

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Вып. 1(74) **Серия: Строительство и архитектура**
Научно-теоретический и производственно-практический журнал **2019**

Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta
Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura
(Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering
Series: Civil Engineering and Architecture)

Выходит 4 раза в год
Основан в 1999 г.

Волгоград

ВолгГАСУ

С о д е р ж а н и е

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ.
ОСНОВАНИЯ, ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

- Гурова Е. В., Курамшин Р. Х., Александров А. С., Димитров С. Д.** Восстановление параметров эксплуатационной пригодности эксплуатируемых керамзитобетонных конструкций с применением системы внешнего армирования 5
- Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В., Калиновский С. А., Махов И. Д.** Исследование зависимости просадочности лессовых пород юга Русской плиты от географо-климатических факторов 15
- Пшеничкина В. А., Глухов А. В., Глухова С. Г.** Оценка безопасности конструкций общественного здания вероятностным методом 23

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Лескин А. И., Гофман Д. И., Алексиков С. В., Аль-Карагули М. М.** Органическая композиция для восстановления свойств вяжущего в асфальтогрануляте 33
- Фомичев В. Т., Губаревич Г. П., Савченко А. В.** Защита металлических элементов строительных конструкций гальваническими хромовыми покрытиями 40

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ,
АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

- Алексиков С. В., Болдин А. И., Лескин А. И., Гофман Д. И.** Техничко-экономическое обоснование схемы автомобильных парковок 46
- Девятов М. М., Любченко А. С., Семенова В. В.** Выявление участков автомобильных дорог с недостаточным водоотводом и повышенным риском аквапланирования 53

Скоробогатченко Д. А., Степанова П. Ю. Методика прогнозирования средней скорости транспортного потока улично-дорожной сети г. Волгограда с учетом фактора времени и сезонности	62
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Ханова Е. Л., Сахарова А. А., Геращенко А. А. Способ интенсификации работы метантенков с разделением фаз брожения	72
Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Селезнева Н. А. Сорбция эмульгированных нефтепродуктов из сточных вод модифицированной опокой	80
Игнаткина Д. О., Поздняков А. П., Москвичева А. В., Москвичева Е. В., Войтюк А. А. Теоретическое обоснование применимости электрохимического метода обработки сточных вод для предприятий пищевой промышленности	88
Москвичева Е. В., Москвичева А. В., Тимофеев А. Г., Сидякин П. А., Щитов Д. В., Федулова Е. В. Снижение техногенного воздействия на окружающую среду полигонов, содержащих жидкие углеводороды	97
Сиволобова Н. О., Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Букреева К. Е. Очистка сточных вод адсорбентами на основе растительных отходов	104
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Короткий А. А., Егельская Е. В., Панфилова Э. А. О риск-ориентированном подходе при аттестации персонала организаций, эксплуатирующих подъемные сооружения	113
Маринина О. Н., Ермилова Н. Ю., Маринина Е. А. Использование респираторов типа «Снежок ГП-В» на основе двухслойного материала для защиты органов дыхания сварщиков	122
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА	
Азаров В. Н., Чебанова С. А., Лаверентьева Л. М., Дубовская Е. А. Организация санитарно-защитных зон промышленных предприятий с учетом особенности производства работ на их территории	128
Анопин В. Н., Солодовников Д. А., Степанова Е. А. Адаптивно-ландшафтные технологии восстановления и преобразования насаждений зеленого кольца г. Волгограда	138
Гришин Б. М., Антонова Н. Н., Сасова Е. А., Мельникова Е. И., Соколов И. И. Архитектурно-ландшафтный анализ с использованием метода оценки информационно-эстетического потенциала территории природного парка «Эльтонский»	151
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА	
Калашников С. Ю., Калашникова Ю. С., Шилова Е. В. Обоснование методики рейтинговой оценки качественного уровня квартир в многоквартирных домах на вторичном рынке жилья	160
Коростелева Н. В., Долганов В. А., Азизов Д. И. Градостроительное освоение овражных территорий на примере г. Волгограда	168
Толмачева В. А., Антюфеева О. А. Общественные центры в городах линейной планировочной структуры на примере города Волгограда	177
Ястребова Н. А., Лиманская Т. Н. Уникальные объекты культурного наследия Волгоградской области в структуре внутреннего туризма (на примере Ольховского района, п. Госконюшня)	187
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН СТРОИТЕЛЬНОГО И АРХИТЕКТУРНОГО НАПРАВЛЕНИЙ В ВУЗЕ	
Мензелинцев Н. В., Ермилова Н. Ю., Проценко О. В., Маринина О. Н. Проблемы подготовки иностранных студентов в российских вузах по дисциплинам графического профиля	196
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ	
Рашевский Н. М., Санжапов Б. Х., Барихашвили В. Р. Визуализация результатов экологического мониторинга атмосферного воздуха	205

Content

BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. BASEMENTS, FOUNDATIONS. UNDERGROUND STRUCTURES

- Gurova E. V., Kuramshin R. Kh., Aleksandrov A. S., Dimitrov S. D.** Settings operated the serviceability of lightweight aggregate concrete structures using the system of external reinforcement 5
- Olyanskii Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskii S. A., Makhov I. D.** The dependence of the subsidence of loess rocks of the south of the Russian plate from geographic and climatic factors 15
- Pshenichkina V. A., Glukhov A. V., Glukhova S. G.** Assessment of structural safety of public buildings probabilistic method 23

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

- Leskin A. I., Gofman D. I., Aleksikov S. V., Al-Karaghoul M. M.** Organic composition to restore the properties of the binder in asphaltgranulate 33
- Fomichev V. T., Gubarevich G. P., Savchenko A. V.** Protection of metal elements of construction structures by galvanic chrome coatings 40

DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF HIGHWAYS, SUBWAYS, AERODROMES, BRIDGES AND TRAFFIC TUNNELS

- Aleksikov S. V., Boldin A. I., Leskin A. I., Gofman D. I.** A feasibility study of the scheme car parks 46
- Devyatov M. M., Lyubchenko A. S., Semenova V. V.** The identification of road sections with insufficient drainage and increased risk of aquaplaning 53
- Skorobogatchenko D. A., Stepanova P. Yu.** Methodology for prediction of average speed traffic flow of the street and road network of Volgograd taking into account the time and seasonality factor 62

WATER SUPPLY, SEWERAGE, CONSTRUCTIONS FOR WATER RESOURCES PROTECTION

- Khanova E. L., Sakharova A. A., Gerashchenko A. A.** Method to intensify operation of the digester with the phase separation of fermentation 72
- Gracheva N. V., Zheltobryuhov V. F., Selezneva N. A.** Sorption of petroleum products by modified silica clay 80
- Ignatkina D. O., Pozdnyakov A. P., Moskvicheva A. V., Moskvicheva E. V., Voityuk A. A.** Theoretical justification of the applicability of the electrochemical method for wastewater treatment for the food industry 88
- Moskvicheva E. V., Moskvicheva A. V., Timofeev A. G., Sidiyakin P. A., Shchitov D. V., Fedulova E. V.** The reduction of anthropogenic impact on the environment of landfills containing liquid hydrocarbons 97
- Sivolobova N. O., Gracheva N. V., Zheltobryuhov V. F., Bukreeva K. E.** Wastewater treatment using plant waste as adsorbents 104

LIFE SAFETY AND LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

- Korotkiy A. A., Egelsky E. A., Panfilova E. A.** On a risk-focused approach to certification of personnel of organizations operating lifting facilities 113
- Marinina O. N., Ermilova N. Yu., Marinina E. A.** Research of efficiency of the sorption filtering material for protection of respiratory organs of welders 122

ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING

- Azarov V. N., Chebanova S. A., Lavrent'eva L. M., Dubovskaya E. A.** The organization of sanitary-protective zones of industrial enterprises taking into account the particular operations on their territory 128
- Anopin V. N., Solodovnikov D. A., Stepanova E. A.** Adaptive and landscape technologies for the restoration and transformation of the plantations of the green ring of Volgograd 138
- Grishin B. M., Antonova N. N., Sasova E. A., Mel'nikova E. I., Sokolov I. I.** Architectural and landscape analysis using the method of evaluation of awareness-esthetic potential of the natural park "Eltonskiy" 151

URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT

- Kalashnikov S. Yu., Kalashnikova Yu. S., Shilova E. V.** Substantiation of the methodology of rating assessment of the quality level of apartments in apartment buildings in the secondary housing market 160
- Korosteleva N. V., Dolganov V. A., Azizov D. I.** Town-planning development of ravine territories on the example of Volgograd 168
- Tolmacheva V. A., Antyufeeva O. A.** Community centers in the cities of linear planning structure on the example of Volgograd city 177

Yastrebova N. A., Limanskaya T. N. Unique objects of the cultural heritage of the Volgograd region in the structure of internal tourism (on the example of Olkhovsky District, v. Goskonyusnya)	187
TEACHING METHODS FOR DISCIPLINES OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURAL BRANCHES OF LEARNING IN INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION	
Menzelintseva N. V., Ermilova N. Yu., Protsenko O. V., Marinina O. N. Problems of graphic training of foreign students in Russian universities	196
INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE	
Rashevskiy N. M., Sanzhapov B. Kh., Barikhashvili V. R. Visualization of results of ecological monitoring of atmospheric air	205

УДК 69.059.32

Е. В. Гурова, Р. Х. Курамшин, А. С. Александров, С. Д. Димитров

Волгоградский государственный технический университет

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ

Изложены особенности применения системы внешнего армирования из углекомпазитных материалов в рамках реализации мероприятий по капитальному ремонту. Приводятся результаты определения параметров усиления и объемов работ по восстановлению параметров эксплуатационной пригодности керамзитобетонных конструкций эксплуатируемого объекта.

К л ю ч е в ы е с л о в а: капитальный ремонт, параметры эксплуатационной пригодности, дефекты, повреждения, усиление.

Недвижимое имущество, считающееся одной из финансовых основ предпринимательской деятельности, имеет большое значение как для физических, так и для юридических лиц. Статус имущества как объекта недвижимости порождает собственные отличительные черты в имущественно-правовых отношениях. Этим обусловлена потребность многостороннего регулирования взаимоотношений, связанных с недвижимым имуществом. Тем не менее достижение целей собственника независимо от того, в каком качестве им используется недвижимость (как операционная или как инвестиционная), невозможно без поддержания объектов недвижимости в технически исправном и работоспособном состоянии. Процесс обеспечения безопасных условий режима эксплуатации зданий и сооружений в настоящее время выводит на первый план задачи обеспечения нормативных показателей эксплуатационных качеств как объекта в целом, так и его отдельных конструктивных элементов. Основными задачами при такой стратегии управления недвижимостью становятся: продление нормативных сроков эксплуатации, восстановление и реконструкция зданий и сооружений (и их отдельных конструкций), причем особое внимание уделяется вопросам снижения эксплуатационных затрат, в том числе основанных на принципах энергосбережения. На решение этой задачи направлена система технической эксплуатации объектов недвижимости, в том числе включающая в себя мероприятия по различным видам ремонтов, ставящим своей целью поддержание нормативных значений параметров эксплуатационной пригодности объектов.

В соответствии с положениями¹ на различных этапах жизненного цикла объектов недвижимости неукоснительно должны выполняться требования к следующим видам эксплуатационной безопасности зданий (сооружений), строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения:

механическая безопасность;

пожарная безопасность;

безопасные для здоровья человека условия проживания и пребывания в зданиях (сооружениях);

¹ Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ.

безопасность для пользователей зданиями (сооружениями);
доступность зданий (сооружений) для маломобильных групп населения;
энергетическая эффективность зданий (сооружений);
безопасный уровень воздействия зданий (сооружений) на окружающую среду.

Одним из наиболее важных этапов, определяющих необходимость и целесообразность проведения реконструкции (капитального ремонта), является оценка действительного технического состояния объекта недвижимости. Выбор и обоснование состава мероприятий при разработке проекта реконструкции или капитального ремонта также основаны на результатах технического обследования объекта². С этой точки зрения, техническое обследование здания представляет собой процесс выявления фактических параметров эксплуатационных качеств конструкций и выяснения причин аварий, который включает в себя контроль, испытания, анализ и оценку технического состояния строительного объекта, а также диагностику и прогнозирование поведения конструкций здания [1, 2, 3, 4].

Зачастую разработка проектной документации на капитальный ремонт зданий (сооружений) связана с необходимостью усиления конструктивных элементов с недостаточными показателями несущей способности как из-за наличия дефектов и повреждений, так и при увеличении интенсивности нагрузок и воздействий. Наряду с традиционными способами восстановления параметров эксплуатационной пригодности и усиления конструкций, выполненных из керамзитобетона (наращивание сечения, изменение конструктивной схемы и т. д.), в настоящее время все большее применение находят современные методы, включая усиление конструкций композитными материалами. Опыт использования варианта усиления несущих наружных стен эксплуатируемого здания исторической постройки, выполненных из кирпичной кладки, с применением системы «внешнего армирования» изложен в [5, 6].

Рассмотрим особенности применения методов восстановления эксплуатационной пригодности керамзитобетонных конструкций на примере здания гражданского назначения. Предлагается использование системы «внешнего армирования» из углекомпозитных материалов при восстановлении эксплуатационных характеристик в рамках разработки проектной документации на капитальный ремонт объекта. Исследуется вариант усиления керамзитобетонных конструкций на основе результатов оценки параметров эксплуатационной пригодности керамзитобетонных пилонов в составе проекта капитального ремонта фасада в осях А—Б/17—1 здания учебного корпуса № 3 Института архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета (рис. 1). Проектом капитального ремонта предусмотрен вариант восстановления показателей эксплуатационной пригодности поврежденных участков керамзитобетонных пилонов с применением системы внешнего армирования композитными материалами из термореактивных адгезивов, армированных углеродными или стеклянными волокнами.

² ГОСТ 31937—2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. : Стандартинформ, 2014.

СП 13-102—2003. Правила по обследованию несущих конструкций зданий и сооружений. М., 2003.



Рис. 1. Общий вид фасада вдоль оси Б

Учебный корпус № 3 Института архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета ИАиС представляет (ВолгГТУ) собой семиэтажное здание прямоугольной формы в плане с цокольным этажом и эксплуатируемым чердачным этажом. Длительность эксплуатации объекта — свыше 40 лет.

В конструктивном отношении здание представляет собой полный каркас, выполненный частично в железобетонных, частично в металлических конструкциях. Вертикальные несущие конструкции — колонны и пилоны, объединенные в продольном и поперечном направлении ригелями. Горизонтальные диски перекрытий образованы сборными плитами перекрытий и монолитными участками, опирающимися на систему продольных и поперечных ригелей. Пространственную жесткость и устойчивость здания обеспечивают железобетонные диафрагмы жесткости и система вертикальных металлических связей на всю высоту здания. В средней части здания выполнен деформационный шов. Архитектурное решение фасада выполнено с использованием остекления по металлическому каркасу и облицовки пилонов. Архитектурная особенность фасадов учебного корпуса № 3 ИАиС ВолгГТУ заключается в использовании в качестве ограждающих конструкций сплошного наружного остекления участков между пилонами, выполненного по металлическому каркасу. Основная конструкция ограждения типового этажа выполнена следующим образом: на высоту 750 мм от уровня чистого пола этажа устраивается подоконная ограждающая конструкция, представляющая собой кирпичную кладку толщиной 380 мм или керамзитобетонный блок толщиной 250 мм, выше расположено оконное заполнение высотой 2000 мм и шириной, равной расстоянию в свету между вертикальными несущими конструкциями, снаружи расположено сплошное витражное остекление на всю высоту этажа по металлическому каркасу, который крепится на сварке к закладным деталям вертикальных пилонов (расстояние между внутренней гранью сплошного наружного витража и наружной гранью оконного заполнения — 260 мм). Выступающие за грань остекления поверхности пилонов облицованы керамиче-

ской плиткой типа «кабанчик» по выравнивающему слою цементно-песчаного раствора.

В связи с тем, что в состав работ включена замена как состава ограждающих конструкций, так и заполнения проемов, перечень мероприятий по восстановлению параметров эксплуатационной пригодности конструкций относится к составу работ по капитальному ремонту объекта³. Проектная документация на капитальный ремонт фасада в осях А—Б/17—1 здания учебного корпуса № 3 ИАиС ВолгГТУ разработана на основании и с учетом результатов проведенного технического обследования здания. Состав мероприятий по капитальному ремонту включает замену существующего витражного ограждения и оконного заполнения по металлическому каркасу на современные энергоэффективные ограждающие конструкции, замена существующей облицовки керамической плиткой на систему вентилируемого фасада. В рамках технического обследования, проведенного в соответствии с положениями ГОСТ 31937—2011 и СП 13-102—2003, выполнено сплошное визуальное обследование здания учебного корпуса. Для конструкций, находящихся в ограниченно-работоспособном состоянии, проведен контроль физико-механических характеристик с использованием неразрушающих методов контроля, которые являются наиболее приемлемыми для определения прочностных, деформативных и других физико-механических характеристик строительных материалов в условиях, когда эти свойства устанавливаются для конструкций возведенных и эксплуатирующихся зданий и сооружений. В качестве основного критерия экспертных оценок приняты положения действующих нормативных документов⁴.

Исследуемые конструкции — керамзитобетонные пилоны сечением 640 × 1030 мм расположены с шагом 3 м вдоль осей Б и Д из керамзитобетона марки М150. Армирование пилонов выполнено каркасами из уголков, швеллеров и горячекатаной стали. В рамках проведенной оценки технического состояния⁵ выявлены дефекты и повреждения исследуемых конструкций, оказывающие влияние на их дальнейшую безопасную эксплуатацию.

К наиболее значимым повреждениям можно отнести следующие (рис. 2, 3):

³ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ.

Постановление Госстроя СССР от 29.12.1973 N 279 «Об утверждении Положения о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений».

⁴ ГОСТ 31937—2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. : Стандартинформ, 2014.

СП 13-102—2003. Правила по обследованию несущих конструкций зданий и сооружений. М., 2003.

СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М., 2013.

СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01—2003. М., 2012.

Сборник нормативно-методических документов по вопросам осуществления контроля качества строительных объектов (Главная инспекция Госархстройнадзора России).

⁵ Заключение о техническом состоянии несущих и ограждающих конструкций учебного корпуса № 3 Института архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета. ВолгГТУ, 2018.

оголовки пилонов, выступающие над конструкцией покрытия технического этажа, имеют значительные повреждения (трещины в кирпичной кладке, отслоение защитного слоя, оголение и коррозия арматуры керамзитобетонных пилонов), связанные с отсутствием водоотводящих элементов и гидроизоляции;

снижение геометрических размеров сечения за счет отслоения защитного слоя по всей высоте конструкции;

оголение и сплошная поверхностная коррозия жесткой арматуры (до 60 % по толщине армирующих элементов).

Проведенные в ноябре 2018 г. исследования текущего технического состояния несущих и ограждающих конструкций корпуса № 3 в осях А—Б/17—1 при сложившемся режиме эксплуатации здания выявили несоответствие показателей механической безопасности и параметров эксплуатационных характеристик требованиям действующих нормативных документов. За счет полученных в процессе эксплуатации дефектов и повреждений снижена несущая способность керамзитобетонных пилонов вдоль оси Б.

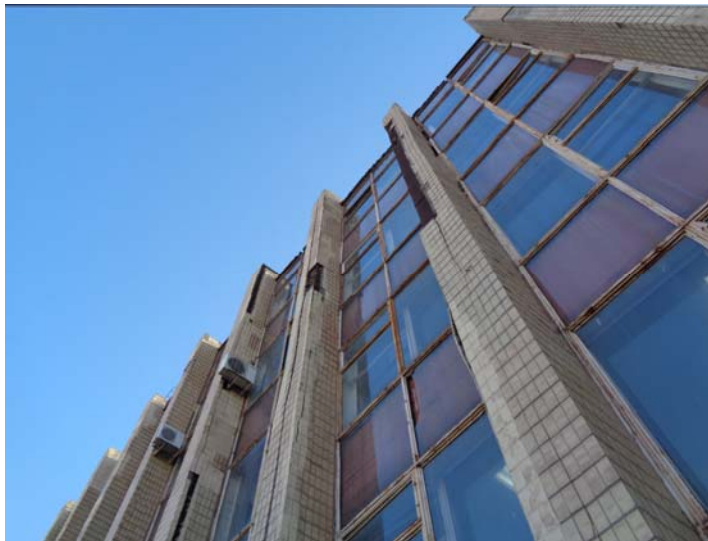


Рис. 2. Техническое состояние пилонов вдоль оси Б в осях 9—11

Необходимость усиления керамзитобетонных пилонов обусловлена снижением показателей механической безопасности в части снижения их несущей способности за счет уменьшения размеров поперечного сечения вследствие коррозии жесткой арматуры и отслоения защитного слоя керамзитобетона толщиной 8...10 см. Состояние керамзитобетонных пилонов, по результатам технического обследования, оценивается как ограниченно-работоспособное. По результатам обследования выявлена необходимость разработки комплекса мероприятий по восстановлению показателей эксплуатационной пригодности и механической безопасности вышеуказанных конструкций с учетом того, что мероприятия по восстановлению параметров эксплуатационных качеств по капитальному ремонту фасада в осях А—Б/17—1 учебного корпуса № 3 не должны вызывать значительные изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций здания.

Предусмотренный проектом комплекс мероприятий (в части восстановления эксплуатационных показателей керамзитобетонных пилонов) включает в себя:

демонтаж облицовки из керамической плитки типа «кабанчик» и выравнивающего слоя цементно-песчаного раствора;

усиление керамзитобетонных пилонов путем устройства системы внешнего армирования.



Рис. 3. Техническое состояние пилонов вдоль оси Б в осях 17—15

Предложен вариант усиления поврежденных конструкций керамзитобетонных пилонов с применением системы внешнего армирования композитными материалами из термореактивных адгезивов, армированных углеродными волокнами в соответствии с требованиями СП 164.1325800.2014. Восстановление показателей механической безопасности и эксплуатационной пригодности керамзитобетонных пилонов предлагается выполнить путем устройства системы внешнего армирования в виде бандажей из углеродной сетки CarbonWrap Grid600/1000 по высоте пилонов в поперечном направлении — для создания объемного напряженного состояния, с предварительным восстановлением поверхности многокомпонентным составом РЕКС СТРУКТО ОЛ. К достоинствам предлагаемого варианта усиления можно отнести не только исключение дополнительных нагрузок на конструкции здания, но и отсутствие необходимости в сварочных работах, в устройстве опалубки, применения трудоемких специальных приспособлений для бетонирования конструкций, как при использовании варианта усиления путем устройства стальной обоймы с последующим обетонированием.

Расчет по прочности конструкций при действии изгибающих моментов проведен по нормальным сечениям. Расчет по прочности нормальных сечений для сжатых элементов прямоугольного поперечного сечения проводится на основе предельных усилий (с учетом случайного эксцентриситета и влияния продольного изгиба). Предельные усилия в усиленном сечении, нормальном к продольной оси элемента, приняты без учета деформации сдвига в клеевом слое⁶.

