего на территорию кампуса, а также от промплощадки Комплекса ПНИПУ произведен в программе УПРЗА «Эколог» (версия 3.00 Copyright © 1990–2007, фирма «Интеграл»), программе «АТП-Эколог» (версия 3.0.1.13 от 01.09.2008, фирма «Интеграл»). Оценка производилась по следующим вредным веществам: оксид углерода CO, оксиды

азота NO (в пересчете на диоксид азота), углеводороды CH, сажа, диоксид серы SO, формальдегид.

Усредненные удельные значения показателей выбросов отражают основные закономерности их изменения при реальном характере автотранспортного движения в городских условиях, определяемых целесообразным выбором передаточного отношения от двигателя к трансмиссии. При этом учитывается, что в городе автомобиль совершает непрерывно разгоны и торможения, перемещаясь с некоторой средней скоростью на конкретном участке автомагистрали, определяемой дорожными условиями.

В расчетах учитывались следующие источники выбросов:

- 1) дорога на территории кампуса ПНИПУ;
- 2) автопарковки около учебных корпусов (8 шт.);
- 3) стационарный источник загрязнения – котельная.

Расчетные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Суммарный выброс загрязняющих веществ на территории кампуса ПНИПУ

Код вещества	Название вещества	Валовый выброс, т/год	
		Дорога, автопарковки	Котельная
0301	Азота диоксид (азота (IV) оксид)	0,092426	0,002591
0304	Азота (II) оксид (азота оксид)	0,015019	0,000421
0330	Серы диоксид	0,038626	0,000661
0337	Углерода оксид	5,742133	0,118629
0401	Углеводороды	0,875591	0,014263
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,875591	0,012984
0328	Углерод (сажа)	–	0,000166
2732	Керосин	–	0,001279

По результатам исследования выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта, въезжающего на территорию кампуса, наблюдается превышение норм ПДК по следующим веществам: углерода оксид (1,53 ПДК), предельные углеводороды C₁₂–C₁₉ (1,37 ПДК) (рис. 4), основным источником поступления данных веществ в атмосферу является автотранспорт. Выявлен временной характер превышения, который приходится на время сессии студентов, обучающихся очно и заочно

Рис. 4. Результаты расчета рассеивания по оксиду углерода (а) и предельным углеводородам (C₁₂–C₁₉) (б) с превышением норм ПДК на территории кампуса ПНИПУ (УПРЗА «Эколог», версия 3.00 Copyright © 1990–2007, фирма «Интеграл»)

(апрель – май, ноябрь – январь). Выброс загрязняющих веществ от котельной не превышает нормы ПДК и принят неизменным на период пяти лет.

Для итоговой экологической оценки транспортной системы кампуса ПНИПУ предложены критерии, по которым произведен анализ значений (табл. 2). По результатам анализа выявлены проблемные направления, проработка и усовершенствование которых требуется в первую очередь: количество и площадь парковочных мест не соответствуют растущим потребностям, отсутствие перехватывающей парковки, низкая удовлетворенность пассажиров услугами общественного транспорта, превышение норм ПДК по содержанию загрязняющих веществ в воздухе населенных пунктов, отсутствие экотранспорта, за исключением велотранспорта в велосезон, и др.

Таблица 2

Критерии оценки транспортной системы кампуса ПНИПУ
и их значения на текущий 2016 г.

№ п/п	Критерии оценки транспортной системы кампуса	Значение
1	Отношение общей площади автодороги к общей площади территории кампуса	0,017
2	Количество автотранспортных средств и автоспецтехники, принадлежащих университету, шт.	39
3	Максимальное количество автотранспортных средств, ежедневно въезжающих на территорию университета, шт.	Около 500
4	Количество велосипедов, которые находятся на территории кампуса в среднем в день, шт. (велосезон)	15
5	Доля экотранспорта по отношению к общему количеству транспортных средств, въезжающих на территорию кампуса, %	0
6	Уровень загрязнения атмосферного воздуха (превышение норм ПДК для веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов)	Превышение ПДК по двум показателям
7	Доступность общественного транспорта	Доступен один автобусный маршрут
8	Степень удовлетворенности пассажиров транспортными услугами	Средняя
9	Степень влияния качества транспортных услуг на решение социальных задач	Высокая
10	Компоненты транспортной инфраструктуры (шт.): – пешеходные дорожки – велодорожки – автомобильные дороги – остановочные пункты – парковки для автомобилей – велопарковки	Более 10 3 4 3 12 4

С целью снижения негативного воздействия на окружающую природную среду и сохранения благоприятной воздушной среды на территории кампуса предложены мероприятия [13, 14], представленные в табл. 3. Оценка эффективности выполнения предложенных мероприятий может быть произведена по трем основным направлениям:

1) экономическая эффективность: снижение выплат за превышение ПДК, снижение затрат на проведение мероприятий по восстановлению природных ресурсов;

2) экологическая эффективность: снижение негативного воздействия на окружающую среду, модернизация автопарка университета; совершенствование инфраструктуры кампуса, сохранение природных ресурсов;

3) социальная эффективность: увеличение количества студентов, придерживающихся здорового образа жизни, появление оздоровительных площадок на территории кампуса, улучшение здоровья населения, увеличение площади рекреационных зон и улучшение условий отдыха на территории кампуса.