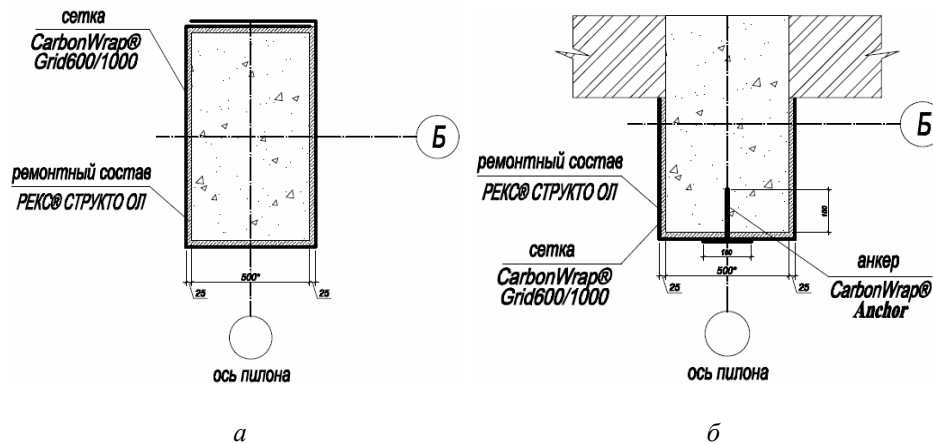


Рис. 4. Схема установки бандажей усиления: а — в границах оконного проема; б — в подоконных частях

Для усиления пилона принята схема устройства бандажей из углеродной сетки полосами шириной 300 мм с шагом в свету 300 мм. Количество бандажей на 1 пилон — 28 шт. Предложена следующая схема устройства бандажей по высоте пилона: для участков конструкций в границах оконного проема, где есть возможность устройства бандажа замкнутого сечения, предусмотрен монтаж без устройства анкерующих элементов (рис. 4, а). Для участков конструкций в подоконных частях пилонов или выше при наличии перегородок в створе пилона, затрудняющих устройство бандажа замкнутого сечения, предусмотрен монтаж П-образных элементов усиления с применением анкеров (рис. 4, б). Далее наносится укрывающий слой толщиной не менее 2...3 мм, чтобы полностью покрыть сетку. После нанесения финишного слоя для участков, оговоренных в проектной документации (подоконные части), предусмотрена установка анкерных жгутов CarbonWrap Anchor диаметром 8 мм в предварительно высверленные отверстия глубиной 150 мм и диаметром 12 мм на эпоксидном тиксотропном пропиточном составе Манопокс 183. Основание, на котором будет применяться углеродная сетка, должно быть подготовлено. В местах усиления необходимо удалить существующие покрытия, краски и обезжирить поверхность. Поверхность должна быть структурно-прочной, разрушенные участки необходимо восстановить. Затем на основа-

⁶ СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01—2003. М., 2012.

СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования. М. : Минстрой России, 2015.

ние наносится праймер РЕКС ПРАЙМЕР исходя из толщины слоя 1 мм. Восстановление поверхности керамзитобетонных пилонов предусмотрено производить составом РЕКС СТРУКТО ОЛ. Ремонтный состав наносится гладким металлическим шпателем слоем толщиной не менее 3...4 мм. Для восстановления поверхности керамзитобетонного пилон с обеспечением прямолинейности его граней после демонтажа облицовочного слоя плитки и слоя раствора средняя толщина восстанавливающего слоя принята 50 мм. Общими требованиями к поверхности являются: чистота; отсутствие дефектов; влажность — не более 4 %; неплоскостность — в пределах 5 мм на базе 2 м или 1 мм на базе 0,3 м. Допускается усиление поверхностей с влажностью основания более 4 % при условии применения специальных пропитывающих составов (по согласованию с производителем).

Для обеспечения анкеровки элементов усиления предусмотрено применение анкерных углеродных жгутов CarbonWrap Anchor, которые являются элементами системы внешнего армирования CarbonWrap и применяются для анкеровки углеродных лент, тканей, сеток, углепластиковых ламелей (ламинатов). Проектом предусмотрена одиночная анкеровка поверх финишного слоя. В подготовленное в основании отверстие перпендикулярно углеродному наполнителю (лента, ткань, сетка) устанавливается анкерный жгут CarbonWrap Anchor, внешняя часть волокон жгута распределяется по кругу.

Установка углеродных анкерных жгутов CarbonWrap Anchor (на эпоксидном тиксотропном пропиточном составе Манопокс 183) поверх или между слоями углеродного наполнителя (лента, ткань, сетка) производится в последовательности, предусмотренной⁷.

Выводы. Рассмотрен вариант усиления керамзитобетонных пилонов, находящихся в ограниченно-работоспособном состоянии, в составе проекта капитального ремонта фасада в осях А—Б/17—1 здания учебного корпуса № 3 ИАиС ВолгГТУ, предусматривающий устройство бандажей из углеродной сетки CarbonWrap Grid600/1000 по ТУ 1916-043-38276489—2017 с восстановлением поверхности многокомпонентным составом РЕКС СТРУКТО ОЛ по высоте пилонов в поперечном направлении — для создания объемного напряженного состояния. Применение системы «внешнего армирования» из углекомпозитных материалов позволяет привести показатели механической безопасности и параметры эксплуатационных характеристик в соответствие требованиям действующих нормативных документов и реализовать комплекс восстановительных мероприятий, предусмотренных проектом капитального ремонта. Кроме увеличения несущей способности усиливаемых конструкций, предложенный вариант усиления не приводит к увеличению нагрузок на конструкции здания, позволяет сократить временные и трудовые затраты на производство работ (отсутствие необходимости привлечения грузоподъемной техники, устройства опалубки, исключение «мокрых» процессов, сварки и т. д.). Кроме того, применяемые материалы являются экологически безопасными и невосприимчивыми к агрессивным средам, что позволит значительно увеличить межремонтные сроки и повысить долговечность конструкций.

⁷ СТО 38276489.001—2017. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Проектирование и технология производства работ. М., 2017.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алгоритмы оптимального оценивания состояния и внешних воздействий наблюдаемых конструкций / С. Ю. Калашников и др. // Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 24 дек. 2010 г. Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. Ч. 1. С. 78—86.
2. Калашников С. Ю., Старов А. В. Системные дефекты железобетонных и стальных каркасов промышленных зданий Волгограда // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Междунар. конф., посвящ. 80-летию строит. образования и 40-летию архитектур. образования Волгогр. обл., 6—10 сент. 2010 г. Волгоград : ВолгГАСУ, 2010. С. 166—169.
3. Калашников С. Ю., Казначеева О. К., Бобина Е. А. Методика неразрушающего контроля приведенных упругих характеристик в изделиях из композитных материалов // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Междунар. конф., посвящ. 80-летию строит. образования и 40-летию архитектур. образования Волгогр. обл., 6—10 сент. 2010 г. Волгоград : ВолгГАСУ, 2010. С. 301—308.
4. Калашников С. Ю., Пиеничкина В. А., Бояльская А. А. К вопросу об анализе риска строительных конструкций, зданий и сооружений при экстремальных воздействиях природного или техногенного характера // Инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства : материалы II науч.-техн. конф., г. Волгоград, 24—25 окт. 2009 г. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. С. 39—43.
5. Гурова Е. В., Редич А. М. Анализ применения системы внешнего армирования для усиления кирпичной кладки эксплуатируемых объектов // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования : материалы Национальной науч.-практ. конф. 9 фев. 2018 г. / под общ. ред. Д. П. Ануфриева ; Астрах. гос. архит.-строит. ун-т. Астрахань, 2018. С. 104—108.
6. Опыт применения метода тепловизионного контроля к оценке технического состояния наружных стен здания исторической постройки / Е. В. Гурова и др. // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 54(73). С. 12—19.

© Гурова Е. В., Курамшин Р. Х., Александров А. С., Димитров С. Д., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Восстановление параметров эксплуатационной пригодности эксплуатируемых керамзитобетонных конструкций с применением системы внешнего армирования / Е. В. Гурова, Р. Х. Курамшин, А. С. Александров, С. Д. Димитров // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 5—14.

Об авторах:

Гурова Елена Владимировна — канд техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, eun.cafedra@yandex.ru

Курамшин Ренат Хосяинович — канд техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, eun.cafedra@yandex.ru

Александров Антон Сергеевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, eun.cafedra@yandex.ru

Димитров Сергей Дмитриевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, eun.cafedra@yandex.ru

Elena V. Gurova, Renat Kh. Kuramshin, Anton S. Alexandrov, Sergey D. Dimitrov

Volgograd State Technical University

SETTINGS OPERATED THE SERVICEABILITY OF LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE STRUCTURES USING THE SYSTEM OF EXTERNAL REINFORCEMENT

The particular application of the system of external reinforcement of carbon composite materials in the framework of the implementation of major repairs-that. Results of determination of parameters of strengthening and volumes of works on restoration of parameters of operational suitability of expanded clay concrete designs of the operated object are given.

Key words: overhaul, parameters of operational suitability, defects, damages, strengthening.

For citation:

Gurova E. V., Kuramshin R. Kh., Aleksandrov A. S., Dimitrov S. D. [Settings operated the serviceability of lightweight aggregate concrete structures using the system of external reinforcement]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 5—14.

About authors:

Elena V. Gurova — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; eun.cafedra@yandex.ru

Renat Kh. Kuramshin — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; eun.cafedra@yandex.ru

Anton S. Alexandrov — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; eun.cafedra@yandex.ru

Sergey D. Dimitrov — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; eun.cafedra@yandex.ru

УДК 624.131.23

Ю. И. Олянский, Е. В. Щекочихина, С. А. Калиновский, И. Д. Махов

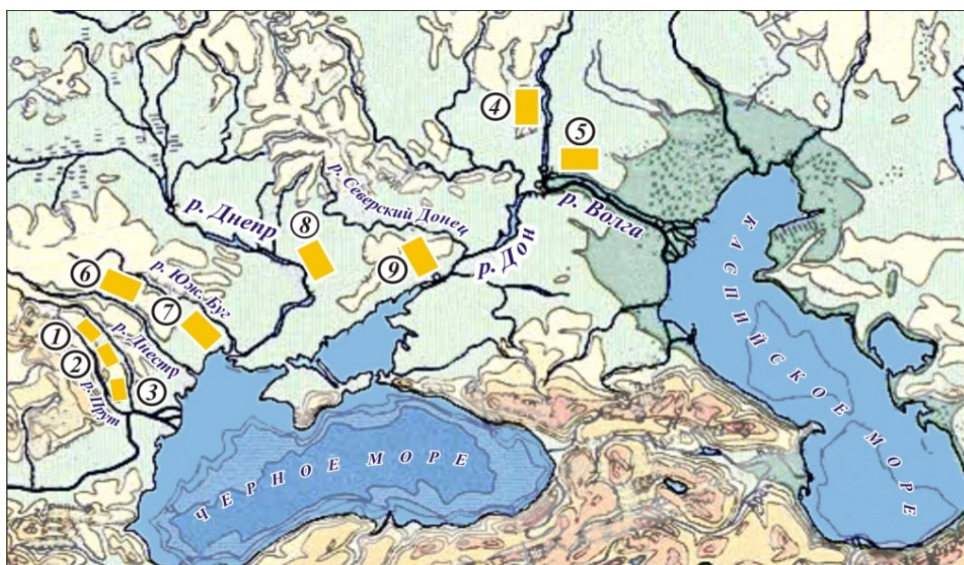
Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОСАДОЧНОСТИ ЛЕССОВЫХ ПОРОД ЮГА РУССКОЙ ПЛИТЫ ОТ ГЕОГРАФО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

На примере девяти лессовых массивов, расположенных в Северном Причерноморье, Приволжской возвышенности и Прикаспийской низменности, проанализировано влияние географо-климатических и геологических факторов на просадочность лессовых пород и лессовых толщ. Установлено, что основным фактором, ответственным за формирование просадочности субаэральных отложений, является климатический. Геологическое строение региона, условия залегания лессовых пород, их возраст и генезис имеют подчиненное значение.

Ключевые слова: лессовые породы, просадочность, коэффициент увлажнения, радиационный индекс сухости.

Анализовались условия залегания, состав, физические свойства и просадочность лессовых пород в девяти опорных регионах южной части Русской плиты на территории Молдовы, Украины и РФ. Расположение лессовых массивов показано на обзорной карте (см. рис.).



Обзорная карта расположения лессовых массивов: 1 — Полого-увалистые равнины севера Молдовы; 2 — Центральнo-Молдавская возвышенность; 3 — Полого-увалистые равнины юга Молдовы; 4 — Приволжская возвышенность; 5 — Прикаспийская низменность; 6 — Волыно-Подольская возвышенность; 7 — Междуречье Днестр-Юж. Буг; 8 — Левобережье р. Днестр; 9 — Нижний Дон

Лессовые породы, распространенные на территории Молдавии в междуречье Прут-Днестр (массивы 1, 2, 3), охарактеризованы по источникам [1, 2, 3, 4]; на территории Волгоградской области (массивы 4, 5) — по источникам [5, 6];

на территории Волыно-Подольской возвышенности, в Междуречье Днестр-Ю. Буг и на левобережье р. Днепр — по источнику [7]; на Нижнем Дону — по источнику [8]. В табл. 1 даны метеоклиматические показатели в опорных пунктах лессовых массивов.

Таблица 1

Метеоклиматические показатели в опорных пунктах лессовых массивов

Лессовый массив	Опорный пункт	$t_{\text{ср}}^0$	α , %	A , мм	E_0 , мм	$K_{\text{ув}}$	R , ккал/см ²	R/LA
1. Полого-увалистые равнины севера Молдовы	г. Бельцы	8,7	61	509	638	0,80	45	0,88
2. Центральнo-Молдавская возвышенность	г. Кишинев	9,4	61	533	665	0,80	50	0,94
3. Полого-увалистые равнины юга Молдовы	г. Комрат	9,7	60	489	676	0,72	55	1,12
4. Приволжская возвышенность	г. Камышин	6,5	61	433	557	0,78	40	0,93
5. Прикаспийская низменность	п. Эльтон	7,2	57	389	642	0,61	40	1,03
6. Волыно-Подольская возвышенность	г. Любашовка	7,2	64	512	537	0,95	55	1,08
7. Междуречье Днестр-Ю. Буг	г. Николаев	9,8	62	499	663	0,75	50	1,01
8. Левобережье Днепра	г. Днепропетровск	8,3	63	450	598	0,75	50	1,11
9. Нижний Дон	г. Ростова-Дону	8,7	62	393	621	0,6	50	1,28

Примечание: $t_{\text{ср}}^0$ — среднегодовая температура; α , % — относительная влажность воздуха; A , мм — среднегодовое количество осадков; E_0 , мм — испаряемость; $K_{\text{ув}}$ — коэффициент увлажнения; R , ккал/см² — радиационный баланс; R/LA — радиационный индекс сухости

Данные приведены по СНиП 23-01-99. Строительная климатология.

В табл. 2 приведены данные по геоморфологии регионов, вещественному составу, генезису и условиям залегания в них лессового покрова.

В табл. 3 приведены обобщенные значения показателей физических свойств и просадочности лессовых пород, отложившихся в позднечетвертичное время.

Основными факторами формирования просадочности лессовых отложений являются геолого-географические, включающие в себя: возраст, генезис, метеоклиматические условия и геоморфологию, а также постгенетические процессы, обусловленные преимущественно антропогенной деятельностью.

Н. И Кригером [9, 10] установлено, что просадочность лессовых толщ обуславливается такими климатическими параметрами, как температура воздуха и лессовых пород, радиационный баланс, радиационный индекс сухости, коэффициент увлажнения.

Таблица 2

Геологическая характеристика регионов лессовых пород и толщ

Характеристики	Полого-увалистые равнины севера Молдовы	Центрально- Молдавская возвышенность	Полого-увалистые равнины юга Молдовы	Приволжская возвышенность	Прикаспийская низменность
Суммарный эффект неотектонических движений региона	+	+	–	+	–
Мощность лессовых толщ, м	5...6	0...8	10...35	5...10	5...10
Возраст лессовых пород	Q ₃₋₄	Q ₃₋₄	Q ₁₋₄	Q ₃₋₄	Q ₃
Способ осадконакопления	Элювиально-делювиальный	Делювиально-пролювиальный	Делювиально-элювий	Делювиально-элювий	Аллювиальный
Состав подстилающих пород	Глины сармата	Глины и пески сармата	Пески, супеси, суглинки аллювия	Разновозрастные глины и пески	Аллювиальные пески
Горизонтальная расчлененность рельефа, км/км ²	1,0...2,0	2,5...4,0	1,0...2,0	2,0...2,5	Менее 0,5
Содержание фракций лессовых пород, %:					
песчаная	14,4	44,9	14,1	23,2	56,3
пылеватая	52,6	36,4	65,8	56,3	33,1
глинистая	32,0	18,7	20,1	20,5	10,6
Минеральный состав дисперсной фракции лессовых пород, %:					
монтмориллонит	37	44	36	30...50	30...50
гидролюда	44	42	51	30...50	30...50
прочие	19	14	13	10...15	10...15

Примечание: «+» и «–» — положительный и отрицательный суммарный эффект неотектонических движений

Таблица 3

Показатели свойств лессовых пород массивов южной окраины плиты

Лессовые массивы	W	J_p	n	W_L	$\varepsilon_{sl}^{0.3}$	P_{sl} , МПа	H_{sl} , м
1. Полого-увалистые равнины севера Молдовы	0,20	0,14	0,45	0,34	0,025	0,140	5,6
2. Центральнo-Молдавская возвышенность	0,14	0,10	0,42	0,27	0,037	0,104	до 7
3. Полого-увалистые равнины юга Молдовы	0,11	0,12	0,46	0,30	0,042	0,104	15-20
4. Приволжская возвышенность	0,15	0,11	0,41	0,27	0,036	0,096	5-10
5. Прикаспийская низменность	0,15	0,10	0,39	0,26	0,029	0,136	5-8
6. Волыно-Подольская возвышенность	0,17	0,11	0,43	0,30	0,021	–	–
7. Междуречье Днестр-Ю. Буг	0,16	0,15	0,44	0,34	0,038		
8. Левобережье Днестра	0,09	0,11	0,47	0,28	0,050	–	–
9. Нижний Дон	0,16	0,16	0,44	0,34	0,040	–	–

Практически линейный характер зависимости величины максимальной просадочности от *среднегодовой температуры* лессовых пород в пустынной, полупустынной и сухостепной зонах выявлен в работе [11].

Для лессовых пород Таджикистана Е. Н. Сквалецким [12] дана более сложная зависимость просадочности от *температуры пород*. Немаловажное значение имеет *количество осадков*, без знания которого нельзя достаточно обоснованно объяснить различия в просадочности пород. Более эффективными показателями являются *радиационный баланс* деятельной поверхности R (ккал/см²) и *радиационный индекс сухости* R/LA , где A — годовая сумма осадков; L — скрытая теплота испарения воды. Индекс сухости дает представление о балансе тепла и влаги, позволяет оценить тип водного питания почво-грунтов и степень увлажнения территории. Изучая свойства лессовых пород в связи с этими показателями, Н. И. Кригер [10] установил, что просадочность может сохраняться в районах со значением R в пределах 0...50 (ккал/см²) в год и радиационным индексом сухости более 1.

Еще более тесная связь просадочности наблюдается с радиационным индексом сухости. Н. И. Кригер предложил следующее регрессионное уравнение:

$$\varepsilon_{sl} = 0,01(5,2\sqrt{R/LA} - 3,73). \quad (1)$$

Коэффициент увлажнения ($K_{ув}$) широко используется в климатологии, мелиорации и др. науках. Этот показатель представляет собой отношение суммарного количества осадков A к испаряемости E_0 за 1 год. Он используется при агроклиматическом районировании. Многие исследователи применяют коэффициент увлажнения при изучении просадочности, сохранение которой в лессовых породах зависит от проникновения и миграции влаги в зоне аэрации. Е. Н. Сквалецкий [12] для лессовых пород Таджикистана приводит следующие регрессионные уравнения ($K_{ув}$ от 0,1 до 0,9):

$$n = 53,8 - (1,27 + K_{ув})^3; \quad r = 0,65; \quad (2)$$

$$\varepsilon_{sl} = \left(\frac{1}{K_{yb}} \right)^2 - 0,6; \quad r = 0,58. \quad (3)$$

Анализируя просадочность лессовых массивов в сопоставлении с метеоклиматическими факторами (табл. 1 и 3), можно однозначно утверждать, что вывод Н. И. Кригера подтверждается нашими исследованиями. Для всех описываемых массивов R не превышает $50 \dots 55 \text{ ккал/см}^2$, что позволяет рассматривать территории как зональное географическое явление. Анализ данных по просадочности описываемых массивов юга платформы и радиационного индекса сухости, определенного в опорных пунктах, позволил получить следующее регрессионное уравнение:

$$\varepsilon_{sl} = 0,01(3,957R/LA - 0,303); \quad r = 0,7. \quad (4)$$

В выявленную зависимость просадочности от радиационного индекса сухости плохо вписываются лессовые породы Прикаспийской низменности. Несмотря на высокое значение индекса сухости (1,03), величина относительной просадочности здесь небольшая — 0,029. Пористость пород тоже невелика — 0,39, что у большинства регионов характерно для непросадочных пород. Объяснение этому заключается в следующем. Лессовые породы всех характеризуемых массивов имеют близкий генезис. Накопление мелкозема здесь происходило вследствие различных процессов в аэральных или субаэральных условиях. В результате образовались высокопористые отложения, обладающие просадочностью. Генезис лессовых пород ательского горизонта Прикаспийской низменности преимущественно аллювиальный. Просадочные свойства они могли приобрести только вследствие разуплотнения осадка. Таким образом, степень просадочности данных пород в большей мере обуславливается степенью их разуплотнения, чем метеоклиматическими факторами.

Определение коэффициента увлажнения в опорных пунктах юга плиты выполнено по количеству осадков и величине испаряемости за 1 год. Последняя рассчитывалась по формуле Н. Н. Иванова с поправкой Л. А. Молчанова [13, 14]:

$$E_0 = 0,0144(25 + t_{cp}^{\circ})^2 (100 - a), \quad (5)$$

где t_{cp}° — среднемесячная температура воздуха, a — среднегодовая относительная влажность воздуха.

При корреляционно-регрессионном анализе из выборки также исключены данные по лессовым породам Прикаспийской низменности. Получено следующее регрессионное уравнение: (для K_{yb} от 0,63 до 0,95).

$$\varepsilon_{sl} = 0,01(9,311 - 7,37K_{yb}); \quad r = 0,72. \quad (6)$$

Зависимость других показателей свойств лессовых пород от коэффициента увлажнения не установлена. Таким образом, распределение величины просадочности лессовых пород юга платформы в целом соответствует представлению Н. И. Кригера о зональном географическом явлении. Максимальная мощность лессовых отложений (до 35 м) наблюдается на территории Се-

верного Причерноморья в междуречье Прут — Днестр (массив 3), которая на всем протяжении четвертичного периода испытывала опускания. Сравнительно высокие мощности лессовых толщ (до 12 м) наблюдаются в Прикаспийской низменности (массив 5). Однако время опускания и формирования здесь лессовых пород ограничено только верхнечетвертичной и современной эпохами.

Максимальная мощность просадочной толщи (до 12...15 м) отмечается на юге Молдовы. Это обусловлено низким значением коэффициента увлажнения (0,72) и высоким показателем индекса сухости (1,12). Консервации просадочности в глубине слоя способствовала значительная расчлененность рельефа (1,0...2,0 км/км²), а следовательно и низкая влажность пород, характеризующихся невысокой глинистостью и преобладанием в дисперсной фракции минералов группы гидрослюд. Залегание в основании лессовой толщи хорошо проницаемых песков и суглинков также благоприятствует естественной дренированности лессовой толщи.

Близкими по инженерно-геологическим свойствам являются лессовые породы Центрально-Молдавской возвышенности (массив 2) и Приволжской возвышенности (массив 4), характеризующихся одинаковым неотектоническим режимом и суммарным положительным эффектом неотектонических движений. Эти регионы, относящиеся к области недостаточного увлажнения (полувлажная зона $K_{ув} = 0,77...1,0$), характеризуются близкими значениями радиационного индекса сухости (0,94 и 0,93 соответственно) и коэффициента увлажнения (0,80 и 0,78), а также одинаковым генезисом лессовых пород с преобладанием делювиального осадконакопления. Формированию одинаковой влажности способствовала также высокая эрозионная расчлененность рельефа обеих территорий и близкий механический состав лессовых пород. Величина относительной просадочности пород составляет 0,037 и 0,036 (при нагрузке 0,3 МПа). Одинаковый неотектонический режим обеих территорий способствовал накоплению лессовых толщ одинаковой мощности преимущественно делювиального генезиса.

Наименее лессовидным обликом обладают лессовые породы Северной Молдовы (массив 1). Эта территория, относящаяся также к области недостаточного увлажнения (полувлажная зона), характеризуется высокой увлажненностью ($K_{ув} > 0,8$) и низким значением радиационного индекса сухости (0,88). На территории, испытавшей поднятие на протяжении всего четвертичного периода, накопились в основном переотложенные делювиальные породы невысокой мощности (5...6 м), залегающие на водоупорных сарматских глинах. Они характеризуются высокой дисперсностью и влажностью (до 0,24). Тем не менее существенная расчлененность рельефа (1,0...2,0 км/км²) способствовала формированию просадочности у пород на склонах до глубины не более 4...5 м. Величина ее редко превышает значение 0,025. Начальное просадочное давление у них самое высокое — 0,140 МПа. В соответствии с гранулометрическими классификациями и числом пластичности они относятся к тяжелым суглинкам и глинами с невысокой активной (компрессионной) пористостью.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

Климатический фактор, определяемый коэффициентом увлажнения в современных и палеоусловиях, является наиболее общим, действующим регио-

нально на всей площади распространения лессовых пород. От значения $K_{ув}$ зависит влажность лессовых пород в зоне аэрации, их глинистость, засоление, плотность, просадочность, мощность просадочного слоя. При $K_{ув}$ менее 0,75 влажность лессовых пород минимальная и просадочность сохраняется в наибольшей мере. По мере роста коэффициента увлажнения ($K_{ув} = 0,8...0,95$), вследствие повышения влажности пород условия консервации просадочности ухудшаются. Для изученных регионов она снижается до 0,027...0,025. В связи с этим теория и практика инженерно-геологических прогнозов просадочности без учета климатических факторов — бесперспективны. Не меньшее значение в распределении и изменении просадочности имеют геоморфологические показатели, характеризующие общие закономерности увлажнения пород в различных климатических зонах, а также генетический тип и возраст лессовых пород. Так, ательские лессовые породы в силу особенностей своего генезиса обладают высокой плотностью и низкой пористостью. Эти породы в метеоклиматических условиях Нижнего Поволжья обладают просадочностью. В других же более увлажненных зонах лессовые породы такой плотности и пористости являются чаще всего непросадочными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олянский Ю. И. Просадочность массивов лессовых пород юга платформы как зональное географическое явление // Поволжский экологический вестник. 2000. Вып. 7. Волгоград : ВолГУ.
2. Олянский Ю. И., Богдевич О. П., Вовк В. М. Инженерно-геологические особенности лессовых пород Молдовы // Геоэкология. Инженерная экология. Гидрогеология. Геокриология. 1994. № 1. С. 65—75.
3. Изменение состава и свойств лессовых пород при техногенном обводнении / А. Н. Богомоллов и др. ; под ред. Б. Ф. Галая. Волгоград : ВолГАСУ, 2015. 204 с.
4. Олянский Ю. И. Лессовые грунты Юго-Западного Причерноморья (в пределах республики Молдова). Кишинев : Штиинца, 1992. 131 с.
5. Олянский Ю. И., Синяков В. Н. Эколого-геологическая оценка территорий распространения просадочных и набухающих пород Волгоградской области // Научный ежегодник. Вып. 2. Волгоград : Издательство, 2002. С. 19—26.
6. Олянский Ю. И., Синяков В. Н., Андреева Т. В. Просадочные и набухающие породы Волгоградской области и экологические последствия их техногенного изменения // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. 2002. Вып. 2. С. 78—84.
7. Краев В. Ф. Инженерно-геологическая характеристика лессовой формации Украины. Киев : Наукова думка, 1971. 227 с.
8. Воляник В. Е., Коптелова С. Н. Строительные свойства лессовых грунтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону : Ростиздат, 1965. 175 с.
9. Кригер Н. И. Лесс, его свойства и связь с географической средой. М. : Наука, 1965. 265 с.
10. Кригер Н. И. Лесс. Формирование просадочных свойств. М. : Наука, 1968. 133 с.
11. Минервин А. В., Королев В. А. Влияние температуры на гидрофильность и просадочность лессовых пород // Инж. геология. 1984. № 3. С. 20—34.
12. Сквалецкий Е. Н. Инженерно-геологическое прогнозирование и охрана природной среды (на примере освоения лессовых территорий Таджикистана). Душанбе : Дониш, 1988. 259 с.
13. Иванов Н. Н. Об определении величины испаряемости // Известия ВГО. 1954. Т. 86. № 2. С. 189—196.
14. Молчанов Л. А. Новая карта испаряемости на территории Средней Азии // Метеорология и гидрология в Узбекистане. Ташкент : АН УзССР, 1955. С. 35—39.

© Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В., Калиновский С. А., Махов И. Д., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Исследование зависимости просадочности лессовых пород юга Русской плиты от географо-климатических факторов / Ю. И. Олянский, Е. В. Щекочихина, С. А. Калиновский, И. Д. Махов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 15—22.

Об авторах:

Олянский Юрий Иванович — д-р геол.-минерал. наук, доцент, профессор кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, olyansk@list.ru

Щекочихина Евгения Викторовна — канд. геол.-минерал. наук, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, karnat.1@yandex.ru

Калиновский Сергей Андреевич — канд. техн. наук, доцент кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, sk0522@yandex.com

Махов Иван Дмитриевич — магистрант кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, sv_kgmn@mail.ru

Yurii I. Olyanskii, Evgeniya V. Shchekochikhina, Sergei A. Kalinovskii, Ivan D. Makhov

Volgograd State Technical University

THE DEPENDENCE OF THE SUBSIDENCE OF LOESS ROCKS OF THE SOUTH OF THE RUSSIAN PLATE FROM GEOGRAPHIC AND CLIMATIC FACTORS

The influence of geographical, climatic and geological factors on the subsidence of loess rocks and loess strata is analyzed on the example of 9 loess massifs located in the Northern black sea region, the Volga upland and the Caspian lowland. It is established that the main factor responsible for the formation of sub-aerial sediment subsidence is climatic. The geological structure of the region, the conditions of occurrence of loess rocks, their age and Genesis are of subordinate importance.

Key words: loess soil, settling, moisture ratio, the radiation index of dryness.

For citation:

Olyanskii Yu. I., Shchekochikhina E. V., Kalinovskii S. A., Makhov I. D. [The dependence of the subsidence of loess rocks of the south of the Russian plate from geographic and climatic factors]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 15—22.

About authors:

Yurii I. Olyanskii — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Docent, Professor of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, olyansk@list.ru

Evgeniya V. Shchekochikhina — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, karnat.1@yandex.ru

Sergei A. Kalinovskii — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sk0522@yandex.com

Ivan D. Makhov — Master's Degree student of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sv_kgmn@mail.ru

УДК 624.012

В. А. Пшеничкина, А. В. Глухов, С. Г. Глухова

Волгоградский государственный технический университет

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ

Представлена методика оценки безопасности 9-этажного эксплуатируемого здания по результатам обследования его технического состояния, рекомендованная для инженерной практики. Проведен анализ структурной схемы надежности. Получены численные значения вероятности отказа.

Ключевые слова: расчет на безопасность, индекс надежности, структурная схема, эксплуатируемое здание, сварные швы.

Основной задачей расчета конструкций зданий и сооружений является обеспечение требований безопасности и эксплуатационной пригодности на заданный период времени при минимизации экономических затрат на проектирование, возведение и эксплуатацию. Это требование должно быть выполнено в условиях неопределенностей, источником которых являются действующие нагрузки, прочностные характеристики конструкций, возможные ошибки при проектировании, строительстве и эксплуатации, поэтому корректное решение задачи обеспечения безопасного функционирования зданий может быть получено только с применением методов теории надежности. Вопросы надежности и риска имеют жизненно важное значение для анализа и проектирования любых инженерных систем. Вместе с тем необходимо учитывать, что расчет на надежность не может гарантировать абсолютной безопасности работы зданий и сооружений. Целью анализа надежности является ограничение неприемлемой вероятности отказа несущих конструкций некоторым целесообразным уровнем.

В настоящее время в нашей стране вероятностный подход мало используется в инженерной строительной практике из-за устоявшегося мнения о недостаточности статистических данных. Действительно, классические модели надежности, оперирующие многомерными законами распределения, требуют соответствующего объема статистической информации и малоприспособлены для практических приложений. Вместе с тем, как отмечено в [1], неполнота информации не может препятствовать выполнению вероятностных расчетов, она лишь увеличивает неопределенность и снижает достоверность. Но это, в свою очередь, поддается оценке методами теории надежности.

Следовательно, особую актуальность приобретает задача разработки упрощенных инженерных методов, позволяющих на основе уже имеющейся информации получить приемлемую для практического анализа оценку уровня надежности конструкций проектируемых или эксплуатируемых зданий и сооружений.

Вопросам приближенной оценки надежности и долговечности отдельных конструкций и их систем посвящены работы [2, 3, 4, 5], приближенные методы вероятностного моделирования рассмотрены в работе [6, 7]. В большинстве работ различных авторов методы анализа надежности основаны на использовании характеристики безопасности (индекса надежности) [3, 8, 9]. Следует

отметить, что универсальных методик расчета строительных конструкций на надежность не существует, особенно это касается надежности зданий и сооружений в целом. В каждом конкретном случае требуется проведение индивидуального анализа особенностей работы здания как сложной системы, определение характера взаимодействия его конструкций, выбор критериев надежности, возможно, более полный учет всех неопределенностей.

В настоящей статье изложена методика и приведены результаты расчета на безопасность 9-этажного эксплуатируемого здания.

Рассматриваемое здание представляет собой девятиэтажную ствольную систему диаметром 18 м с подвешенным двухуровневым спиральным этажом диаметром 48 м. Общая высота сооружения от верха ростверка фундамента до верха плиты фонаря — 40,3 м (рис. 1).

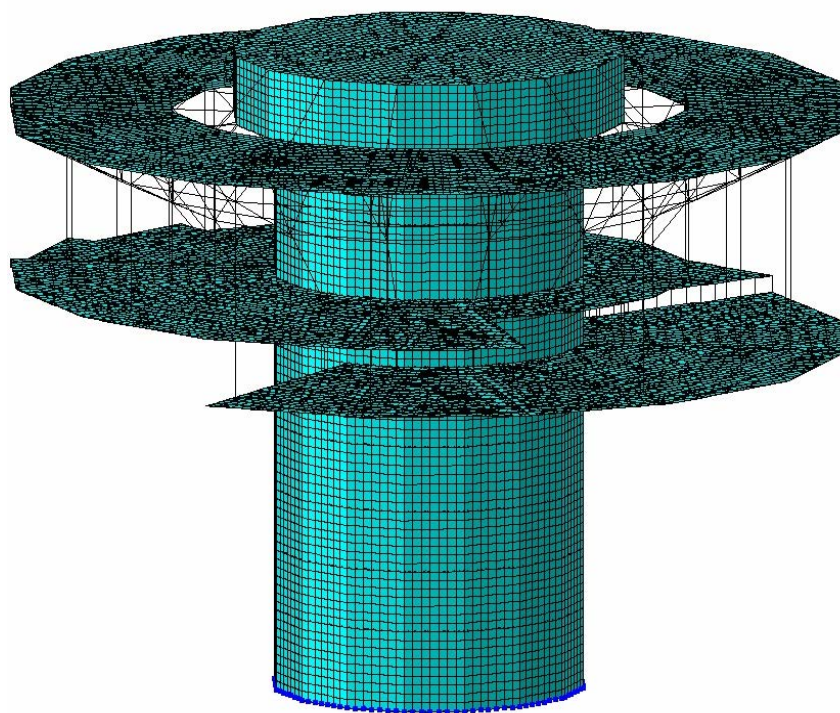


Рис. 1. Пространственная расчетная схема здания

Общая высота центрального несущего ствола составляет 36,5 м. Железобетонный каркас ствола образован двумя кольцевыми рядами колонн, связанными между собой кольцевыми и радиальными сборными ригелями. В каждом ряду расположено шестнадцать колонн сечением 600×450 мм. Жесткость ствола обеспечивают кирпичные и железобетонные диафрагмы толщиной 510 мм и 120 мм соответственно.

Конструкция спирального этажа представляет собой стальную балочную клетку радиально-кольцевой системы с главными стальными радиальными балками. Крепление конструкций спирального этажа выполнено с помощью системы подвесок и несущих ферм. Крепление сборных плит производится приваркой закладных деталей к верхнему поясу балок и устройством моно-

литных участков у радиальных балок. Совместная работа конструкции нижнего участка спирального этажа с несущим стволом здания обеспечивается креплением радиальных балок к колоннам ствола.

Эксплуатация объекта по назначению осуществлялась на протяжении 1984—1991 гг. В 2017 году проведено его техническое обследование, в результате которого установлено следующее. Техническое состояние колонн, балок и диафрагм центрального несущего ствола здания квалифицируется как работоспособное.

Техническое состояние опорных конструкций спирального этажа квалифицируется как ограниченно работоспособное по причинам выявления повреждений в узлах крепления к радиальным балкам нижнего яруса спирального этажа, разрушение размеров сварных швов в несущих фермах, разрушения противокоррозионной защиты поверхности стальных конструкций, коррозионных повреждений балок на отдельных участках и др.

Основными причинами появления дефектов и повреждений являются ошибки, допущенные при проектировании и монтаже здания, а также длительная эксплуатация объекта в условиях открытого воздействия окружающей среды без реализации мероприятий по консервации и надзора за состоянием несущих конструкций.

С целью сокращения типоразмеров в здании применены единые сечения элементов подвесок, что привело к существенной неравномерности напряженно-деформированного состояния радиальных конструкций здания в кольцевом направлении. Как показал поверочный расчет зданий в целом, а также его конструктивных элементов, выявленные дефекты и повреждения не оказывают заметного влияния на безопасность несущих конструкций, работающих с недогрузкой, вместе с тем для отдельных элементов уровень безопасности снижается до недопустимых значений.

Расчет на надежность проводим в 2 этапа. На первом этапе с применением ПК ЛИРА определяем напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкций здания под действием эксплуатационных нагрузок. На втором этапе находим численные значения показателя безопасности для отдельных элементов и здания в целом. Анализ НДС показал, что для надежности здания как сложной системы P_c может быть использована модель слабого звена

$$P_c = P_{i,\min}. \quad (1)$$

Определяем наиболее нагруженные конструкции и элементы, которые, как правило, имеют наибольшую вероятность отказа. Для расчета надежности здания были выбраны несколько конструкций и элементов, показанных на рис. 2.

Расчет конструкций здания на безопасность проводим методом А. Р. Ржаницына [10]. Запишем условие неразрушимости:

$$\tilde{S} = \tilde{R} - \tilde{F}, \quad (2)$$

где $\tilde{S}$ — резерв прочности; $\tilde{R}$ — обобщенная прочность (несущая способность); $\tilde{F}$ — обобщенная нагрузка (нагрузочный фактор). Знак « $\sim$ » обозначает случайную величину.

В качестве критерия, определяющего несущую способность, рассматривается прочность сварного соединения, тогда параметр $\bar{R} = \bar{R}_w$ — сопротивление срезу сварного шва; $\tilde{F} = \tilde{N}$ — наибольшее значение усилия от действующих нагрузок.

Принимаем, что случайные величины $\bar{R}_w$ и $\tilde{N}$ распределены по нормальному закону, тогда индекс надежности вычисляется по формуле:

$$\beta = \frac{\bar{R}_w - \tilde{N}}{\sqrt{(v_R \bar{R}_w)^2 + (v_N \tilde{N})^2}} \geq \beta^*, \quad (3)$$

где $\bar{R}_w$, $\tilde{N}$, v_R , v_N — математические ожидания сопротивления срезу шва и усилия, а также их коэффициенты вариации соответственно; β^* — значение индекса надежности, соответствующего минимальному уровню обеспеченности (или допустимой вероятности отказа).

Расчет прочности сварных швов производится для следующих элементов фермы: стойки С1, С2, С3; раскосы Р1, Р2, Р3; подкос П1 и для 5 вариантов разрушения узла сопряжения подвески с радиальной балкой (рис. 2).

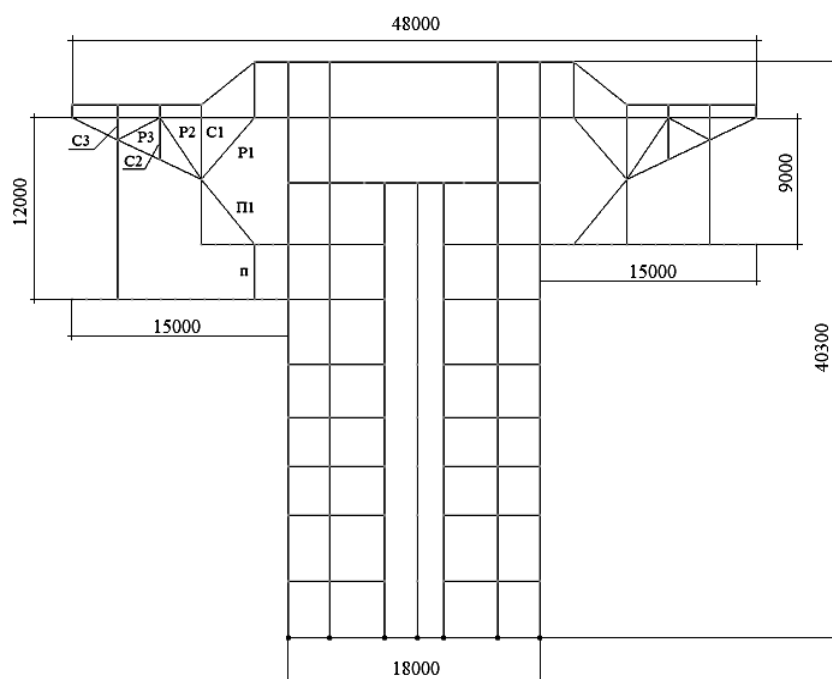


Рис. 2. Схема расположения наиболее нагруженных конструкций здания в осях С-7—С-15: С — Стойка фермы; Р — Раскос фермы; П — Подкос фермы; п — подвеска спирального этажа

Несущая способность сварного шва вычислялась по формуле [11]:

$$\bar{R}_w = k_f l_w \bar{R}_{wf} \beta_f \gamma_c, \quad (4)$$

где k_f — катет сварного шва; l_w — расчетная длина сварного шва; $\bar{R}_{wf}$ — среднее значение сопротивления по металлу сварного шва; β_f — коэффициент, учитывающий глубину проплавления в зависимости от вида сварки; γ_c — коэффициент условий работы.

Несущая способность листа фасонки, ослабленного подрезами основного металла:

$$\bar{R} = \bar{R}_y l (t - 2r) \gamma_c, \quad (5)$$

где $\bar{R}_y$ — среднее значение предела текучести; t — толщина фасонки; r — глубина подреза.

При расчете приняты следующие значения коэффициентов вариации:

$$v_R = 0,09; v_F = 0,15; v_{Ry} = 0,08^1 [11].$$

Расчет показал, что значение индекса надежности для сварных швов вышеуказанных элементов находится в пределах от 2,35 до 15,15. При расчете по методу предельных состояний прочность всех сварных соединений удовлетворяет требованиям предельного неравенства.

В настоящее время в нашей стране целесообразный минимальный уровень надежности не нормируется, и для конструкций, зданий и сооружений с различным уровнем ответственности остается неопределенным. Вместе с тем на основе многолетнего опыта эксплуатации сооружений и их элементов значение индекса надежности конструкций, запроектированных по отечественным нормам, оценивается величиной $\beta^* = 3 \div 4$ [12]. Автором предложено для ответственных конструкций (фермы, балки, колонны), разрушение которых происходит вследствие постепенных отказов, ориентировочно принимать следующие значения минимального индекса надежности: на начало эксплуатации — $\beta^* = 3,1$, по окончании эксплуатации — $\beta^* = 2,33$ с вероятностью безотказной работы $P^* = 0,999$ и $P^* = 0,99$ соответственно.

В работе [1] при вероятностных расчетах на безопасность в первом приближении рекомендовано принимать для сооружений с неэкономической ответственностью индекс надежности $\beta^* = 3,5$, что соответствует надежности $P^* = 0,99975$. Для сварных соединений металлических конструкций зданий, рассчитываемых на постоянные, временные длительные и снеговые нагрузки, целевой индекс надежности — $\beta^* = 4 \div 4,5$ [3].

По результатам обследования установлено, что сварные швы во всех рассматриваемых элементах конструкций не имеют признаков коррозионного или механического износа, следовательно, уровень их безотказности на мо-

¹ СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23—81*.

Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23—81*. Стальные конструкции») // ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 148 с.

мент обследования соответствует безотказности в начальный период эксплуатации. Согласно классической теории надежности, минимальная безотказность элемента при расчете на безопасность не должна быть ниже 0,998, поэтому принимаем $\beta^* = 3$.

В табл. 1 и на рис. 3 приведены элементы фермы, для которых индекс надежности меньше 3. Основной дефект всех элементов — недостаточная длина углового шва.

На рис. 4 показаны варианты расчета узла сопряжения подвески с радиальной балкой, а в табл. 2 — элементы с пониженным индексом надежности.

Таблица 1

Результаты расчета надежности элементов фермы

Элемент	Сварной шов	Сечение, мм	Усилие $N_{\text{норм}}$, кН	Несущая способность $R_{\text{норм}}$, кН	Индекс надежности, β	Вероятность работоспособности, P
		Длина шва, мм				
1, 2 раскос Р2	Верхний	2 $\perp$ 160 $\times$ 20	-678,86	748,57	2,98	0,998
		140,150				
	Нижний	2 $\perp$ 160 $\times$ 20	-678,86	709,52	2,57	0,995
		140,135				
3, 4 раскос Р3	Верхний	2 $\perp$ 160 1×0	889,33	903,81	2,35	0,991
		155,195				
	Нижний	2 $\perp$ 160 $\times$ 10	889,33	967,62	2,88	0,998
		175,200				
5 подкос П1	Верхний	$\varnothing$ 165 $\times$ 20	1592,38	1702,86	2,74	0,997
		340,320				

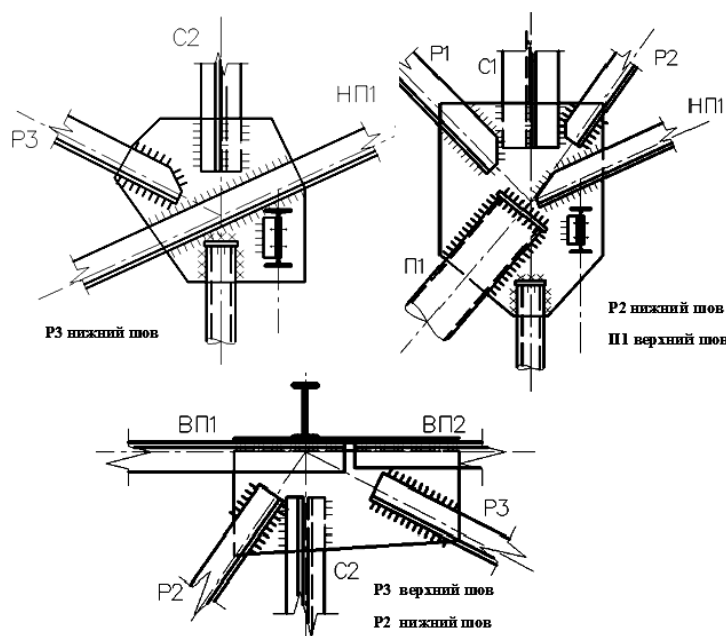


Рис. 3. Элементы фермы с недостаточной длиной углового шва

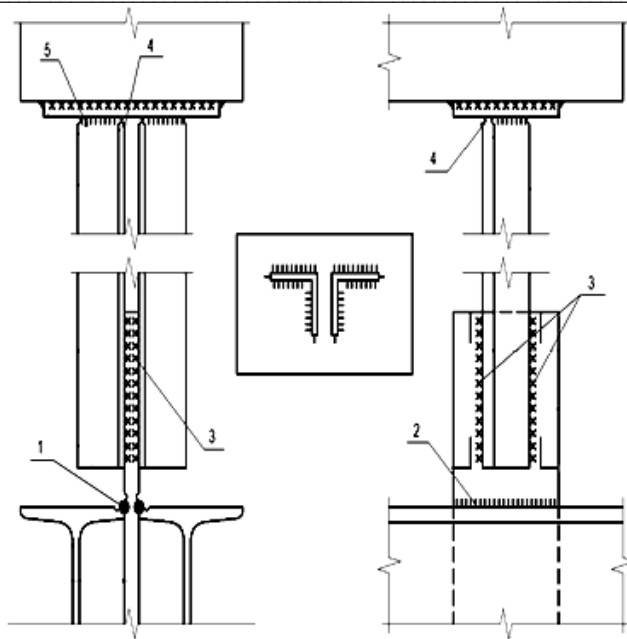


Рис. 4. Варианты разрушения узла сопряжения подвески с радиальной балкой: 1 — разрыв фасонки, ослабленной подрезами основного металла глубиной 1 мм; 2 — отрыв фасонки срезом металла сварных швов; 3 — отрыв уголков от фасонки срезом металла сварных швов; 4 — разрыв уголков ослабленных подрезами основного металла; 5 — отрыв уголков от опоры срезом металла сварных швов

Таблица 2

Результаты расчета надежности подвески спирального этажа

Элемент	Номер разрушения	Усилие $N_{\text{норм}}$, кН	Несущая способность $R_{\text{норм}}$, кН	Индекс надежности, β	Вероятность работоспособности, P	Вероятность отказа, V
6	1	509,23	518,38	2,36	0,991	0,00914
7	3	509,23	518,38	2,36	0,991	0,00914
8	5	509,23	518,38	2,36	0,991	0,00914

Таким образом, для оценки надежности здания в целом как сложной системы были выбраны 8 условных элементов (табл. 1, 2). При проведении анализа структурной схемы надежности установлено, что при отказах первых шести элементов система сохраняет работоспособное состояние, при этом происходит перераспределение усилий и снижается индекс надежности соседних конструкций. Разрушение верхнего или нижнего сварных швов подвески приводит к потере несущей способности всего здания и невозможности его дальнейшей эксплуатации (рис. 5, 6).