Таблица 3

Перечень мероприятий по улучшению и сохранению качества атмосферного воздуха на территории кампуса ПНИПУ

№ п/п	Направление развития	Инструменты реализации
1	Сокращение количества автомобилей, въезжающих на территорию кампуса	– Введение пропускного режима; – создание перехватывающей парковки
2	Развитие велотранспорта на территории кампуса	– Увеличение количества велопарковок; – развитие велотранспортной инфраструктуры (знаки, дорожки, помещения для хранения велосипедов в общежитиях университета); – создание велопроката
3	Создание программы использования экологичного автотранспорта	– Использование общественного транспорта только на экологичном виде топлива (газ, экотопливо); – модернизация автотранспортного парка, перевод старого транспорта на экологичные виды топлива; – внедрение автобуса-шаттла, курсирующего на территории кампуса
4	Создание программы регулирования транспортного потока	Разработка плана-графика временного перемещения транспортного потока для сокращения концентрации вредных веществ на одной территории, перераспределение транспортных потоков

Окончание табл. 3

№ п/п	Направление развития	Инструменты реализации
5	Сохранение уникальной экологической среды	– Регулярное озеленение придорожной полосы; – увеличение рекреационных зон; – экологическое просвещение и воспитание населения кампуса, учащихся и сотрудников университета [7, 10]
6	Создание благоприятных условий для пешеходного перемещения	– Развитие оздоровительной инфраструктуры кампуса; – развитие системы пешеходных дорожек
7	Регулирование транспорта на парковках	– Организация парковок перехватывающего типа; – разработка информационного плана-графика благоприятного времени и места парковки на территории кампуса ПНИПУ
8	Использование альтернативных источников энергии	Усовершенствование систем электро- и теплоснабжения, внедрение зеленых технологий в жилых зданиях и учебных корпусах
9	Разработка политики сокращения выбросов парниковых газов	– Утверждение экологической политики вуза; – создание плана по сокращению выбросов парниковых газов на территории кампуса

Таким образом, в рамках исследования выполнен системный анализ существующей ситуации и произведено исследование транспортной системы кампуса. В результате расчета рассеивания загрязняющих веществ на исследуемой территории выявлено негативное воздействие автотранспорта на состояние атмосферного воздуха ввиду превышения норм ПДК по содержанию загрязняющих веществ в воздухе населенных пунктов.

Для улучшения качества атмосферного воздуха на Комплексе ПНИПУ разработаны мероприятия, которые на период пятилетней перспективы поспособствуют сохранению уникальной природной среды кампуса. Ключевыми мероприятиями по улучшению и сохранению качества атмосферного воздуха станут организация парковок перехватывающего типа, использование общественного транспорта только на экологичном виде топлива (газ, экотопливо), модернизация автотранспортного парка, развитие велотранспортной инфраструктуры, разработка информационного плана-графика благоприятного времени и места парковки на территории кампуса, утверждение экологической политики вуза.

Список литературы

1. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края – 2015: ежегод. эколог. доклад [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.permecology.ru> (дата обращения: 01.06.2016).
2. Бабак Н.А. Минимизация негативного воздействия на окружающую среду строительной деятельности и ЖКХ системой превентивных методов: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.36. – СПб., 2011. – 497 с.
3. Бузмаков С.А., Андреев Д.Н. Принципы устойчивого развития в ведущих мировых университетах // Экология и природопользование. Географический вестник. – 2012. – № 2 (21). – С. 74–84.
4. Вайсман Я.И., Рудакова Л.В. Стратегия устойчивого развития: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 486 с.
5. Всероссийская программа экологизации вузов Campus: брошюра / Всемир. фонд дикой природы, Tetra Pack. – М., 2013. – 4 с.
6. Дьяконов К.П., Дончева Л.В. Экологическое проектирование и экспертиза: учеб. для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 384 с.
7. Смирнова Е.В. Зеленый офис. От цвета к делу. – М.: Зеленая книга, 2014. – 220 с.
8. Управление рисками, системный анализ и моделирование: конспект лекций / Н.Н. Слюсарь, И.В. Новикова, А.А. Сурков, А.В. Цыбина. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 262 с.
9. Хангер Д.Д., Уилен Т.Л. Основы стратегического менеджмента: учеб. для студентов вузов / пер. с англ. – 4-е изд. – М.: Юнити-Дана, 2008. – 319 с.
10. Роль социологического исследования в разработке коммуникационной кампании по устойчивому развитию зеленого университетского кампуса ПНИПУ / Я.Н. Чудинова, М.В. Ведякова, В.Н. Коротаев, Т.И. Кормановская // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 2. – С. 6–22. DOI: 10.15593/2409: 5125/2015.02.01
11. Invention and transfer of environmental technologies. – OECD, 2011.
12. Neuman D.J. Building type basics for college and university facilities. – 2nd ed. – 2013. – 416 p.
13. Проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 41 с.
14. Ключков В.В., Ратнер С.В. Управление развитием «зеленых» технологий: экономические аспекты: монография. – М.: ИПУ РАН, 2013. – 292 с.