Следовательно, структурная схема надежности здания в целом при расчете на безопасность может быть сведена к двум последовательно соединенным элементам: верхнему и нижнему сварным швам подвески спирального этажа (рис. 7). Каждый из швов имеет одинаковую вероятность отказа, которые происходят независимо друг от друга.

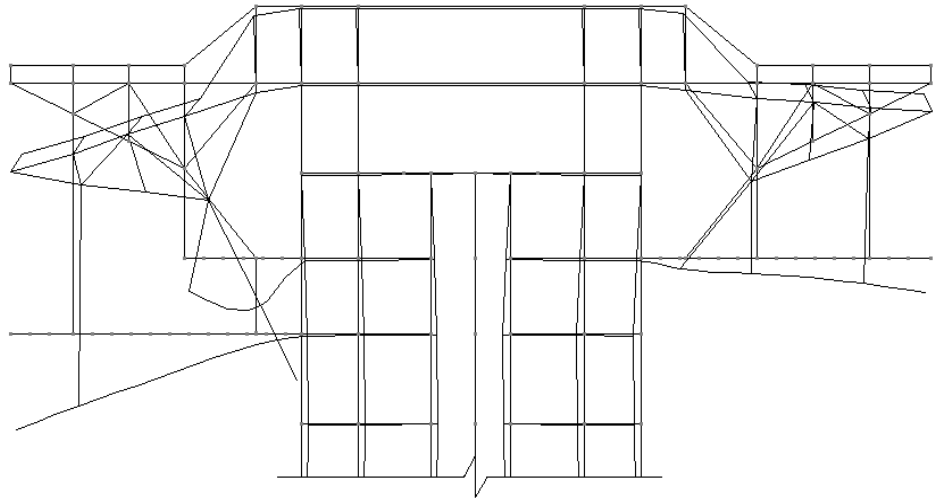


Рис. 5. Разрушение нижнего шва подвески

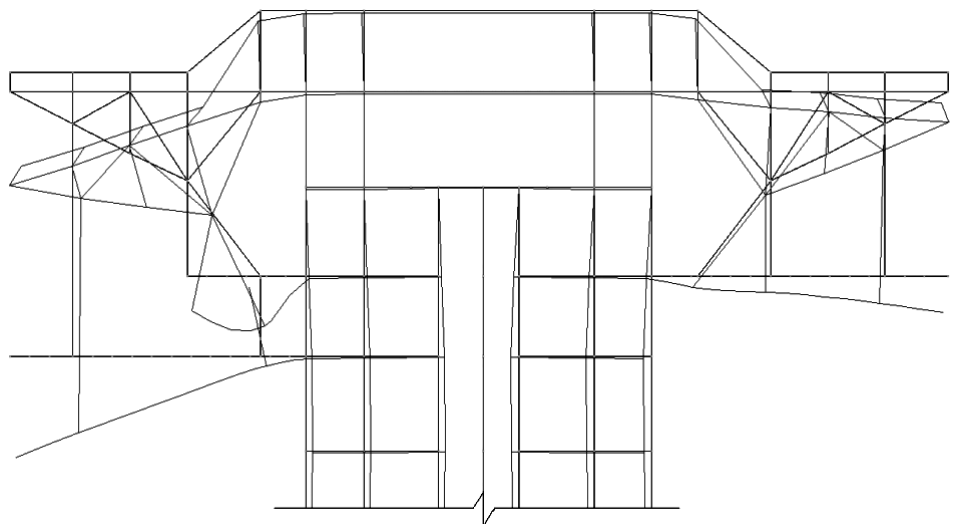


Рис. 6. Разрушение верхнего шва подвески

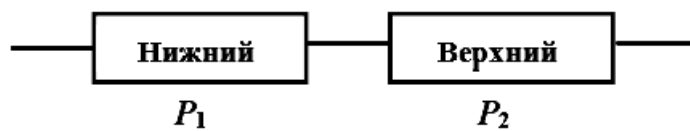


Рис. 7. Структурная схема надежности условных элементов подвески спирального этажа; P_1 , P_2 — показатели надежности элементов

Тогда вероятность отказа системы в целом вычисляется по формуле умножения вероятностей [13, 14]:

$$P_c = P_1 P_2 = 0,991 \cdot 0,991 = 0,982.$$

При этом индекс надежности составляет: $\beta = 2,1 < \beta^*$.

Для сравнения отметим, что согласно европейским строительным стандартам² для жилых, офисных и других общественных зданий со средними последствиями разрушения минимальные значения β^* на годовой базовый период составляют: $\beta^* = 4,7$, на 50-ти летний базовый период — $\beta^* = 3,8$.

Выводы:

1. Анализ надежности конструкций на примере общественного 9-этажного здания показал, что расчет конструкций и элементов по методу предельных состояний не позволяет выявить их фактический уровень безопасности.

2. Верхний и нижний сварные швы подвески спирального этажа были введены в эксплуатацию с пониженным уровнем надежности по исчерпанию несущей способности ($\beta = 2,1$). Для рассматриваемого здания эти элементы относятся к категории ответственных, т. к. их отказ приводит к обрушению соседних несущих конструкций. При реконструкции эти узловые соединения должны быть усилены.

3. Предварительный анализ НДС конструкций здания позволил создать достаточно простую структурную модель его надежности и в первом приближении дать количественную оценку его безопасной работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Райзер В. Д. Теория надежности в сооружениях. М. : АСВ, 2010. 384 с.
2. Pshenichkina V. A. Probabilistic method for service life estimation of reinforced concrete roof trusses of operated industrial building // International Review of Civil Engineering. 2016. Vol. 7. №. 6. С. 158—163.
3. Assakkaf I., Bilal M. A. Reliability-Based Structural Design. // Thomas Lamb. Ship design and construction. Vol. 1. The society of naval architects and marine engineers. 2003. 883 p.
4. Stevenson J. Reliability Analysis of Frame Structures // Structural Division, 1970. Vol. 96. Issue 11. Pp. 2409—2427.
5. Zolina T. V., Sadchikov P. N. Optimization of design parameters for materials consumption for reinforcing metal framework of industrial buildings // Applied Mechanics and Materials. 2018. Vol. 875. Pp. 122—127.
6. Dixiong Y., Lingbo L. Reliability analysis of structures with complex limit state functions using probability density evolution method // Structural and Multidisciplinary Optimization. Vol. 50. Issue 2. Pp. 275—286.
7. Guoshao S., Bo Y., Gaussian Y. X. Process Machine-Learning Method for Structural Reliability Analysis // Advances in Structural Engineering. Vol. 17. Issue 9. Pp. 1257—1270.
8. Stanojev M., Stojić D. Reliability analysis of structures // Architecture and Civil Engineering Vol. 12. № 3. 2014. Pp. 265—272.
9. Der Kiureghian A. Analysis of structural reliability under parameter uncertainties // Probabilistic Engineering Mechanics Vol. 23. Issue 4. October 2008. Pp. 351—358.
10. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. : Стройиздат, 1978. 240 с.
11. Пшеничкина В. А., Богомолов А. Н., Чураков А. А. Надежность строительных систем : учеб. пособие. Волгоград : ВолгГАСУ, 2010. 39 с.
12. Чирков В. П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта. М. : Маршрут, 2006. 620 с.

² EN 1990 EUROCODE 0. Основные положения по проектированию несущих конструкций.

13. *Острейковский В. А.* Теория надежности : учеб. для вузов. М. : Высшая школа, 2003. 463 с.
14. *Райзер В. Д.* Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. М. : Стройиздат, 1995. 352 с.

© Пшеничкина В. А., Глухов А. В., Глухова С. Г., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Пшеничкина В. А., Глухов А. В., Глухова С. Г. Оценка безопасности конструкций общественного здания вероятностным методом // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 23—32.

Об авторах:

Пшеничкина Валерия Александровна — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, rap_hm@list.ru

Глухов Антон Викторович — магистрант кафедры строительных конструкций, оснований и надежности сооружений. Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, tracketbow@list.ru

Глухова Светлана Геннадьевна — магистрант кафедры строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, tracketbow@list.ru

Valeriya A. Pshenichkina, Anton V. Glukhov, Svetlana G. Glukhova

Volgograd State Technical University

ASSESSMENT OF STRUCTURAL SAFETY OF PUBLIC BUILDINGS PROBABILISTIC METHOD

This article presents a method for assessing the safety of a 9-storey building in accordance with the results of a survey of its technical condition recommended for engineering practice. Analysis of the structural scheme of reliability. The numerical values of the failure probability are obtained.

Key words: security calculation, reliability index, schematic diagram, building, welds.

For citation:

Pshenichkina V. A., Glukhov A. V., Glukhova S. G. [Assessment of structural safety of public buildings probabilistic method]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 23—32.

About authors:

Valeriya A. Pshenichkina — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Engineering Structures, Foundations and Safety of Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, rap_hm@list.ru

Anton V. Glukhov — Master's Degree student of Engineering Structures, Foundations and Safety of Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, tracketbow@list.ru

Svetlana G. Glukhova — Master's Degree student of Engineering Structures, Foundations and Safety of Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, tracketbow@list.ru

УДК 625.061: 665.775

А. И. Лескин, Д. И. Гофман, С. В. Алексиков, М. М. Аль-Карагули

Волгоградский государственный технический университет

ОРГАНИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СВОЙСТВ ВЯЖУЩЕГО В АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТЕ

Подобран оптимальный состав органической композиции для восстановления свойств вяжущего, экстрагированного из асфальтогранулята, определено ее оптимальное количество, способствующее восстановлению дисперсности системы, за счет изменения соотношения объемов дисперсной фазы и дисперсионной среды. Проведен сравнительный анализ химического состава вяжущего до и после введения разработанного пластификатора. Определены основные физико-механические свойства восстановленного вяжущего и его устойчивость к термоокислительному старению.

К л ю ч е в ы е с л о в а: вяжущее, старение, пластификатор, асфальтогранулят.

Известно [1, 2], что при длительной эксплуатации асфальтобетонных покрытий вследствие сложных химических превращений, протекающих в верхнем тонком поверхностном слое, под воздействием кислорода воздуха, ультрафиолетового излучения, воды и температуры происходит старение органического вяжущего, приводящее к существенным изменениям его состава и структурного типа. Структурно-фазовый переход битума из структурного типа «золь-гель» в структурный тип «гель» вызван снижением растворяющей способности дисперсионной среды, что наряду с ростом объема дисперсной фазы приводит к уменьшению толщины и потере пластичности битумной пленки вокруг минеральных частиц. В процессе старения в органическом вяжущем происходит увеличение доли химических связей между молекулами, поэтому одной из задач процесса регенерации является восстановление требуемого баланса физических и химических взаимодействий в системе.

Введение в битум специальных оптимально подобранных регенерирующих добавок (пластификаторов комбинированного действия) является наиболее целесообразным способом восстановления произошедших изменений, приводящим к нормализации группового состава и структуры вяжущего. Профессор А. А. Гуреев [2] сформулировал четыре основных критерия подбора регенерирующих добавок (пластификаторов):

1. Способность пластификатора к восстановлению дисперсности системы путем изменения соотношения объемов дисперсной фазы и дисперсионной среды за счет образования мелких дисперсных частиц.
2. Совместимость добавки с регенерируемым вяжущим при невысоких температурах.
3. Приоритетное восстановление пластичности, деформативности и теплостойкости отработанных битумов.
4. Пожаробезопасность, экологическая чистота, рентабельность и доступность.

В качестве пластификаторов битума можно применять госсиполовую смолу, экстракты селективной очистки масляных фракций нефти, антраценовое масло, мазут, нефтяной гудрон, кубовый остаток ректификации стирола,

фракции C_{21} — C_{26} синтетических жирных кислот (СЖК) и полимерные наполнители¹ [3—5].

Наши исследования заключаются в изучении битума экстрагированного из асфальтогранулята (АГ) и определении влияния на его свойства оптимальной регенерирующей трехкомпонентной органической композиции, состоящей из отхода процессов нефтепереработки (ОПН), индустриального масла И-40 и фракции СЖК C_{21} — C_{26} . Отходы процессов нефтепереработки представляют собой шлам нефтяных резервуаров с плотностью 1,08 г/см³, обводненностью 4 %, содержанием механических примесей 1,3 %, содержанием нефтяной части 94,7 % (масс.), в том числе:

парафино-нафтеносоединения — 21,4;
ароматические углеводороды — 48,8;
смолы — 18,5;
асфальтены — 6,0.

Отходы процессов нефтепереработки характеризуются высоким содержанием нефтепродуктов, в своем составе содержат асфальтосмолистые парафиновые отложения и представляют твердую массу с температурой плавления 56...60 °С. Обезвоживание ОПН осуществляли при атмосферном давлении в лабораторном реакторе при температуре 110 °С с последующим повышением температуры до 360 °С до прекращения поступления конденсата в прямой холодильник.

Синтетические жирные кислоты выступают в качестве анионного эмульгатора и представляют собой мажеподобное вещество светло-желтого цвета, растворимое в нефтепродуктах и имеющее кинематическую вязкость 52 сСт при 100 °С, кислотное число 13,2 мг КОН/г, температуру каплепадения 60 °С.

Органическую композицию готовили следующим образом. В отход процессов нефтепереработки, нагретый до температуры 105...110 °С, вводили предварительно расплавленные синтетические жирные кислоты СЖК C_{21} — C_{26} в равном количестве и равномерно перемешивали, затем добавляли 4,5 % от массы полученного вяжущего индустриальное масло И-40 и снова перемешивали. При таком соотношении компонентов был получен пластификатор со следующими характеристиками: температура размягчения — 37 °С, глубина проникания иглы при 25 °С — 146 мм × 10⁻¹, при 0 °С — 32 мм × 10⁻¹. Данная органическая композиция, на наш взгляд, должна не только достаточно эффективно пластифицировать отработанный битум, но и восстановить его структуру.

Результаты исследования группового химического состава и физико-механических свойств битума, экстрагированного из АГ, приведены в табл. 1. Полученные данные свидетельствуют о том, что органическое вяжущее содержит большое количество асфальтенов и недостаточное количество мальтенов (углеводородов и смол), обеспечивающих пластические свойства. Доля асфальтенов в смолисто-асфальтеновых веществах составляет 0,48, а отношение асфальтенов к сумме углеводородов и смол — более 0,43. Такая структура относится к первому типу и представляет собой коагуляционную

¹ ОДМ 218.3.0209—2012. Методические рекомендации по обеспечению устойчивости битумов против старения в технологических процессах изготовления и применения асфальтобетонных смесей. М. : Росавтодор, 2012. 38 с.

сетку-каркас из асфальтенов, находящихся в слабоструктурированной смолами дисперсионной масляной среде.

Таблица 1

*Групповой химический состав и физико-механические свойства
 битума экстрагированного из асфальтогранулята*

№ образца	Содержание (% по весу)			$A/(C + A)$	$A/(C + M)$	Температура размягчения, $t_{\text{киш}}, ^\circ\text{C}$	Пенетрация, $\text{мм} \times 10^{-1}$	
	A	C	M				25 $^\circ\text{C}$	0 $^\circ\text{C}$
1	30,1	30,3	39,6	0,50	0,43	62,5	33	8
2	29,50	30,3	40,2	0,49	0,42	60,0	35	9
3	30,3	35,3	34,4	0,46	0,43	64,5	30	6

Примечание: A — асфальтены; C — смолы; M — масла.

Для определения оптимального количества органической композиции, необходимой для восстановления свойств, экстрагированного из асфальтогранулята битума, мы воспользовались методикой измерения светопропускания концентрации вяжущего в керосине в объемной пропорции 1:2000. Согласно уравнению Рэлея [6] для частиц данного размера интенсивность рассеянного света прямо пропорциональна концентрации. Это положение можно использовать для определения концентрации дисперсной фазы с помощью измерения светорассеяния. Из теории светорассеяния известно [7], что более мутный раствор вещества характеризуется пониженным светопропусканием, вызванным пониженной дисперсностью системы при данной концентрации раствора. Применяя в качестве растворителя битума керосин, который практически не растворяет, а частично коагулирует асфальтены, мы сможем сравнить экстрагированный битум с битумом марки БНД 60/90 и подобрать оптимальное количество пластификатора для восстановления устойчивости дисперсной системы вяжущего. Более устойчивая дисперсная система вяжущего при воздействии керосина образует менее мутный раствор, кроме того, можно ожидать меньшую интенсивность помутнения раствора. Светопропускание определялось в процентах как отношение прошедшего светового потока через анализируемый раствор к световому потоку, прошедшему через чистый растворитель. При освещении интенсивность рассеяния пучка света с уменьшением длины волны не возрастает, а проходит через максимум, характерный для каждого приготовленного раствора, который сдвигается в сторону красных (длинных) волн при уменьшении дисперсности и в сторону синих (коротких) волн при ее увеличении. Максимальное светопропускание достигается при длине волны $\lambda = 750$ нм, поэтому данную длину волны мы приняли для построения графических зависимостей.

Оптимальные рабочие концентрации регенерирующих добавок в зависимости от их вида колеблются в пределах 8...16 % от массы битума [8]. Для большей эффективности эксперимента мы вводили в отработанный битум 8 %, 10 %, 12 % и 14 % органической композиции и анализировали его влияние на светопропускание, сравнивая с эталонным раствором. Измерения проводили сразу после приготовления растворов, а также повторяя опыт через каждые 20 минут в течение одного часа (см. табл. 2).

Таблица 2

Светопропускание растворов битума на длине волны $\lambda = 750$ нм

Время, мин	Битум из АГ	Количество органической композиции					Эталон БНД 60/90
		8 %	10 %	12 %	14 %	16 %	
0	70	75	78	79	80	80	78
20	68	74	77	78	79	78	77
40	67	73	77	77	78	77	76
60	65	71	76	77	77	77	75
Потеря, %	5	4	2	2	3	3	3

По изменению светопропускания растворов во времени (потеря, %) можно судить о различной мере устойчивости дисперсной системы. Менее устойчивая дисперсная система характеризуется более ускоренным изменением светопропускания. Экстрагированный битум характеризуется пониженным светопропусканием по сравнению с вяжущим, принятым в качестве эталона (БНД 60/90). Введение регенерирующей добавки повышает дисперсность отработанного вяжущего. Битум, пластифицированный 10...12 % органической композицией, имеет наиболее устойчивую дисперсную систему. Групповой химический состав и физико-механические свойства восстановленного вяжущего приведены в табл. 3.

Таблица 3

Групповой химический состав и физико-механические свойства битума БНД 60/90 и восстановленного вяжущего

Образец	Содержание (% по весу)			$A/(C + A)$	$A/(C + M)$	Температура размягчения, $t_{киш}$ °C	Пенетрация, мм $\times 10^{-1}$	
	A	C	M				25 °C	0 °C
БНД60/90	21,5	30,2	48,3	0,42	0,27	47	87	25
ЭБ+10%	22,10	30,3	47,6	0,42	0,28	48	85	24
ЭБ+12%	20,5	35,3	44,4	0,37	0,26	44	98	29

Примечание: ЭБ — экстрагированный из АГ битум

Согласно [9] регенерированное вяжущее должно содержать: $A = 21...23$ %, $C = 30...34$ %, $M = 45...49$ %. Экстрагированный битум из асфальтогранулята, пластифицированный 10 % органической композицией, согласно полученным показателям полностью восстановил свою структуру, т. к. отношение количества асфальтенов к суммарному количеству смол и углеводов составляет 0,28, следовательно, такой компонентный состав при эксплуатационных температурах позволит обеспечить наилучшую коллоидную структуру и в конечном счете обеспечить высокие качественные показатели регенерированного асфальтобетона. Физико-механические свойства восстановленного битума по температуре размягчения и пенетрации соответствуют требованиям, предъявляемым к нефтяным дорожным битумам марки БНД 60/90. Для дальнейшего изучения экстрагированного битума и влияния на его свойства регенерирующей добавки в количестве 10 % от массы мы определили величину когезии, характеризуемой силами межмолекулярного взаимодействия, определяемой предельным напряжением на сдвиг.

Битум из АГ характеризуется низким показателем когезии по сравнению с битумом БНД60/90. Регенерирующая добавка, введенная в старый битум, извлеченный из асфальтогранулята в количестве 10 % от массы, увеличивает когезию вяжущего, приближая ее к эталонному значению (БНД 60/90). Для того чтобы искусственно усилить фактор старения битума и проследить за изменением показателя когезии происходящего при этом вяжущего, мы выдерживали его в условиях термостатирования в тонком слое в чашках Петри при температуре 163 °С в течение 5 часовых периодов времени. Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что в начальный период времени происходят процессы структурирования вяжущего, обуславливающие повышение его когезионной прочности и способствующие улучшению свойств асфальтобетонов, затем преобладают процессы деструкции и происходит разрушение дисперсной системы.

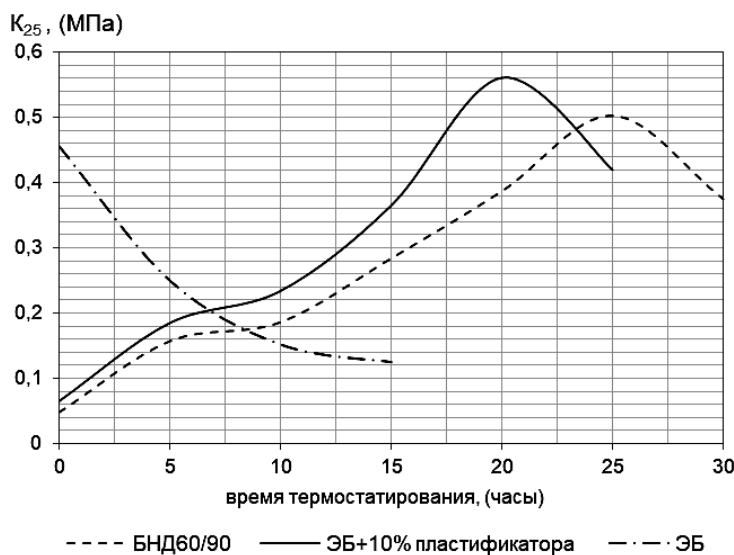


Рис. 1. Изменение когезии битума при термоокислительном старении в тонком слое

Регенерированный 10 % пластификатора отработанный битум при термическом старении ведет себя аналогично битуму БНД 60/90, однако продолжительность периода структурирования в 1,25 раза быстрее, чем у «молодого» битума. Уровень деструкции соответствует температуре размягчения в пределах 60...65 °С (см. рис. 2), при которой обычно наблюдается разрушение асфальтобетонных покрытий за счет старения вяжущего.

Выполненные исследования позволили сформулировать следующие выводы:

1. Применение специальных, оптимально подобранных, регенерирующих добавок — пластификаторов, является целесообразным методом восстановления произошедших изменений в органических вяжущих, приводящих к нормализации как их группового состава, так и структуры.
2. Введение в битум экстрагированного из асфальтогранулята 10 % предлагаемой органической композиции полностью восстанавливает структуру

вяжущего, что позволит при эксплуатационных температурах обеспечить высокие качественные показатели регенерированного асфальтобетона.

3. Дальнейшие исследования должны быть направлены на экспериментальную проверку разработанной органической композиции непосредственно при регенерации асфальтобетона с определением основных физико-механических свойств регенерированных смесей различного гранулометрического состава.

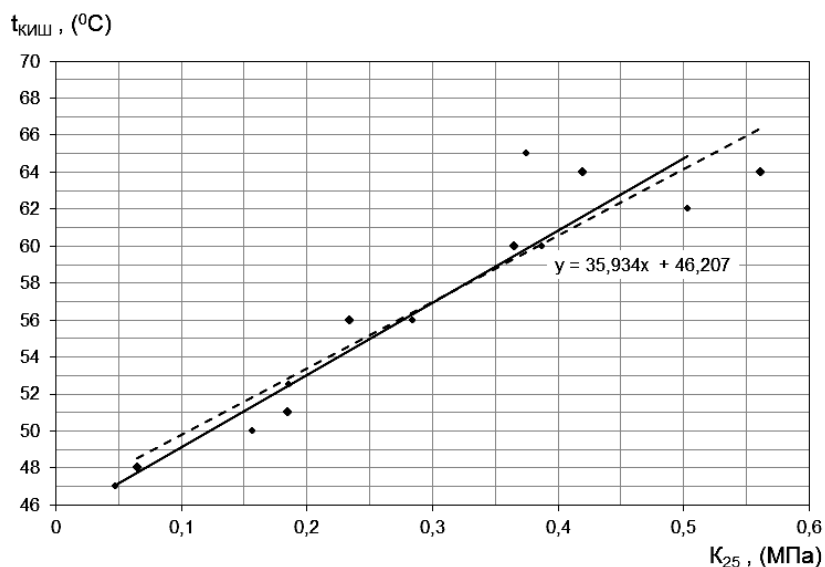


Рис. 2. Взаимосвязь между температурой размягчения ($t_{киш}$) и когезией (K_{25}) для данных образцов вяжущего

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колбановская А. С., Михайлов В. В. Дорожные битумы : монография. М. : Транспорт, 1973. 264 с.
2. Гуреев А. А. Физико-химическая технология производства и применения нефтяных битумов : дис... канд. техн. наук, М. : ГАНГ им. И. М. Губкина, 1993.
3. Печеный Б. Г. Битумы и битумные композиции. М. : Химия, 1990. 256 с.
4. Туманян Б. П. Научные и прикладные аспекты теории нефтяных дисперсных систем. М. : Техника, 2000. 335 с.
5. Бахрах Г. С. Старение асфальтобетонных покрытий и пути его замедления // Труды ГипроДорНИИ. М., 1974. Вып. 9. С. 84—96.
6. Фридрихсберг Д. А. Коллоидная химия поверхностно-активных веществ : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2015. 304 с.
7. Волков В. А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы : учебник. СПб. : Лань, 2015. 672 с.
8. Сюньи Т. К., Усманов К. Х., Фейнберг Э. С. Регенерированный дорожный асфальтобетон. М. : Транспорт, 1984. 118 с.
9. Романов С. И. Физико-химические основы технологии нефтяного битума и асфальтобетона : учеб. пособие. Волгоград, 1998. 86 с.

© Лескин А. И., Гофман Д. И., Алексиков С. В., Аль-Карагули М. М., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Органическая композиция для восстановления свойств вяжущего в асфальтогрануляте / А. И. Лескин, Д. И. Гофман, С. В. Алексиков, М. М. Аль-Карагули // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 33—39.

Об авторах:

Лескин Андрей Иванович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, leskien@inbox.ru

Гофман Дмитрий Иванович — старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, dima.0103@mail.ru

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

Аль-Карагули Мустафа Мохаммед — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, al34rus@mail.ru

Andrei I. Leskin, Dmitrii I. Gofman, Sergei V. Aleksikov, Mustafa Mohammad Al-Karaghoul

Volgograd State Technical University

**ORGANIC COMPOSITION TO RESTORE THE PROPERTIES OF THE BINDER
IN ASPHALTGRANULATE**

The optimal composition of the organic composition to restore the properties of the binder extracted from the asphalt granulate was selected, its optimal amount contributing to the restoration of the dispersion of the system was determined by changing the ratio of the volume of the dispersed phase and the dispersion medium. A comparative analysis of the chemical composition of the binder before and after the introduction of the developed plasticizer. The basic physical and mechanical properties of the reduced binder and its resistance to thermo-oxidative aging are determined.

Key words: binder, aging, plasticizer, asphaltgranulate.

For citation:

Leskin A. I., Gofman D. I., Aleksikov S. V., Al-Karaghoul M. M. [Organic composition to restore the properties of the binder in asphaltgranulate]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 33—39.

About authors:

Andrei I. Leskin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, leskien@inbox.ru

Dmitrii I. Gofman — Senior Lecturer of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, dima.0103@mail.ru

Sergei V. Aleksikov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AL34rus@mail.ru

Mustafa Mohammad Al-Karaghoul — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, al34rus@mail.ru

УДК 541.13

В. Т. Фомичев, Г. П. Губаревич, А. В. Савченко

Волгоградский государственный технический университет

ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ХРОМОВЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Изучено влияние хромовых покрытий, получаемых из электролитов хромирования с органико-неорганическими добавками, на износостойкость и коррозионное поведение стальных строительных элементов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: коррозия, износостойкость, ток пассивации, электрокристаллизация, электролит хромирования.

Современные общественные и жилые здания декорируются разнообразными металлическими элементами, выполняющими как эстетические, так и функциональные характеристики, а также требования к возводимым строительным сооружениям. Вместе с этим в реставрируемых исторических зданиях заменяемые металлические элементы необходимо защищать от различных видов коррозии и механического износа¹.

Одним из эффективных способов комплексной защиты поверхности металлических изделий является покрытие электрохимическим хромом, обеспечивающим как эстетические (блеск, цвет), так и функциональные (стойкость к износу, высокую коррозионную стойкость по отношению к химическому воздействию) свойства [1—3].

Физико-механические характеристики (сопротивление износу, пластичность, микротвердость), защитные свойства и коррозионное поведение электрохимических покрытий определяется морфологией кристалла осадка. Исключительная износостойкость слоев хрома обусловлена своеобразными силами поверхностного сцепления [4, 5].

В работе были проанализированы покрытия хрома, полученные из базового саморегулирующего электролита хромирования и электролитов с органико-неорганической добавкой [1], с целью применения в строительных изделиях и конструкциях. Полученные образцы испытывались на микротвердость, износ и коррозионную устойчивость. Толщина осадков хрома составляла 50 мкм. Полученные результаты показывают, что твердость осадков хрома из электролитов с добавками при температуре ванны 50 °С существенно превышает твердость покрытий, полученных из базового электролита (рис. 1). При возрастании плотности тока микротвердость в образцах увеличивается до некоторого предела, затем понижается. Экспериментальные данные позволяют сделать вывод о непосредственном влиянии использования комплексной добавки на процессы электрокристаллизации, которые определяют величину микротвердости, зависящей от ориентировки кристаллитов в хромовом слое, формирующегося в электрохимическом процессе.

¹ СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293801/4293801659.htm>

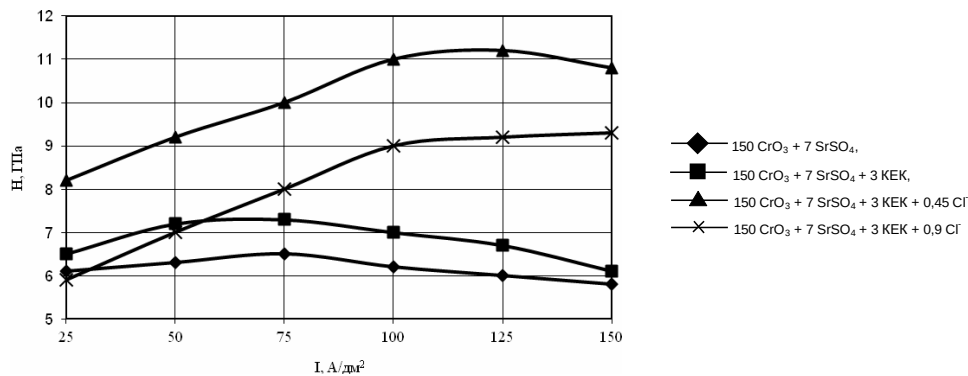


Рис. 1. Микротвердость осадков хрома (Н), полученных при температуре 50 °С, в зависимости от плотности тока (I) и состава электролита, г/л

При проведении испытаний на износостойкость были установлены определяющие факторы: температура электролита, плотность тока, наличие и природа добавки.

Максимальная износостойкость хрома из разбавленных электролитов соответствует зоне перехода осадков от блестящих к молочным. На рис. 2 представлена зависимость качества декоративных хромовых покрытий от плотности тока и химического состава электролита. Зависимость величины потери массы хрома при испытаниях на износ от плотности тока представлены на рис. 3. Из графика видно, что наибольшая величина износостойкости соответствует количеству добавки 0,9 г-ион/л хлоридов для хромовых покрытий, полученных из саморегулирующего электролита при температуре 50 °С и плотности тока от 25 до 75 А/дм². Предположительно, что такая высокая износостойкость полученных электролитических покрытий с комплексной органо-неорганической добавкой определяется образованием в них острой аксиональной текстуры с осью, перпендикулярной к поверхности покрытия. При увеличении плотности тока и температуры до 75 °С износостойкость понижается.

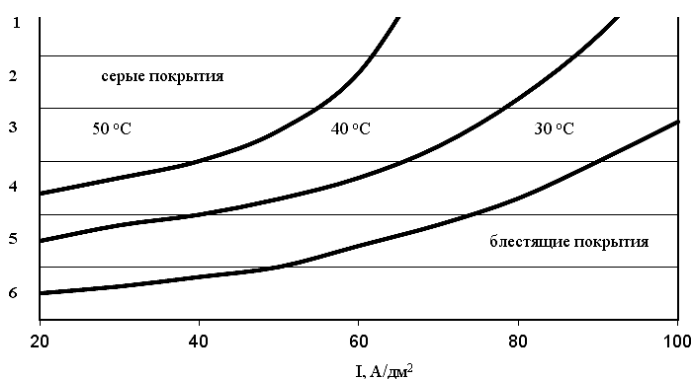


Рис. 2. Зависимость качества хромовых осадков от плотности тока, температуры и состава электролита, г/л: 1 — 150 CrO₃, 7 SrSO₄; 2 — 150 CrO₃, 7 SrSO₄, 3 KEK; 3 — 150 CrO₃, 7 SrSO₄, 7 KEK; 4 — 150 CrO₃, 7 SrSO₄, 3 KEK, 0,25 Cl⁻; 5 — 150 CrO₃, 7 SrSO₄, 3 KEK, 0,45 Cl⁻; 6 — 150 CrO₃, 7 SrSO₄, 3 KEK, 0,9 Cl⁻

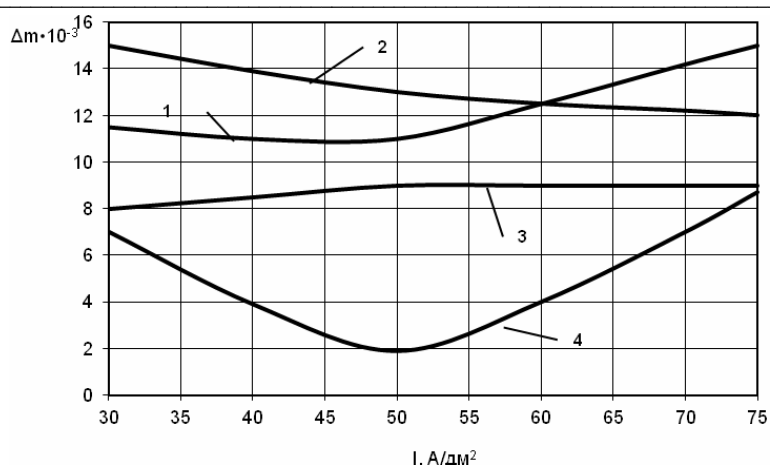


Рис. 3. Влияние состава электролита и плотности тока (I) на потери массы покрытия при износе (Δm , количество циклов истирания в тыс.). Состав электролитов, г/л: 1 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 ; 2 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , 3 КЕК; 3 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , 3 КЕК, 0.45 Cl^- ; 4 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , 3 КЕК, 0.9 Cl^-

Как было отмечено [6], введение в стандартный электролит хромирования органических добавок способствует получению осадков с высокой степенью измельчения кристаллической структуры, которая обеспечивает повышенную коррозионную стойкость покрытия. Исследования структуры хромовых покрытий были проведены на осадках хрома, полученных из малоконцентрированного электролита хромирования с добавками и без добавок. Морфология поверхности осадков, полученных из электролитов с органико-неорганическими добавками, характеризуется измельченной структурой кристаллов и отсутствием сетки трещин.

Результаты проведенных рентгенографических исследований структуры осадков хрома с использованием метода дифракции рентгеновских лучей при толщине осадков 20 мкм, полученных из электролитов разного состава, представлены на рис. 4.

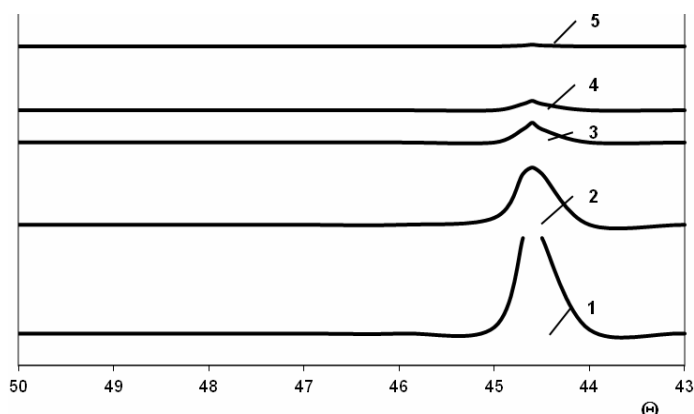


Рис. 4. Дефрактограммы осадков хрома из электролитов состава, г/л: 1 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , плотность тока 50 A/дм^2 ; 2 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , плотность тока 75 A/дм^2 ; 3 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , 3 КЕК, плотность тока 75 A/дм^2 ; 4 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , 3 КЕК, 0.45 Cl^- , плотность тока 75 A/дм^2 ; 5 — 150 CrO_3 , 7 SrSO_4 , 3 КЕК, 0.9 Cl^- , плотность тока 75 A/дм^2

Образцы осадков, полученных из контрольного саморегулирующегося электролита хромирования, имеют на рентгенограмме высокий пик, соответствующий кристаллическому хрому. С увеличением плотности тока высота пика снижается, пик расширяется, что свидетельствует о нарушениях, происходящих в кристаллической решетке. Введение органической добавки в саморегулирующийся электролит хромирования приводит, как видно из рентгенограммы (кривые 3—5), к еще более сильному уширению пика и его уменьшению по высоте. Это свидетельствует о том, что введение в электролит добавки изменяет поверхностную энергию и облегчает образование более мелких кристаллов. Таким образом, нарушается текстурная ориентация, и структура осадка из кристаллической переходит в рентгеноаморфную. При введении в такой электролит хлорид-ионов пик на рентгенограмме исчезает, что свидетельствует о том, что хром становится полностью аморфным. Можно предположить, что этот процесс сопровождается как диффузией, так и химическими реакциями хроморганических соединений, адсорбирующихся на поверхности катода в плотной части пленки. Они облегчают перенос электронов от катода к ионам хрома по мостиковому механизму [7], изменяя таким образом и энергию активации процесса электрокристаллизации.

Осадки хрома аморфного строения отличаются отсутствием границ кристаллов и изотропностью свойств [6]. Такие покрытия должны обладать высокой коррозионной стойкостью. Коррозионные испытания покрытий проводились из базового саморегулирующегося электролита и электролитов с добавками. Так как хром является катодным покрытием, то для изучения коррозионной стойкости снимались анодные поляризационные кривые хромовых осадков в 0,1 н. растворе серной кислоты. Были проанализированы осадки хрома, полученные при разных температурах и плотностях тока. Данные приведены в таблице, где видно, что ток пассивации при введении добавок в электролит уменьшается иногда в несколько раз, что свидетельствует о более высокой коррозионной стойкости.

Коррозионные испытания хромовых покрытий

Состав электролита, г/л	Температура t , °C	Плотность тока, А/дм ²	Ток пассивации, мА/дм ²
CrO ₃ — 150 SrSO ₄ — 7	25 25 50 50	20 50 20 50	0,22 3,5 1,0 6,0
CrO ₃ — 150 SrSO ₄ — 7 органика - 3	25 25 50 50	20 50 20 50	0,3 1,6 0,005 0,4
CrO ₃ — 150 SrSO ₄ — 7 органика — 3 г/л Cl ⁻ — 0,45 г/л	25 25 50 50	20 50 20 50	0,21 1,4 0,005 0,36

Выводы:

1. Разработан малоконцентрированный саморегулирующийся электролит хромирования с комплексной органо-неорганической добавкой, включающей в себя органическое соединение «КЕК» и хлорид-ионы, позволяющие увеличить износостойкость, коррозионную стойкость металлических покрытий, которые могут быть использованы в строительных изделиях и конструкциях.

2. Рентгеноструктурный анализ и микроструктурные исследования поверхности хромовых покрытий показали значительное уменьшение размеров кристаллов и переход хрома из кристаллического в аморфное состояние. Об аморфном строении свидетельствует исчезновение границ кристаллов, сглаживание рельефа микроструктуры и уменьшение пористости осадков.

3. Экспериментальные исследования подтвердили значительное повышение коррозионной стойкости полученных из электролитов с органической добавкой осадков, которое объясняется аморфной структурой хрома. Введение комплексной добавки в саморегулирующийся электролит хромирования позволяет воздействовать на процесс электрокристаллизации хрома, а через него и на механические и эксплуатационные характеристики защищаемых изделий. Предложенный электролит хромирования может быть рекомендован для получения декоративных покрытий на сантехническом оборудовании, мебельной фурнитуре, других элементах конструкций архитектурного и строительного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фомичев В. Т., Губаревич Г. П., Озеров А. М. Хромирование в саморегулирующемся электролите с органической добавкой // Прикладная электрохимия : межвуз. темат. сб. научных трудов. Казань, 1990. С. 30—33.
2. Hoare I. P. On the mechanisms of chromium // J. Elektrochem. Soc., 1979. Vol. 126. № 2. Pp. 190—199.
3. Электролит для декоративного хромирования / А. Г. Домаков и др. // Сб. науч. трудов РХТУ им. Д. И. Менделеева «Успехи в химии и химической технологии». М. : РХТУ, 2008. Т. 22. № 10(90). С. 61—62.
4. Гамбург Ю. Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М. : Янус-К, 1997. 384 с.
5. Ваграмян А. Т., Соловьева З. А. Методы исследования электроосаждения металлов. М. : АН СССР, 1960. 445 с.
6. Структура и физико-механические свойства осадков хрома, полученных из стандартного электролита с добавками органических веществ / В. Т. Фомичев // Защита металлов. 1978. Т. 14. Вып. 1. С. 54—56.
7. Заботин П. И., Цокало В. М., Тибекина А. А. Кинетика и механизм электродных процессов // Электрохимия. 1980. Т. 7. С. 123—127.

© Фомичев В. Т., Губаревич Г. П., Савченко А. В., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Фомичев В. Т., Губаревич Г. П., Савченко А. В. Защита металлических элементов строительных конструкций гальваническими хромовыми покрытиями // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 40—45.

Об авторах:

Фомичев Валерий Тарасович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры общей и неорганической химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, valerifomichev@yandex.ru

Губаревич Галина Павловна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ggubarevich@mail.ru

Савченко Алексей Владимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, savtchenko2@mail.ru

Valerii T. Fomichev, Galina P. Gubarevich, Aleksei V. Savchenko

Volgograd State Technical University

PROTECTION OF METAL ELEMENTS OF CONSTRUCTION STRUCTURES BY GALVANIC CHROME COATINGS

The effect of chromium coatings obtained from chromium-plating electrolytes with organic-inorganic additives on the wear resistance and corrosion behavior of steel building elements was studied.

Key words: corrosion, wear resistance, passivation current, electrocrystallization, chroming electrolyte.

For citation:

Fomichev V. T., Gubarevich G. P., Savchenko A. V. [Protection of metal elements of construction structures by galvanic chrome coatings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 40—45.

About authors:

Valerii T. Fomichev — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of General and Inorganic Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, valerifomichev@yandex.ru

Galina P. Gubarevich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of General and Inorganic Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ggubarevich@mail.ru

Aleksei V. Savchenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of General and Inorganic Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, savtchenko2@mail.ru

УДК 625.72

С. В. Алексиков, А. И. Болдин, А. И. Лескин, Д. И. Гофман

Волгоградский государственный технический университет

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПАРКОВОК

Приведена методика технико-экономического обоснования рациональной схемы прибордюрных автомобильных парковок на городской улично-дорожной сети.

К л ю ч е в ы е с л о в а: городская дорога, парковка автомобилей, скорость транспортного потока, себестоимость перевозок, продолжительность паркирования.

Дефицит перехватывающих парковок и внеуличных паркингов, высокие темпы автомобилизации населения (7...13 % в год) в крупных городах привело к тому, что неорганизованное паркирование легковых автомобилей на улично-дорожной сети (УДС) приняло массовый характер. Средняя плотность паркирования автомобилей, размещенных на УДС с нарушениями правил дорожного движения, в центральной части Волгограда составляет 130—150 машин на километр улицы, или 45 % от всех припаркованных авто. Несанкционированное паркирование автомобилей на первой полосе движения снижает скорость автомобилей. Средняя скорость движения уменьшается на 30 %, соответственно, на 1-й полосе — с 55 до 40 км/ч, на 2-й — с 65 до 45 км/ч, на 3-й — с 70 до 50 км/ч.

В условиях дефицита свободной территории вдоль городских дорог строительство прибордюрных парковок, особенно в центральной части городов, является рациональным решением. Для разработки методики обоснования рациональной схемы паркирования автомобилей исследованы: скоростной режим транспортных потоков в зоне парковок, безопасность дорожного движения, продолжительность въезда-выезда с парковки.

До 13,3 % ДТП происходит по причине несанкционированной парковки автомобилей на проезжей части дорог¹ [5]. Исследования [1—3] показывают, что при увеличении интенсивности движения в два раза (с 400 до 800 и с 600 до 1200 авт/ч на одну полосу движения) вероятность возникновения ДТП из-за перестроений легковых автомобилей и маневров заезда-выезда с парковки увеличивается в два-три раза.

Использование первой полосы для стоянки автомобилей, маневры транспортных средств (ТС) при въезде-выезде с парковки создают помехи для движения транспортного потока, снижают его скорость. Время въезда-выезда автомобилей с парковки ($t_{\text{вв}}$) зависит от угла паркирования автомобиля (α) и интенсивности движения транспорта по первой полосе.

При паркировании под углом до 90° (передним ходом автомобиля):

$$t_{\text{вв}} = 4,769 \ln(N) - 21,198 + \frac{0,054 N^{0,936}}{\alpha^{0,047}}. \quad (1)$$

¹ http://www.testauto.ru/page2_24_2339.html

При парковании под углом более 90° (задним ходом автомобиля):

$$t_{\text{вв}} = 13,08 \ln(N) - 51,667 + \frac{0,054N^{0,936}}{\alpha^{0,047}}. \quad (2)$$

На снижение скорости транспортного потока (V) влияют: ширина парковки в пределах проезжей части (b), длина парковки (L), интенсивность (N) и состав движения (s) по первой полосе, ее ширина (B) и задержки при въезде-выезде транспорта с парковочного места. Средняя скорость транспортного потока определялась методом «плавающего автомобиля», т. е. движущегося со скоростью, присущей основной массе транспортных средств в потоке на 13 участках УДС Волгограда. Транспортный поток характеризовался следующим средним составом: легковые автомобили — 71,3 %; маршрутные такси «Газель» — 14,9 %; грузовые автомобили до 2 тонн (типа ГАЗ-33021) — 6,5 %; грузовые от 2 до 5 тонн (типа ГАЗ-3307) — 1,6 %; грузовые от 5 до 8 тонн (типа ЗИЛ 431410) — 2,5 %; грузовые свыше 8 тонн (типа КАМАЗ-5410) — 0,6 %; автобусы — 2,6 %. Исследования показали, что при увеличении протяженности прибордюрной парковки с 20 до 175 м средняя скорость транспортного потока на первой полосе снижается на 6 % (рис. 1).