15. Пучков М.В. Университетский кампус. Принципы создания пространства современных университетских комплексов // Вестник Том. гос. арх.-строит. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 79–88.

References

1. O sostoianii i ob okhrane okruzhaiushchei sredy Permskogo kraia – 2015 [About state and protection of environment in the Perm region – 2015], available at: <http://www.permecology.ru> (accessed 01 June 2016).

2. Babak N.A. Minimizatsiia negativnogo vozdeistviia na okruzhaiushchuiu sredu stroitel'noi deiatel'nosti i zhilishchno-kommunal'nogo khoziaistva sistemoi preventivnykh metodov [Minimizing the negative environmental impact of construction activity and housing system of preventive methods]. Saint Petersburg, 2011. 497 p.

3. Buzmakov S.A., Andreev D.N. Printsipy ustoichivogo razvitiia v vedushchikh mirovykh universitetakh [The principles of sustainable development in the world's leading universities]. *Ekologiya i prirodopol'zovanie. Geograficheskii vestnik*, 2012, no. 2 (21), pp. 74-84.

4. Vaisman Ia.I., Rudakova L.V. Strategiya ustoichivogo razvitiia [Sustainable development strategy]. Perm': Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2008. 486 p.

5. Vserossiiskaia programma ekologizatsii vuzov Campus [All-Russian program of greening the Campus]. Moscow, 2013. 4 p.

6. D'iakonov K.P., Doncheva L.V. Ekologicheskoe proektirovanie i ekspertiza [Environmental design and expertise]. Moscow: Aspekt Press, 2005. 384 p.

7. Smirnova E.V. Zelenyi ofis. Ot tsveta k delu [Green office. From color to business]. Moscow: Zelenaiia kniga, 2014. 220 p.

8. Sliusar' N.N., Novikova I.V., Surkov A.A., Tsybina A.V. Upravlenie riskami, sistemnyi analiz i modelirovanie [Risk management, system analysis and modeling]. Perm': Permskii natsional'nyi issledovatel'skii politekhnikeskii universitet, 2012. 262 p.

9. Khanger D.D., Uilen T.L. Osnovy strategicheskogo menedzhmenta [Fundamentals of strategic management]. Moscow: Iuniti-Dana, 2008. 319 p.

10. Chudinova Ia.N., Vediakova M.V., Korotaev V.N., Kormanovskaia T.I. Rol' sotsiologicheskogo issledovaniia v razrabotke kommunikatsionnoi kampanii po ustoichivomu razvitiuu zelenogo universitetskogo kampusa Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnikeskogo universiteta

[The role of social studies in the preparation of awareness on sustainable development green university campus of PNRPU]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaia ekologiia. Urbanistika*, 2015, no. 2, pp. 6-22. DOI: 10.15593/2409: 5125/2015.02.01

11. Invention and transfer of environmental technologies. OECD, 2011.

12. Neuman D.J. Building type basics for college and university facilities. 2003. 416 p.

13. Proekt normativov predel'no dopustimyykh vybrosov zagriazniaiushchikh veshchestv v atmosferu [Project of standards for maximum permissible emissions of pollutants into the atmosphere]. Perm': Permskii natsional'nyi issledovatel'skii politekhnicheskii universitet, 2014. 41 p.

14. Klochkov V.V., Ratner S.V. Upravlenie razvitiem «zelenykh» tekhnologii: ekonomicheskie aspekty [Management of green technologies development: economic aspects]. Moscow: Institut problem upravleniia imeni V.A. Trapeznikova Rossiiskoi akademii nauk, 2013. 292 p.

15. Puchkov M.V. Universitetskii kampus. Printsipy sozdaniia prostranstva sovremennykh universitetskikh kompleksov [University Campus. The principles of creating a space of modern university complexes]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2011, no. 3, pp. 79-88.

Получено 01.11.2016

Об авторах

Чудинова Яна Николаевна (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Сварочное производство и технология конструкционных материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: chudoyana97@gmail.com).

Ташкинова Ирина Николаевна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: i.tashkinova@pstu.ru).

Коротаев Владимир Николаевич (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: korotaev@pstu.ru).

About the authors

Iana N. Chudinova (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Welding Production and Construction Materials Technology Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: chudoyana97@gmail.com).

Irina N. Tashkinova (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Environmental Protection Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: i.tashkinova@pstu.ru).

Vladimir N. Korotaev (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Environmental Protection Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: korotaev@pstu.ru).