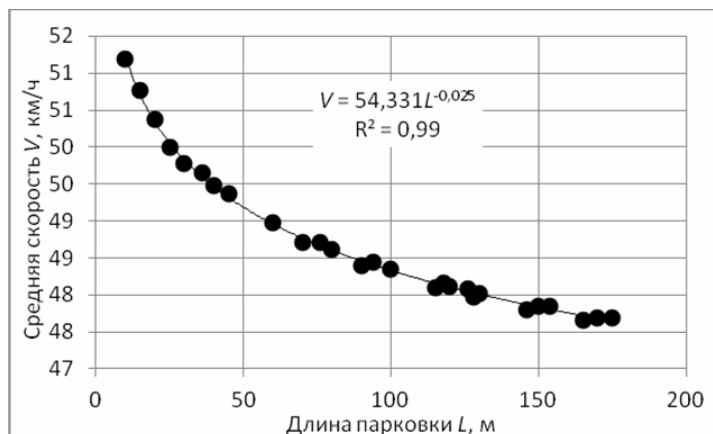


Рис. 1. Влияние протяженности парковки на скорость транспортного потока

Использование проезжей части дорог для парковки автомобилей снижает скорость автотранспорта в связи с необходимостью его перестроения на смежную полосу движения. Увеличение ширины парковки до 3,4 м приводит к снижению средней скорости транспортного потока с 52 до 48 км/ч (рис. 2).

Увеличение полосы движения в зоне парковки способствует повышению средней скорости автомобилей с 45 до 50 км/ч (рис. 3). Максимальная скорость наблюдается на участках с паркованием транспортных средств в специальных карманах за пределами проезжей части.

Комплексное влияние перечисленных выше факторов на среднюю скорость транспортного потока описывается уравнением множественной регрессии:

$$V = 29,21 \frac{N^{0,001} S^{0,088} B^{0,182}}{L^{0,025} b^{0,02}}, \text{ км/ч} \quad (3)$$

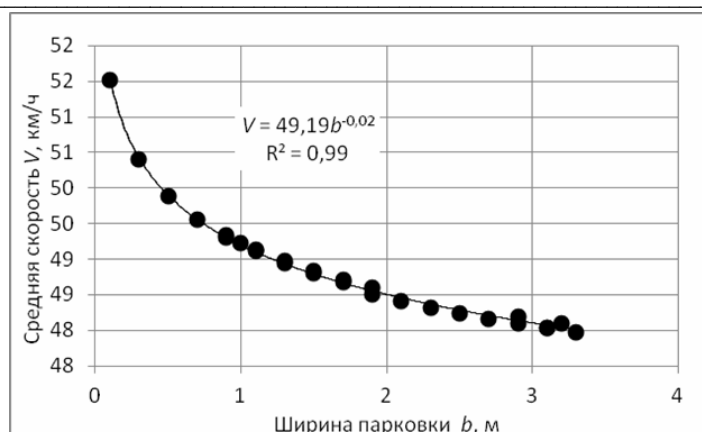


Рис. 2. Влияние ширины парковки на скорость транспортного потока

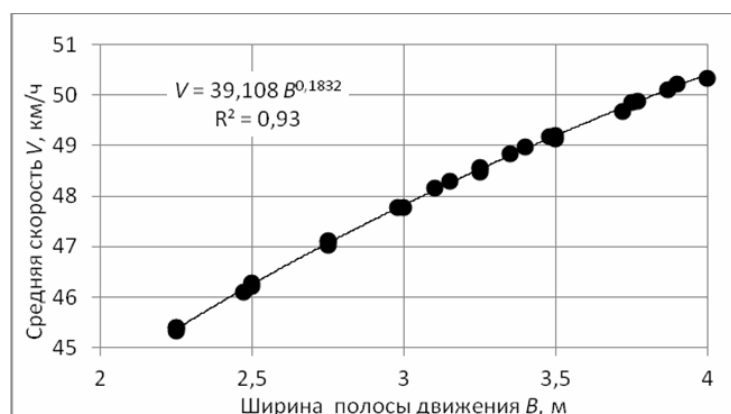


Рис. 3. Влияние ширины полосы движения в зоне парковки на скорость транспортного потока

Коэффициент множественной корреляции — 0,86, стандартное отклонение — 0,028.

Анализ (3) показывает, что на скорость транспортного потока наибольшее влияние оказывают: ширина первой полосы движения B , длина парковки L и ее ширина b . Интенсивность движения до 1400 авт/ч и состав потока в зоне парковки влияют на скорость незначительно. Вследствие этого при строительстве прибордюрных парковок не рекомендуется их проектировать чрезмерно длинными (более 50...60 м), с использованием проезжей части дорог.

Себестоимость транспортных перевозок в зоне парковки S определяется составом, интенсивностью движения и скоростью автомобилей (рис. 4):

$$S = \frac{113,66NL}{V^{0,643}}, \text{ руб/сут} \quad (4)$$

Технико-экономическое обоснование рациональной схемы прибордюрных автомобильных парковок на перегоне УДС рекомендуется выполнять при соблюдении ограничений (5) по условию минимизации дисконтированных затрат P (6):

$$\begin{cases} B_n \leq B_{nn} \\ M_n \geq M_{tr} \end{cases}; \quad (5)$$

$$P = K + \sum_{t=1}^T S(t) = FC_n + \sum_{t=1}^T \frac{113,66N(t)L}{V(t)^{0,643}} \xi \rightarrow \min, \quad (6)$$

где B_n — ширина парковки, зависит от угла парковки автомобиля, м (табл. 1); B_{nn} — ширина придорожной полосы, которую можно использовать для устройства парковки, м; M_n, M_{tr} — вместимость парковки и требуемое количество машино-мест; T — расчетный период, лет; ξ — коэффициент дисконтирования; $F = B_n L$ — площадь парковки, м²; C_n — удельные затраты в строительстве, руб/м².

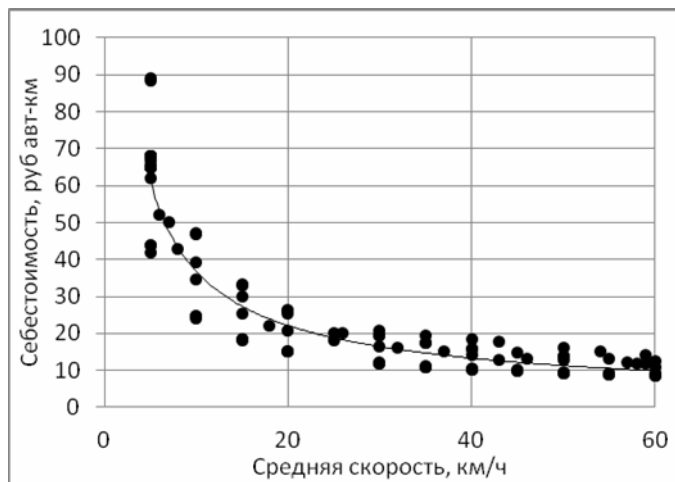


Рис. 4. Зависимость себестоимости перевозок от скорости транспортного потока

Расчетный период T определяется перспективой развития городской территории в зоне парковки, потребностью в реконструкции дороги с уширением проезжей части, строительством выделенной (обособленной) парковки на прилегающей к дороге свободной территории.

Т а б л и ц а 1

Ширина полосы парковки автомобиля, м [4]

Ширина	Угол парковки автомобилей относительно бордюра (°)				
	0	30	45	60	90
Средняя (матем. ожид.)	2,65	5,30	5,97	6,22	5,47
Максимальная, $P = 90\%$	2,96	5,68	6,38	6,62	5,77
Минимальная, $P = 90\%$	2,34	4,92	5,57	5,83	5,16

Ширина придорожной полосы, на которой возможно размещение парковки (B_{nn}), определяется шириной первой полосы проезжей части дороги ($B_{пл}$), свободной от движения пешеходов шириной тротуара (B_t) и шириной придорожной территории, свободной от застройки (B_3):

$$B_{\text{пп}} = B_{\text{пд}} + B_{\text{т}} + B_{\text{з}}.$$

Ширина тротуара $B_{\text{т}}$ зависит от его фактической ширины $B_{\text{т}}^{\Phi}$ и размеров пешеходного движения:

$$B_{\text{т}} = B_{\text{т}}^{\Phi} - b_{\text{р}},$$

где $b_{\text{р}}$ — нормативная ширина тротуара, определяется с учетом категории и назначения улицы и дороги в зависимости от максимальных размеров пешеходного движения, а также размещения в пределах тротуаров опор, мачт, деревьев и т. п. по формуле²:

$$b_{\text{р}} = \frac{N_{\text{п}} b_{\text{п}}}{P} + b_{\text{в}} + b_{\text{д}}, \quad (7)$$

где $N_{\text{п}}$ — интенсивность пешеходного движения, пеш/ч; P — расчетная пропускная способность полосы пешеходного движения, пеш/ч (табл. 2); $b_{\text{п}}$ — ширина полосы пешеходного движения (0,75 м); $b_{\text{в}}$ — полоса безопасности, составляющая 0,6 м в сторону проезжей части или велодорожки и 0,3 м в сторону застройки (наличие зеленых защитных насаждений не учитывается); $b_{\text{д}}$ — дополнительная полоса тротуара от 0,5 до 1,2 м при наличии в его пределах мачт освещения, опор контактной сети и т. п.

Таблица 2

Расчетная пропускная способность полосы пешеходного движения

Характеристика пешеходного пути	Пропускная способность одной полосы, пеш/ч
Тротуары, расположенные вдоль красной линии при наличии в прилегающих зданиях магазинов	700
Тротуары, отделенные от зданий с магазинами	800
Тротуары в пределах зеленых насаждений улиц и дорог	1000
Пешеходные дороги (прогулочные)	600

При расчете по (6) ширина тротуара должна быть не меньше минимального нормативного значения 0,5...4,5 м³.

Вместимость парковки $M_{\text{п}}$ определяется ее протяженностью (L) и удельной плотностью паркования (p) автомобилей (табл. 3).

$$M_{\text{п}} = \frac{L p}{100}, \quad (8)$$

Требуемое количество машино-мест ($M_{\text{тр}}$) определяется по нормативам СП 42.13330.2011⁴.

² Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений. М., 1994. 56 с.

Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения. М., 1977, 43 с.

³ Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения. М., 1977, 43 с.

⁴ СП 42.13330.2011. Градостроительство, планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. М., 2011. 114 с.

Т а б л и ц а 3

Удельная плотность парковки автомобилей (на 100 п. м.) [7]

Размеры	Удельная плотность парковки автомобилей в зависимости от угла установки ТС					
	0*	30	45	60	75	90
Минимальная	12,9	15,6	21,8	26,7	29,8	30,8
Максимальная	14,0	18,6	26,0	31,8	35,5	36,8
Средняя	13,4	17,0	23,7	29,1	32,4	33,6

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Использование первой полосы для стоянки автомобилей создает помехи для движения транспортного потока, приводит к снижению его скорости до 6 %. На снижение скорости влияют: ширина и протяженность парковки, интенсивность и состав движения, ширина парковки, помехи при въезде-выезде транспорта с парковочного места.

2. Установлена зависимость себестоимости транспортных перевозок в зоне парковки от состава потока, интенсивности движения и скорости автомобилей (4). Техно-экономическое обоснование рациональной схемы прибордюрных парковок рекомендуется выполнять при соблюдении ограничений (5) по условию минимизации дисконтированных затрат P (6).

3. Приведенная методика технико-экономического обоснования схемы парковок учитывает интенсивность движения транспорта, наличие свободной придорожной территории и тротуарного пространства, условия въезда-выезда с парковки, плотность парковки автомобилей и потребность в машино-местах на парковках. Она рекомендуется при проектировании парковок на городских улицах, при разработке градостроительных решений по развитию городских территорий, реконструкции и капитальном ремонте существующей улично-дорожной сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чванов В. В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом работы водителя. М.: Инфра-М, 2010. 416 с.
2. Попов В. Н. Уличные парковки и безопасность дорожного движения. Архитектура и строительство Москвы. № 5. 2005. URL: http://asm.rusk.ru/05/asm5/asm5_7.htm
3. Бадалян А. М. Оценка уровня безопасности движения на двухполосных автомобильных дорогах методом имитационного моделирования конфликтных ситуаций: дис... канд. техн. наук. М., 2003.
4. Еремин В. М., Бадалян А. М. Имитационное моделирование транспортных потоков и метод конфликтных ситуаций. Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог // Сб. научн. тр. МАДИ. М., 1995. С. 145—152.
5. Алексиков С. В., Болдин А. И. Проектирование прибордюрных парковок на городских дорогах // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. № 47(66). С. 172—180.
5. Zeeger C. V. Highways accident analysis systems. NCHRP (Practice 91) Transportation research Board. Washington, DC. 1982.

© Алексиков С. В., Болдин А. И., Лескин А. И., Гофман Д. И., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Технико-экономическое обоснование схемы автомобильных парковок / С. В. Алексиков, А. И. Болдин, А. И. Лескин, Д. И. Гофман // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 46—52.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

Болдин Александр Игоревич — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, skip-1313@mail.ru

Лескин Андрей Иванович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, leskien@inbox.ru

Гофман Дмитрий Иванович — старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, dima.0103@mail.ru

Sergei V. Aleksikov, Alexander I. Boldin, Andrei I. Leskin, Dmitrii I. Gofman

Volgograd State Technical University

A FEASIBILITY STUDY OF THE SCHEME CAR PARKS

The technique of a feasibility study of a rational scheme of instrument car parking on the city street and road network.

Key words: city road, car parking, speed of traffic flow, cost of transportation, duration of parking.

For citation:

Aleksikov S. V., Boldin A. I., Leskin A. I., Gofman D. I. [A feasibility study of the scheme car parks]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 46—52.

About authors:

Sergei V. Aleksikov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AL34rus@mail.ru

Aleksandr I. Boldin — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, skip-1313@mail.ru

Andrei I. Leskin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, leskien@inbox.ru

Dmitrii I. Gofman — Senior Lecturer of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, dima.0103@mail.ru

УДК 625.71.8

М. М. Девятков, А. С. Любченко, В. В. Семенова

Волгоградский государственный технический университет

ВЫЯВЛЕНИЕ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С НЕДОСТАТОЧНЫМ ВОДООТВОДОМ И ПОВЫШЕННЫМ РИСКОМ АКВАПЛАНИРОВАНИЯ

Разработан алгоритм для выявления участков автомобильных дорог с недостаточным водоотводом и оценки риска потери сцепления колес транспортных средств с покрытием (возникновение аквапланирования). Входными величинами для работы алгоритма являются показатели состояния, получаемые при мониторинге автомобильных дорог с использованием метода лазерного сканирования. В результате обработки данных с помощью алгоритма выявляются три группы участков дорог: нуждающиеся в срочных ремонтных мероприятиях; участки, не нуждающиеся в проведении ремонта; промежуточный вариант, когда необходим расчет риска возникновения аквапланирования при помощи зависимостей теории риска. Исходя из полученных значений риска назначается очередность выполнения работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог.

Ключевые слова: водоотвод, аквапланирование, лазерное сканирование дорог, риск аквапланирования, планирование ремонтов дорог.

Одной из важнейших задач, стоящей перед дорожниками, является обеспечение безопасности дорожного движения. Известно, что безопасность движения транспортных средств по дороге напрямую зависит от степени увлажнения покрытия. Необеспеченный водоотвод, заложенный на стадии проектирования, строительства либо сформировавшийся в процессе эксплуатации, не только снижает показатели безопасности, но и приводит к преждевременному разрушению дорожного полотна. При увеличении объема воды на покрытии, когда пленка жидкости перекрывает выступы шероховатости поверхности, может возникать такое явление, как аквапланирование. В этом случае вероятность возникновения ДТП и их тяжелых последствий возрастает.

Разработка методики выявления участков с необеспеченным водоотводом и оценки риска возникновения аквапланирования на основе данных обследований автомобильных дорог (методом лазерного сканирования) явилась целью научной стажировки А. С. Любченко в Федеральном дорожно-исследовательском институте (Bundesanstalt für Straßenwesen, Deutschland) по совместной программе Министерства образования и науки РФ и Германской службы академических обменов DAAD «Михаил Ломоносов». В результате стажировки был проанализирован большой опыт немецких коллег, накопленный в ходе их работы по теме оценки вероятности возникновения аквапланирования. Полученные ими выводы, разработанные методики были сопоставлены с результатами и методиками российских ученых, выявлены общие тенденции и различия, разработан алгоритм, учитывающий опыт немецких и российских ученых и применимый в условиях эксплуатации автомобильных дорог Российской Федерации.

Анализ технической литературы, результатов исследований как российских, так и немецких ученых показывает, что при наличии большого числа влияющих на степень увлажнения покрытий факторов (табл. 1) основными из

них, влияющими на возникновение явления аквапланирования, являются: скорость движения автомобиля, интенсивность дождя, геометрия поверхности дороги, шероховатость покрытия и сцепные качества протектора автомобиля (рис. 1).

Таблица 1

Факторы, оказывающие влияние на степень увлажнения покрытий дорог [1]

Факторы влияния		Фаза выпадения дождевых осадков	Фаза осушения (после дождевых осадков)
Погодные условия	Интенсивность дождя	●	
	Продолжительность дождя	●	
	Ветер	●	●
	Влажность воздуха	○	●
	Температура воздуха	○	●
	Солнечная радиация	○	●
	Облачность	○	●
Дорожные условия	Форма поверхности дороги	●	○
	Шероховатость	●	○
	Уклон поверхности	●	○
	Длина стока	●	
	Наличие и условия работы дренажных сооружений	●	●
	Отражающие способности поверхности		●
	Теплопроводность		●
Дорожное движение		●	●
		● — сильное влияние	
		○ — слабое влияние	



Рис. 1. Основные факторы, влияющие на возникновение аквапланирования

Влияние такого фактора, как сцепные качества покрышки — толщина и рисунок протектора, является объектом многочисленных исследований фирм-производителей автомобильных покрышек. В условиях же эксплуатации дорог невозможно каким-то образом оценить эти показатели для движущегося потока и повлиять на эти показатели.

Группа факторов оказывает непосредственное влияние на толщину слоя жидкости на поверхности (главный показатель при оценке риска возникновения покрытия): интенсивность дождя, длина стока, уклон поверхности, наличие неровностей на покрытии, шероховатость покрытия. При этом необходимо отметить, что при рассмотрении явления аквапланирования опасным является слой жидкости, находящийся над выступами шероховатости материала покрытия (h_i).

Скорость движения автомобиля как фактор влияния на риск возникновения аквапланирования поддается оценке и регулированию, что при расчете рисков и определении допустимых безопасных скоростей может стать одним из решений проблемы.

Таким образом, через оценку риска возникновения аквапланирования на основе расчета слоя жидкости на поверхности можно снизить риск аквапланирования посредством ограничения скорости движения на опасном участке либо проведением мероприятий, направленных на улучшение водоотвода.

Ключевому вопросу расчета слоя жидкости на покрытии посвящено достаточно большое число исследований, однако до конца этот вопрос (вследствие большого числа вариаций влияющих факторов) все же не проработан. При этом, несмотря на сложность расчета h_i , есть необходимость автоматизации этого процесса для выявления особо опасных участков на протяжении всей сети дорог.

Немецкими учеными разработаны две модели для оценки слоя воды на покрытии. Первая модель, разработанная профессором Ресселем [2], основана на экспериментальных данных, проведенных им для пяти типов покрытий. Полученные экспериментальные данные позволили получить значения коэффициентов в формуле для расчета толщины пленки жидкости (1):

$$d[mm] = c Q^{\alpha} s^{\beta}, \quad (1)$$

где c — коэффициент, зависящий от материала покрытия (значения для пяти вариантов покрытий, исследуемых профессором Ресселем, представлены в табл. 2); Q — уклон поверхности, %; s — приток воды; α , β — эмпирические коэффициенты.

Т а б л и ц а 2

Значения коэффициента c (1) для различных материалов поверхности дороги [2]

Материал покрытия	Бетон с джутовым армированием	Бетон	Литой асфальтобетон 0/8	Щеб.-мастичный асфальтобетон 0/11 (щеб. 2/5)	Щеб.-мастичный асфальтобетон 0/8 (щеб. 1/3)
Значение коэф. c	0,35	1,02	1,21	0,85	0,76

Также под руководством Ресселя была создана компьютерная программа Planus для моделирования h_i и оценки критических скоростей движения. Однако данная программа имеет недостаток: она не учитывает неровностей поверхности дороги. Кроме этого, модели, основанные только на экспериментальных данных, не всегда дают верный результат вследствие недоучета большого количества других возможных факторов влияния на конечный результат, поэтому под руководством профессора Ресселя была выполнена еще одна научная работа, защищена докторская диссертация [3], в которой помимо участия данных экспериментальных исследований были заложены теоретические зависимости из области гидравлики и гидродинамики. Результатом данной работы явилось компьютерное приложение, рассчитывающее слой жидкости на поверхности дороги с учетом неровностей покрытия. Данная программа является большим достижением в области анализа процессов стока воды с дорожного полотна, однако массовое ее применение затруднено. Одна из главных причин — необходимость ввода и «подгона» под сетку, заложенную в программе, данных лазерного сканирования дорог. При необходимости оценки толщины пленки воды на больших участках или сети дорог задача становится очень трудоемкой. Данная программа рассчитана на локальное применение (на отдельных перекрестках, отдельных проблемных участках) и не позволяет оценить риск аквапланирования либо рассчитать опасные скорости движения. Кроме этого, внедрение данной модели в России ограничено лицензионным соглашением.

Стала очевидна необходимость разработки собственной методики, позволяющей выявить проблемные с точки зрения водоотвода участки и оценить риски потери сцепления колес транспортных средств с покрытием вследствие недостаточного водоотвода, которая была бы применима на большом протяжении дорог России. Такая методика была разработана авторами и представлена в виде алгоритма (рис. 2), внедрение которого в качестве приложения к существующим автоматизированным базам дорожных данных позволит рационально с точки зрения обеспечения безопасности планировать ремонтные мероприятия либо вводить временные ограничения скорости движения на опасных участках.

На основании данных мониторинга автомобильных дорог методом лазерного сканирования вначале выявляются участки дорог с недостаточными уклонами (условие 1). При этом уклон поверхности вычисляется по двум имеющимся в АБДД уклонам — продольному и поперечному (2):

$$i' = \sqrt{i_{\text{пр}}^2 + i_{\text{п}}^2}, \quad (2)$$

где $i_{\text{пр}}$ и $i_{\text{п}}$ — соответственно продольный и поперечный уклон (из АБДД) для каждого участка.

Эти участки подлежат первоочередному ремонту, т. к. застой воды на них приведет к преждевременному разрушению дорожного полотна, снижению безопасности, невозможности обеспечения требуемой скорости движения.

Расчетные значения толщины пленки воды на таких участках обычно очень велики. Некоторые зависимости, например (3), неприменимы при нулевом уклоне, некоторые — показывают значение h_i , стремящееся к бесконечности.

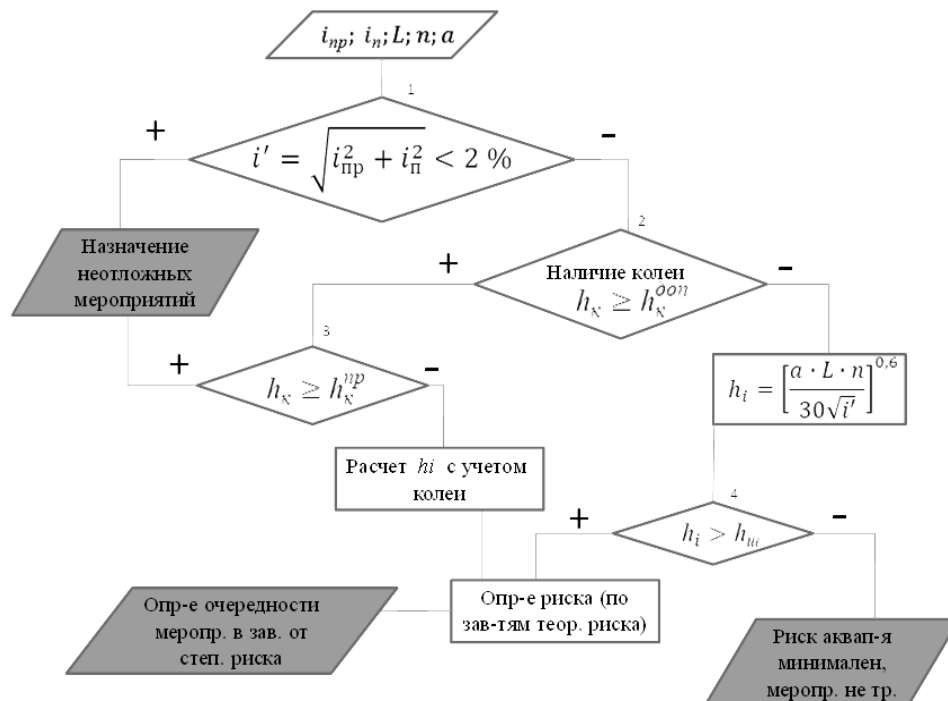


Рис. 2. Алгоритм для определения необходимости мероприятий из соображений минимизации риска аквапланирования

Анализ литературы [1—3] показывает, что к данному случаю следует отнести все вариации сочетания продольного и поперечного уклонов, при подстановке которых в (2) получаем значение менее 20 %.

Если условие 1 не выполнено, проверяется выполнение условия 2 (рис. 3) на наличие колеи. Согласно ОДН 218.0.006—2002¹ обозначим глубину просадок по полосам наката, при которой можно говорить о существовании колеи — они соответствуют допустимым нормативным значениям в табл. 3, именно эти значения принимаются при проверке второго условия. При одновременном выполнении второго и третьего условий, т. е. при превышении предельно допустимых значений согласно ОДН² (условие 3) эти участки относятся к опасным для движения и требуют незамедлительного проведения работ по устранению колеи.

На участках, где предельно допустимое значение глубины просадок по полосам наката не превышено (т. е. считаем, что колея на таких участках отсутствует, условие 2 не выполнено), определяется толщина слоя жидкости на поверхности по зависимости, предложенной Т. В. Осиповой [4]:

$$h_i = \left[\frac{aLn}{30\sqrt{i'}} \right]^{0,6}, \quad (3)$$

¹ ОДН 218.0.006—2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. Росавтодор, 2002.

² Там же.

где a — интенсивность дождя, мм/мин; L — длина стока, м; n — коэффициент шероховатости поверхности; i — уклон поверхности дороги.

Результаты, полученные с помощью зависимости (3), сопоставимы с результатами натурных испытаний при соответствующих условиях, проводимых немецким исследователем Нестманном [5].

Полученные значения необходимо сравнить с высотой выступов шероховатости поверхности (разброс значений дан в табл. 4 [2]) (условие 4).

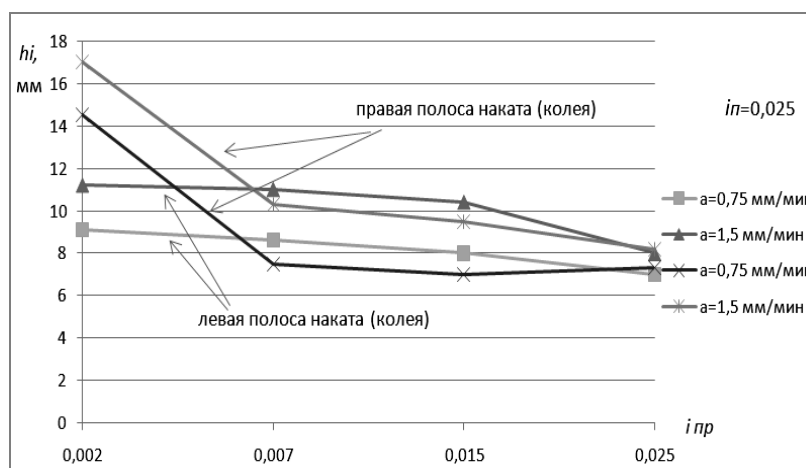


Рис. 3. График зависимости глубины слоя жидкости на поверхности дороги при наличии колеи в зависимости от продольного и поперечного уклонов и интенсивности дождя по [5]

Таблица 3

Допустимая и предельно допустимая глубина колеи
в зависимости от расчетной скорости движения [5]

Расчетная скорость движения, км/ч	Глубина колеи, мм	
	допустимая	предельно допустимая
> 120	4	20
120	7	20
100	12	20
80	25	30
60	30	35

Таблица 4

Значения высот выступов шероховатостей для различных типов покрытий

Тип покрытия	Высота выступов шероховатости покрытия, мм
Песчаный асфальтобетон	0,34...0,45
Мелкозернистый асфальтобетон	0,56...1,01
Крупнозернистый асфальтобетон	0,56...1,71
Покрытие с поверхностной обработкой	0,68...2,85
Цементобетон	0,78...1,04
Мощеные покрытия	0,06...0,46

При меньших значениях h_i участок считается неопасным с точки зрения аквапланирования и не включается в план мероприятий, а в случае ее превышения над высотой выступов шероховатости, т. е. когда пленка воды образуется над выступами материала покрытия, возникает опасность аквапланирования, тогда необходима оценка риска его возникновения (с помощью зависимостей теории риска) [4]. В свою очередь, при назначении допустимых значений риска возможно определение скорости, соответствующей такому риску, а значит и установление ограничений скорости на опасных участках с планированием дальнейших ремонтных мероприятий. Очередность мероприятий устанавливается в соответствии с получаемыми значениями риска.

Если при проверке условия 2 глубина существующей колеи больше допустимых значений, но меньше предельных значений (условие 3), расчет толщины пленки воды должен вестись с учетом этого обстоятельства. Например, с помощью зависимостей, представленных в работе немецких ученых [5] и полученных экспериментальным путем. Один из графиков для определения h_i в зависимости от продольного и поперечного уклонов [5] показан на рис. 3 для двух вариантов значений интенсивности осадков и отдельно по правой и левой полосе наката.

После определения h_i определяется степень риска, как описано выше, и, соответственно, устанавливается очередность мероприятий.

Таким образом, разработанный алгоритм выявления участков дорог с недостаточным водоотводом и оценки риска возникновения аквапланирования позволяет рационально подходить к планированию ремонтных мероприятий исходя из главного требования к автомобильным дорогам — обеспечения комфортного и безопасного движения, а также обеспечения сохранности дорог. Алгоритм разработан с учетом опыта ученых в Германии и России, чьи работы посвящены исследованию вопросов дорожного водоотвода и возникновения аквапланирования [2—7, 9—14], с возможностью применения его в российских условиях в качестве приложения к автоматизированным базам дорожных данных, получаемых при обследовании дорог методом лазерного сканирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Euler G., Schroeder R. C. M., Lang J. Ermittlung der zeitlichen Feuchte- und Naeseverteilung auf Fahrbahnen : Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. № 567 / herausgegeben vom Bundesminister fuer Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg.
2. Ressel W., Hermann S. Aquaplaning und Verkehrssicherheit in Verwindungsbereichen dreistreifiger Richtungsfahrbahnen — Berechnung der Wasserfilmdicke : Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. № 997 / Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Bonn, 2008.
3. Wolff A. Simulation of pavement surface runoff using the depth-averaged shallow water equations : Dissertation. Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen. № 45. Stuttgart, 2013.
4. Осипова Т. В. Проектирование автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения автомобилей на участках возможного глиссирования : дис... канд. техн. наук. Саратов, 2005. 159 с.
5. Nestmann F., Krohmer R., Bernhart H. Wasserfilmdicken in Abhängigkeit von Neigungen, Unebenheiten und Regenintensivitäten : Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. № 728 / Bundesminister für Verkehr. Bonn, 1996.
6. Ressel W., Wolff A., Alber S., Rucker I. Modellierung und Simulation des Wasserabflusses von Fahrbahnoberflächen // Straße und Autobahn. 2016. № 7. Pp. 525—532.

7. Zior F. Regenwasserabfluss auf Fahrbahnoberflächen : experimentelle u. theoretische Untersuchungen. № 38 // Technische Berichte über Ingenieurhydrologie und Hydraulik. Darmstadt : IHH, Institut für Wasserbau, Technische Hochschule Darmstadt, 1987.
8. Пути улучшения качества автомобильных дорог // Сб. статей / Под редакцией М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, Т. В. Дормидонтовой. Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2015.
9. Horne W. B., Yager T. J., Ivey D. L. Recent Studies to Investigate Effects of Tire Footprint Ratio on Dynamic Hydroplaning Speed // The Tire Pavement Interface. West Conshohocken, 1986. Pp. 26—46.
10. Ong G. P. Hydroplaning and skid resistance analysis using numerical modeling, Ph.D. : Dissertation. National University of Singapore, 2006.
11. Изюмов Ю. А., Горшенина Е. Ю. Обзор методов исследования аквапланирования // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. 2018. Т. 1. № 1(43). С. 51—59.
12. Аникин Ю. М. Риск возникновения потери управляемости автомобиля в результате аквапланирования на дорогах, подверженных колееобразованию // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство : сб. статей / Под ред. М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, В. П. Попова. Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. С. 177—183.
13. Определение скорости возможного аквапланирования / В. А. Ковалев и др. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 5(88). С. 115—119.
14. Бурлуцкая А. Г., Шевцова А. Г. Аквапланирование автомобиля // Организация и безопасность дорожного движения : материалы IX Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвященной памяти профессора, доктора технических наук Л. Г. Резника. Тюмень, 2016. С. 85—87.

© Девятков М. М., Любченко А. С., Семенова В. В., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Девятков М. М., Любченко А. С., Семенова В. В. Выявление участков автомобильных дорог с недостаточным водоотводом и повышенным риском аквапланирования // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 53—61.

Об авторах:

Девятков Михаил Михайлович — канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, devyatov.50@mail.ru

Любченко Анна Степановна — канд. техн. наук, доцент кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, lubchenko_ann@mail.ru

Семенова Валерия Вадимовна — магистрант кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, alan94@list.ru

M. M. Devyatov, A. S. Lyubchenko, V. V. Semenova

Volgograd State Technical University

THE IDENTIFICATION OF ROAD SECTIONS WITH INSUFFICIENT DRAINAGE AND INCREASED RISK OF AQUAPLANING

The article presents the algorithm developed by the authors to identify sections of roads with insufficient drainage and assess the risk of loss of traction of coated vehicles (occurrence of aquaplaning). Input quantities for the algorithm are indicators of the condition of the roads, resulting from the

monitoring of roads using the method of laser scanning. As a result of processing data with an algorithm that identifies stretches of road, which required urgent repair activities, areas not in need of repairs, and the middle option when you need to calculate the risk of aquaplaning by using the dependency theory of risk. Depending on the received values of risk, the order of performance of works on repair and maintenance of highways is appointed.

Key words: drainage, aquaplaning, laser scanning of roads, risk of aquaplaning, planning of road repairs.

For citation:

Devyatov M. M., Lyubchenko A. S., Semenova V. V. [The identification of road sections with insufficient drainage and increased risk of aquaplaning]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 53—61.

About authors:

Mikhail M. Devyatov — Candidate of Engineering Sciences, Professor, the Head of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, devyatov.50@mail.ru

Anna S. Lyubchenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, lyubchenko_ann@mail.ru

Valeriya V. Semenova — Master's Degree student of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, alan94@list.ru

УДК 625.72

Д. А. Скоробогатченко, П. Ю. Степанова

Волгоградский государственный технический университет

**МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ
ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ Г. ВОЛГОГРАДА
С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ И СЕЗОННОСТИ**

Предлагается методика почасового прогнозирования средней скорости движения транспортных потоков в городских условиях. В основе методики лежит многофакторная оценка интенсивности движения транспортных средств с учетом сезонности. Далее на основе оценки плотности движения строятся зависимости для основного уравнения транспортного потока. В качестве математического инструмента предлагается корреляционно-регрессионный анализ и нейронные сети. Представлен практический пример почасового прогнозирования средней скорости движения на одной из магистралей г. Волгограда.

К л ю ч е в ы е с л о в а: прогнозирование, средняя скорость, транспортный поток, корреляционно-регрессионный анализ.

Успешному социально-экономическому развитию современного общества в значительной степени способствует эффективность использования автотранспортных систем, которые оказывают серьезное влияние на удобство использования автотранспортных средств (АТС), жизнь и здоровье людей, а также на развитие экономики регионов [2].

Одним из важнейших показателей эффективности использования автотранспортной системы является скорость движения АТС [13]. Располагая данными о средней скорости движения транспортных потоков, можно рассчитывать маршруты движения общественного транспорта, прогнозировать тяжесть ДТП или разрабатывать навигационные системы маршрутизации в условиях городских заторов [9]. В стесненных городских условиях именно научно-обоснованные управленческие решения относительно скоростного режима позволяют устранить негативные последствия роста автомобилизации [4]. По данным [12], реализация интеллектуальных систем управления скоростным режимом АТС требует в 3-4 раза меньше вложений, чем работы по расширению и реконструкции. Таким образом, очевидно, что в настоящее время значительную актуальность представляют собой вопросы, связанные с прогнозированием и управлением скоростным режимом движения АТС.

Известно, что скорость движения АТС определяется эксплуатационным состоянием автомобильных дорог, которое изменяется в процессе функционирования дорожных объектов в результате воздействия транспортных средств, метеорологических условий и уровня содержания [10]. Следовательно, сезонные погодные колебания и изменения в работе дорожно-эксплуатационных служб могут оказывать значительное влияние на показатели средней скорости потока АТС [17, 18].

Целью данного исследования является разработка методики прогнозирования средней скорости транспортного потока городской улично-дорожной сети с учетом фактора времени и сезонности

В отечественной дорожной науке¹ скорость движения АТС оценивается эксплуатационным коэффициентом обеспеченности расчетной скорости, представляющим собой отношение фактической максимальной скорости движения на каждом участке эксплуатируемой дороги к расчетной скорости, принятой в соответствии со СНиП 2.05.02—85². На величину фактически обеспечиваемой скорости оказывают влияние транспортно-эксплуатационные показатели автомобильных дорог. Важно отметить, что в неблагоприятных погодных-климатических условиях допускается снижение обеспечиваемой максимальной скорости по отношению к расчетной³. При этом данный коэффициент, преследуя цели планирования работ, ограничен в своей прогностической функции.

По данным [1], на величину скорости движения АТС влияют такие факторы, как водитель, тип транспортного средства и его состояние, дорога, транспортный поток и окружающая среда. Водитель, выбирая скорость, подвержен влиянию факторов, связанных с состоянием дороги, ее кривизной, числом полос движения, типом дорожного покрытия, расстоянием видимости и частотой перекрестков.

Важно отметить, что скорость движения по улицам города значительно зависит от повторяющихся «пиков» интенсивности движения, методов и средств регулирования уличного движения, ситуаций на перекрестках, а также других физических и физиологических помех движению, свойственных городской среде.

Известно, что в теории транспортных потоков между интенсивностью, плотностью и скоростью транспортного потока существует следующая зависимость [8]:

$$N = vq, \quad (1)$$

где N — средняя интенсивность движения, авт/ч; v — средняя пространственная скорость, км/ч; q — средняя плотность, авт/км. Данное соотношение можно представить в графическом виде (см. рис. 1).

Здесь N_m — максимальная интенсивность движения; v_f — скорость движения в свободных условиях (уровень обслуживания А); v_m — скорость, при которой интенсивность движения максимальна; q_j — плотность затора или плотность, при которой движение уже невозможно; q_m — плотность, при которой интенсивность движения максимальна. Зависимость «интенсивность — плотность» представляет собой основную диаграмму состояния транспортного потока. С ростом плотности транспортного потока интенсивность увеличивается до тех пор, пока не станет равной пропускной способности дороги. Точка C соответствует пропускной способности дороги или максимальной интенсивности q_m . Начиная с этой точки, интенсивность уменьшается по мере

¹ ОДН 218.0.006—2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. М. : Росавтодор, 2002. С. 137.

² СНиП 2.05.02-85. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги: Министерство регионального развития Российской Федерации. М. : ЗАО «СоюздорНИИ». 2013. 131 с.

³ ВСН24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог; утв. 29.07.1988. М. : Транспорт. № 1989. 237 с.

роста плотности. Этот процесс продолжается до тех пор, пока плотность не станет равной плотности затора q_j , а интенсивность не обратится в ноль. Точка B является характерной для условий движения АТС без заторов. Точка D является типичной точкой, соответствующей движению в условиях затора. Интенсивность также может интерпретироваться на диаграмме «скорость — плотность» как площадь заштрихованного прямоугольника.

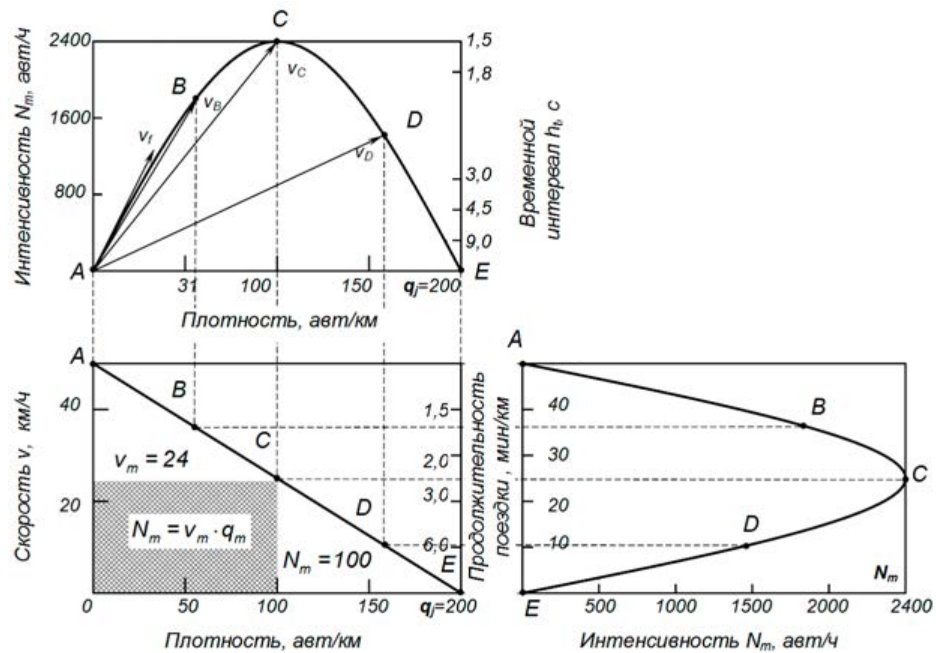


Рис. 1. Связь между скоростью движения потоков АТС, его интенсивностью и плотностью

Установление связи между различными парами основных характеристик транспортного потока привело к формированию двух основных подходов к моделированию движения АТС (рис. 2).

Макроскопический подход рассматривает поток АТС как слабосжимаемую жидкость [15]. Это можно считать справедливым для больших расстояний, намного превышающих размеры самих транспортных средств, и достаточно больших плотностей (так называемое «ограниченное» движение), когда все водители вынуждены подчиняться одним и тем же правилам, ограничениям и, следовательно, вырабатывают одни и те же или похожие стратегии [3]. Сравнение потока автомобилей с потоком сжимаемой жидкости с учетом ударной волны берет начало с работы [19]. В макроскопическом подходе транспортный поток описывается нелинейной системой гиперболических уравнений (для плотности и скорости потока) с диффузией [20]. Значительное обобщение макроскопических гидродинамических моделей, описывающих движение АТС, представлено в работе [11].

Микроскопический подход рассматривает каждый автомобиль как отдельную частицу со своей скоростью и конечной целью. Движение автомобилей представляет собой взаимодействие между отдельными частицами по

определенным законам, обеспечивающим безопасность автомобилей, возможность разгона, торможения и др. Этот подход наиболее эффективен при моделировании движения на небольших расстояниях, сравнимых с размерами автомобилей, таких, например, как движение на перекрестках. С развитием возможностей компьютерной техники микромоделли были значительно расширены вплоть до рассмотрения движения каждого водителя в потоке [6].

Моделированию и прогнозированию скорости движения посвящено достаточно много работ как в отечественной дорожной науке, так и за рубежом. В частности, разработанная модель [5] позволяет отражать распределение скоростей потоков на транспортном графе. В работе [1] на основе многофакторного регрессионного анализа были выведены модели, позволяющие прогнозировать среднюю мгновенную скорость АТС на многополосных автомобильных дорогах. В исследовании [16] на основе многофакторного корреляционно-регрессионного анализа установлена связь между технической скоростью и интенсивностью транспортного потока, отражаемая степенной функцией.

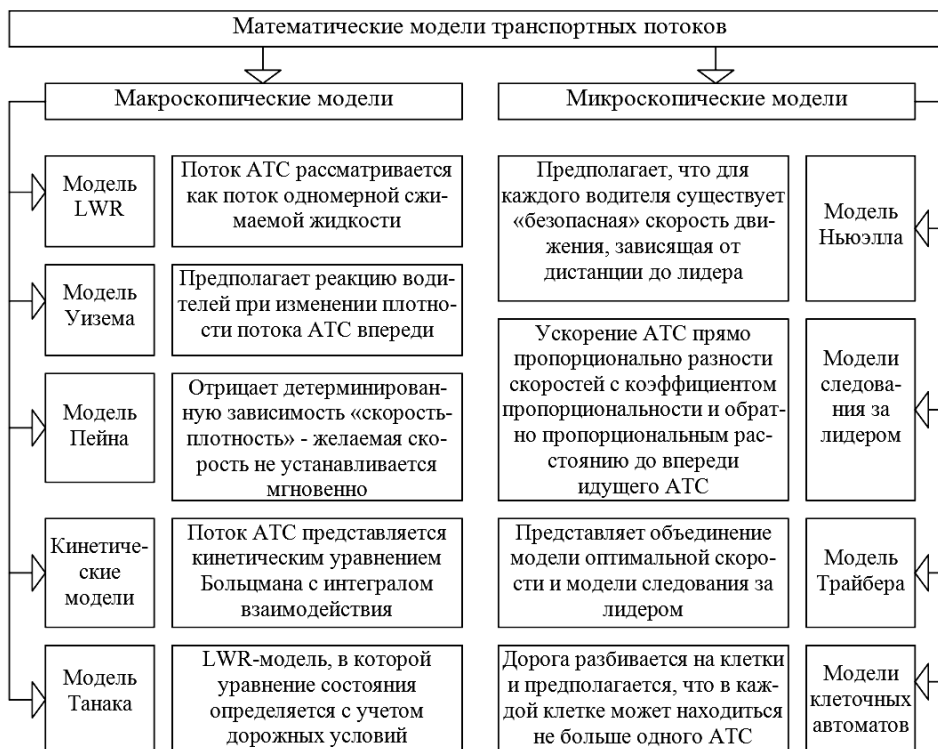


Рис. 2. Классификация основных математических моделей, описывающих транспортные потоки

Особенностью всех рассмотренных моделей является то, что они, как правило, упускают из виду прогнозирование средней скорости потока АТС по часам дня и дням недели, акцентируясь в основном или на связях с плотностью и интенсивностью, или осуществляют многофакторную оценку скорости. Учет погодных-климатических факторов присутствует только при оценке коэффициента обеспеченности расчетной скорости.

Экспериментальная часть и моделирование

Методика прогнозирования средней скорости транспортного потока основана на модели определения часовой интенсивности движения и осуществляется в четыре этапа (см. рис. 3).

На первом этапе функционирования методики прогнозирования средней скорости движения авторами предложена модель прогнозирования часовой интенсивности на основе искусственных нейронных сетей [14].

В качестве факторов, снижающих пропускную способность в зимнее время, учитывалось состояние покрытия, интенсивность работы дорожных служб и уменьшение ширины крайних полос.

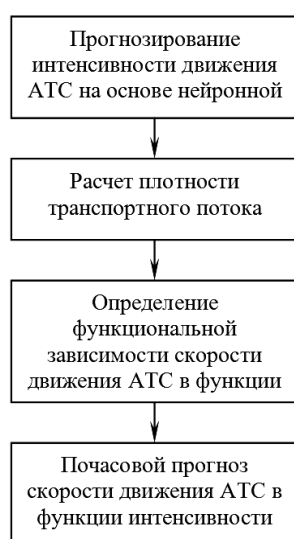


Рис. 3. Последовательность функционирования методики прогнозирования средней скорости АТС

Для моделирования в среде Deductor Studio была реализована нейронная сеть, структура которой экспериментально модифицировалась в зависимости от количества входных сигналов и числа наблюдений. Скорость обучения принималась равной 0,01, ошибка по выборке устанавливалась на уровне 0,1. Условия окончания обучения оставлены стандартными. Практическим путем была подобрана искусственная нейронная сеть с пятью входами, двумя скрытыми слоями, содержащими шесть и двенадцать нейронов соответственно. Выходной слой представлен одним нейроном, на выходе которого будет значение прогнозируемой интенсивности движения. Общий вид используемой в работе нейронной сети представим на рис. 4.

Входные нейроны принимают значения переменных вектора входного воздействия $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, где n — число компонентов вектора, равное числу входных параметров характеризующих среднегодовую часовую интенсивность движения (время суток, период года, уровень автомобилизации и т. п.). Соответственно, ему же будет равно число входных нейронов, образующих вход нейронной сети.

Сеть представлена только одним выходным нейроном Y , который будет принимать различные конечные значения в зависимости от значения интенсивности. Выходной нейрон служит для вывода результатов обработки нейронной сетью входного вектора.

Для учета смещения в нейронную сеть добавляются единичные входы, а все первые элементы векторов — активационных функций приравняются к единице.

Процедуры вычисления выходного значения Y сетью — стандартные, поэтому мы не приводим их в работе. В качестве алгоритма обучения нейронной сети выбран метод обратного распространения ошибки (back propagation), реализованный в Deductor Studio.

Результаты обследования в виде оценки плотности и интенсивности движения АТС представлены на рис. 5.

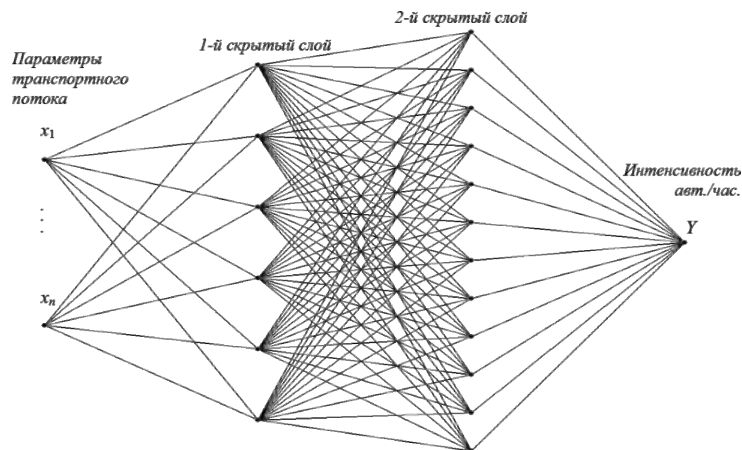


Рис. 4. Структура искусственной нейронной сети, применяемой для краткосрочного прогнозирования интенсивности движения

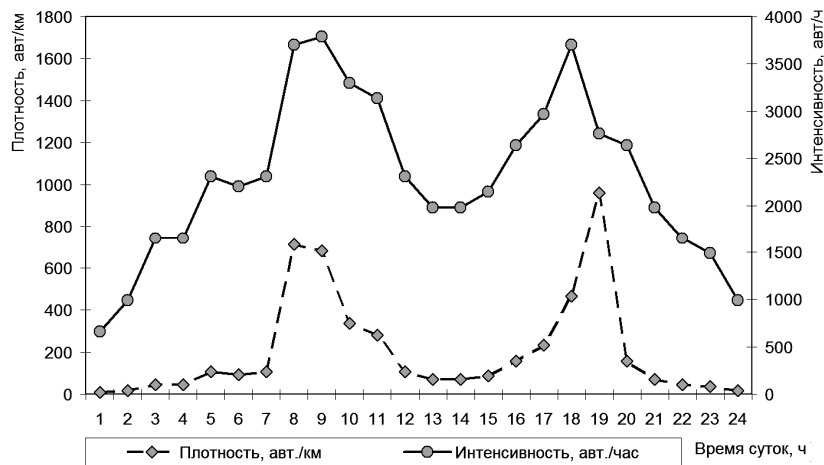


Рис. 5. Среднечасовая плотность и интенсивность движения АТС



Рис. 6. Основная диаграмма состояния транспортного потока

На втором этапе авторами были обработаны результаты прогнозирования интенсивности движения и определена плотность по известным зависимостям (см. рис. 1). После обработки данных по интенсивности и плотности движения АТС в целях проверки сходимости построена основная диаграмма состояния транспортного потока (см. рис. 6), которая согласуется с данными других исследователей, в частности [1].

На третьем этапе авторами была рассчитана зависимость средней скорости от интенсивности движения АТС (рис. 7). На основе корреляционно-регрессионного анализа по полученным данным получена функциональная зависимость средней скорости от интенсивности движения АТС:

$$v = 138,17 e^{-0,0008N}, \quad (1)$$

где v — средняя скорость АТС на участке, км/ч; N — прогнозируемая интенсивность движения, авт/час.

Следует отметить, что полученная зависимость согласуется с результатами работы [7], где также получены нелинейные зависимости средней скорости движения от плотности транспортного потока.

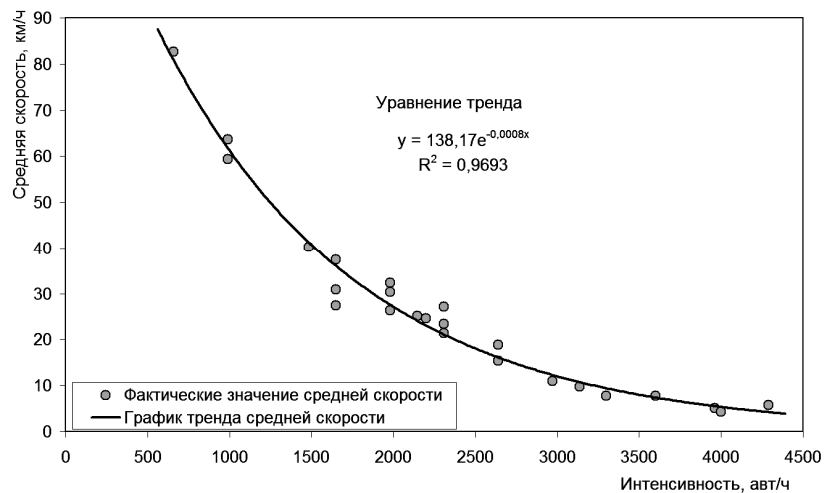


Рис. 7. Данные о зависимости средней скорости от интенсивности с графиком тренда и функциональной зависимостью

На заключительном этапе, используя модель прогноза интенсивности движения АТС и функциональную зависимость средней скорости от интенсивности движения АТС, авторами был получен почасовой прогноз средней скорости движения на рассматриваемом участке, который показал хорошую сходимость с фактическими данными, полученными на основе натуральных замеров на дороге (см. рис. 8).

Таким образом, располагая данными о структуре транспортного потока по конкретной магистрали улично-дорожной сети города, времени, а также сезоне года, на основе предлагаемой методики возможно получить данные почасового прогноза средней скорости движения АТС. Методика получения прогнозных данных относительно скорости АТС позволит целенаправленно подойти к разработке моделей анализа состояния объектов на улично-

дорожной сети и корректирования маршрутов участников движения с использованием информации об их текущем положении и обеспечить прогнозирование изменения дорожной обстановки в реальном масштабе времени.

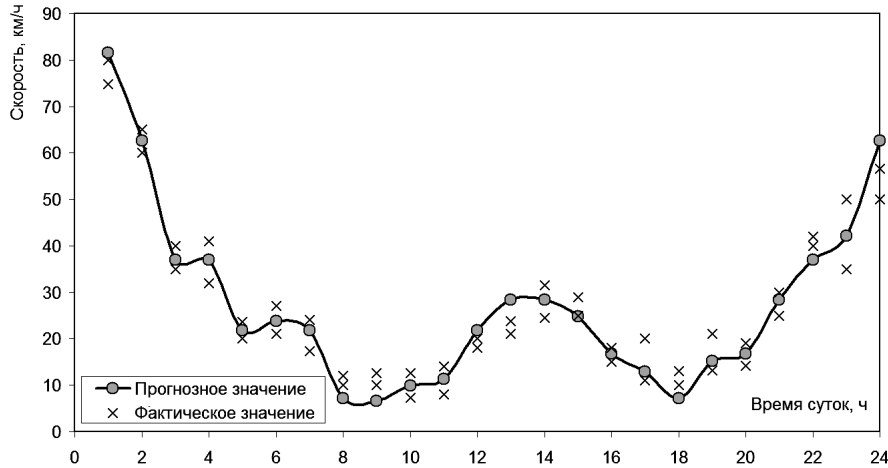


Рис. 8. Оценка результатов прогноза средней скорости движения АТС

На основе проведенных авторами научных исследований предложена методика прогнозирования средней скорости движения АТС с учетом фактора сезонности и времени. По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработана модель краткосрочного прогноза среднегодовой часовой интенсивности движения. В качестве инструмента реализации предлагается применение искусственных нейронных сетей в среде Deductor Studio.

2. С использованием корреляционно-регрессионного анализа получены квадратичная и степенная функции, позволяющие на основе данных по плотности движения, снимаемых с веб-камер в онлайн режиме, и оценки интенсивности по модели, основанной на нейронных сетях, осуществлять почасовой прогноз средней скорости движения на улично-дорожной сети города.

3. Предложена методика почасового прогноза скорости движения АТС с учетом ряда дополнительных факторов, к числу которых следует отнести сезонное воздействие погодноклиматических факторов, загруженность сети, протяженность участков, дни недели, время суток и время движения по участку маршрута, места массового скопления АТС, места перекрытия участков дорожного движения.

Практические расчеты с использованием разработанной методики на одной из магистральных улиц Волгограда показали высокую сходимость прогнозных значений с фактическими данными по средней скорости движения АТС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ. / В. У. Рэнкин и др. М. : Транспорт, 1981. 592 с.
2. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М. : Транспорт, 1993. 271 с.
3. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения / А. П. Буслаев и др.; под ред. чл.-корр. РАН В. М. Приходько. М. : Мир, 2003. 368 с.

4. *Васильев А. П., Дингес Э. В., Коганзон М. С.* Ремонт и содержание автомобильных дорог : справочная энциклопедия дорожника (СЭД). М. : Информавтодор, 2004. Т. 2. 507 с.
5. Математическое моделирование загрузки транспортной сети для определения целесообразности строительства новых видов транспортных систем / Д. О. Волков и др. // Производство по МФТИ. 2015. Вып. 7. № 3. С. 69—77.
6. *Еремин В. М., Федоров Н. В., Моргачев К. В.* Аспекты применения комбинирования моделей неопределенности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 56. С. 571—575.
7. *Зимина Л. А., Березовский А. Б.* Оценка пропускной способности участка улично-дорожной сети // Вестник НЦБЖД. 2016. № 1(27). С. 28—32.
8. *Климович А. Н., Шуть В. Н.* Системный анализ основных тенденций в развитии адаптивных методов управления транспортными потоками // Системный анализ и прикладная информатика. 2017. № 3. С. 28—32.
9. *Компанцев В. И., Алсеитов М. Т.* Математическое моделирование влияния скорости и интенсивности движения на количество дорожно-транспортных происшествий на автодороге Бишкек — Ош // Вестник КРСУ. 2012. Т. 12. № 10. С. 80—85.
10. Строительство автомобильных дорог и аэродромов : учеб. пособие / Ю. Г. Лазарев и др. СПб. : БАТТ, 2013. 528 с.
11. Численное исследование транспортных потоков на основе гидродинамических моделей / И. И. Морозов и др. // Комплексные исследования и моделирование. 2011. Т. 3. № 4. С. 389—412.
12. *Новик В. А., Бельский Е. И.* Эксплуатационные свойства автомобильных дорог. URL: http://alfabuild.spbstu.ru/index_2017_3/7_3.pdf
13. *Петров А. И.* Формирование эффективности автомобилей в суровых погодных-транспортных условиях // Автотранспортное предприятие. 2011. № 5. С. 41—44.
14. *Скоробогатченко Д. А., Степанова П. Ю.* Применение искусственных нейронных сетей при краткосрочном прогнозировании уровня загрузки городских автомобильных дорог // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. № 14(209). С. 24—30.
15. *Хейт Ф.* Математическая теория транспортных потоков. М. : МИР, 1966. 287 с.
16. *Чернова Г. А., Власова М. В.* Определение связи между изменением технической скорости и интенсивности транспортного потока подвижного состава // Известия Волгоградского государственного технического университета. Сер.: Наземные транспортные системы. 2010. № 10(70). С. 110—113.
17. *Chan K., Dillon T., Singh J.* Neural-network-based models for short-term traffic flow forecasting using a hybrid exponential smoothing and Levenberg — Marquardt algorithm // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2012. Vol. 13. № 2. Pp. 644—654.
18. *Dimitriou L., Tsekeris T., Stathopoulos A.* Adaptive hybrid fuzzy rule-based system approach for modeling and predicting urban traffic flow // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2008. Vol. 16. № 5. Pp. 554—573.
19. *Lighthill M. J., Whitham G. B.* On kinematic waves: II. Theory of traffic flow on long crowded roads // Proc. R. Soc. London, Ser. A. 1955. Vol. 229. Pp. 281—345.
20. *Payne H. J.* Models of freeway traffic and control / Simulation Council Proc. 28, Mathematical Models of Public Systems; edited by G. A. Bekey. 1971. Vol. 1. Pp. 51—61.

© Скоробогатченко Д. А., Степанова П. Ю., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Скоробогатченко Д. А., Степанова П. Ю. Методика прогнозирования средней скорости транспортного потока улично-дорожной сети г. Волгограда с учетом фактора времени и сезонности // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 62—71.

Об авторах:

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, dmitryskor2004@gmail.com

Степанова Полина Юрьевна — магистрант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, dmitryskor2004@gmail.com

Dmitrii A. Skorobogatchenko, Polina Yu. Stepanova

Volgograd State Technical University

METHODOLOGY FOR PREDICTION OF AVERAGE SPEED TRAFFIC FLOW OF THE STREET AND ROAD NETWORK OF VOLGOGRAD TAKING INTO ACCOUNT THE TIME AND SEASONALITY FACTOR

The proposed method of hourly forecasting the average speed of traffic in urban environments. The method is based on a multifactorial assessment of the intensity of the movement of vehicles, taking into account seasonality. Further, based on the estimation of traffic density, dependencies are constructed for the main transport flow equation. Correlation-regression analysis and neural networks are proposed as a mathematical tool. A practical example is presented of hourly forecasting of the average speed of movement on one of the highways of Volgograd.

Key words: forecasting, average speed, traffic flow, correlation and regression analysis.

For citation:

Skorobogatchenko D. A., Stepanova P. Yu. [Methodology for prediction of average speed traffic flow of the street and road network of Volgograd taking into account the time and seasonality factor]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 62—71.

About authors:

Dmitrii A. Skorobogatchenko — Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, dmitryskor2004@gmail.com

Polina Yu. Stepanova — Master's Degree student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, dmitryskor2004@gmail.com

УДК 628.336.5

Е. Л. Ханова, А. А. Сахарова, А. А. Геращенко

Волгоградский государственный технический университет

СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ МЕТАНТЕНКОВ С РАЗДЕЛЕНИЕМ ФАЗ БРОЖЕНИЯ

Осадки городских сточных вод (ГСВ) являются одним из наиболее объемных ежедневных отходов городов, и их утилизация необходима для решения экологических и санитарно-гигиенических задач. Так, для обработки органических отходов ГСВ с целью их стабилизации и уменьшения массы за счет частичного преобразования в биогаз на канализационных очистных сооружениях часто используют метантенки (МТ) — сооружения по обработке осадков ГСВ в анаэробных условиях, задачей которых является также обеззараживание осадка. Интенсификация работы МТ является одной из приоритетных задач при реконструкции и эксплуатации этих сооружений. Одним из способов увеличения производительности МТ при их реконструкции может быть разделение фаз брожения при двухступенчатом сбраживании.

К л ю ч е в ы е с л о в а: метантенки, интенсификация, анаэробное сбраживание, кислая и щелочная фазы брожения.

Одним из вариантов интенсификации процессов анаэробной стабилизации осадков является сбраживание с разделением кислой и щелочной фаз, последовательно сменяющих друг друга, и проведением их в отдельных сооружениях, т. е. фазовая сепарация. При этом происходят характерные ступени деструкции субстрата при анаэробной стабилизации.

А. Кислая фаза брожения

Кислую фазу процесса брожения разделяют на три основных этапа:

- 1) гидролиз жира-, белково- и углеводоподобных веществ;
- 2) собственно кислое брожение;
- 3) ацетатное расщепление сложных продуктов кислого брожения.

Последний этап (ацетатное расщепление) осуществляется микроорганизмами как первой (кислой), так и второй (щелочной) фаз брожения.

Кислая ступень брожения осуществляется гетерогенной группой анаэробных бактерий. Бактерии кислой фазы обильно представлены в ГСВ. Основными компонентами беззольного вещества сбраживаемых осадков ГСВ являются белково-, жиро- и углеводоподобные вещества, в сумме составляющие 80...85 % [1, 9]. Многие молекулы этих веществ велики по размерам, находятся в твердом или коллоидном состоянии и в таком виде не могут включаться в метаболические реакции клетки.

Кислотообразующие микроорганизмы гидролизуют белки, жиры, углеводы. Это приводит к появлению в среде аминокислот, сахаров, глицерина и высших жирных кислот, которые включаются в метаболические реакции кислотообразующих бактерий. Основными конечными продуктами-метаболитами микрофлоры первой фазы брожения являются уксусная, масляная, пропионовая, муравьиная кислоты, глицерин и другие спирты, а также CO_2 , H_2 .

На стадии кислотообразования стабилизация органического вещества незначительна, поэтому ее часто называют стадией «сжижения» или постоянно-го БПК. В ходе кислого брожения происходит химическая перестройка органических молекул осадка.

Основным продуктом гидролиза углеводов является глюкоза, метаболические превращения которой могут осуществляться различными путями.

Основными составными частями молекул белка, получающимися в результате гидролиза, являются пептиды, которые, в свою очередь, гидролизуются до аминокислот.

Внутриклеточные превращения аминокислот очень разнообразны и определяются видом бактерий и химической структурой аминокислот. Некоторые аминокислоты в процессе дезаминирования превращаются в кетокислоты, в частности в ПВК, и, таким образом, включаются в метаболизм углеводов.

Поступающие в метантенк жиры в результате гидролиза образуют глицерин и различные органические кислоты. Продукты гидролиза жиров используются многими видами кислотообразующих бактерий [1]. Глицерин в ходе последовательных реакций превращается в фосфоглицериновый альдегид, который затем включается в обмен углеводов.

Вторым продуктом гидролиза жиров являются высшие жирные кислоты, в основном насыщенные, с числом углеродных атомов 14...18, претерпевающие очень сложные метаболические превращения.

Ненасыщенные кислоты, например, олеиновая, в результате ферментативного гидрирования переводятся в насыщенные. Считается, что основным процессом в превращении высших жирных кислот с четным числом атомов является β -окисление, приводящее к образованию уксусной кислоты.

Жирные кислоты с нечетным числом атомов углерода окисляются тем же путем, но отщепление двууглеродных фрагментов идет только до образования пропионовой кислоты. Конечным акцептором водорода при дегидрировании жирных кислот является CO_2 . Микроорганизмы кислой фазы брожения не способны восстанавливать CO_2 до метана, поэтому конечным продуктом, вероятно, являются летучие жирные кислоты, в частности уксусная. Не исключена также возможность образования свободного водорода.

Таким образом, после первой фазы брожения беззольное вещество осадков превращается в основном в низшие жирные кислоты, спирты, аммиак, CO_2 , H_2 .

Б. Щелочная фаза брожения

Щелочную фазу брожения осуществляют метанообразующие бактерии, использующие в качестве источников питания продукты кислой ступени и образующие в качестве основных метаболитов метан и углекислый газ.

Метановое брожение — строго анаэробный процесс. В настоящее время культивированы и идентифицированы десять культур бактерий, относящихся к трем родам: *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanosarcina* [1, 7].

Считается, что количество метановых бактерий в сыром осадке очень невелико — 50...500 колоний на 1 г осадка 95 % влажности. Однако в бродящем осадке их количество сопоставимо с количеством кислотообразующих бактерий и составляет 10^6 ... 10^8 колоний в 1 мл. Из всех групп бактерий, присутствующих в микрофлоре метантенков, метановые бактерии изучены меньше других. Причиной этого является то обстоятельство, что выделение их чистых культур крайне сложно.

В настоящее время существует несколько гипотез образования метана из органических субстратов. Соллоу и Базвелл при исследовании с изотопным индикатором C^{14} указали на существование минимум двух различных меха-

низмов образования метана. Их различие заключалось в продуктах, предшествующих метанообразованию. В первом случае метан образовался в результате восстановления CO_2 , во втором — ферментации CH_3COOH . Исследователями было замечено [2, 11], что при сбраживании солей уксусной кислоты основная часть метана получается из органического субстрата и лишь небольшое количество образуется в процессе восстановления углекислого газа. Также предполагалось существование промежуточного соединения, участвующего в восстановлении метильной группы уксусной кислоты и метилового спирта до метана.

Некоторые виды метановых бактерий образуют не только метан и двуокись углерода, но также и летучие кислоты. При метаболических превращениях высокомолекулярных летучих кислот образуется метан, углекислый газ и вторичные низкомолекулярные летучие кислоты. Капроновая, валерьяновая, масляная и пропионовая кислоты окисляются до уксусной кислоты, а водород восстанавливает CO_2 до метана. Оценивая процентный выход метана из органических соединений по показателям ХПК, найдено, что примерно 72 % образуется из ацетата, 13 % — из пропионата и 15 % из других соединений.

Последующие исследования брожения осадков ГСВ указывают на участие в метанообразовании витамина B_{12} , которому приписывается главная роль в процессе переноса водорода.

В. Двухступенчатое сбраживание с разделением фаз брожения

Двухступенчатое сбраживание без разделения фаз брожения достаточно широко применяется при обработке осадков и концентрированных сточных вод. Известны две основные технологические схемы двухступенчатого сбраживания, иллюстрированные на рис. 1 и 2.

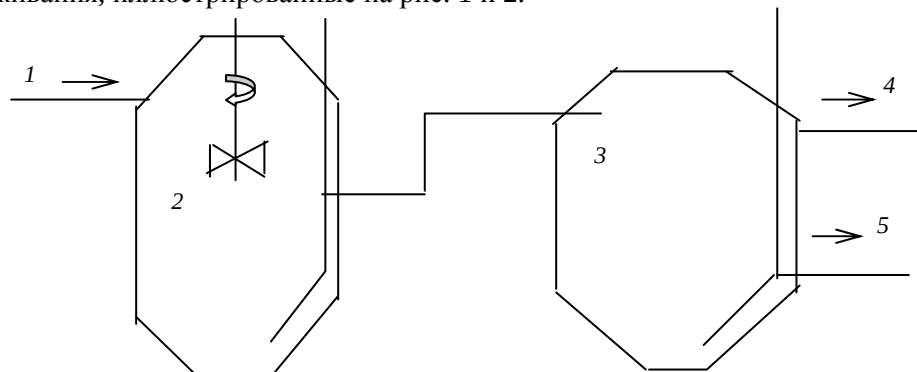


Рис. 1. Сбраживание с перемешиванием бродящей массы в первой ступени и отстаиванием во второй: 1 — загрузка исходного осадка; 2 — метантенк I ступени; 3 — метантенк II ступени; 4 — удаление иловой жидкости; 5 — выгрузка сброженного осадка

При ступенчатом сбраживании осадков ГСВ перемешивание обычно осуществляется только в первой ступени, а вторая выполняет функции уплотнителя. Эта схема не приводит к увеличению распада беззольного вещества и выхода газа по сравнению с одноступенчатыми метантенками равного объема, но обеспечивает устойчивость процесса, что позволяет уменьшить объем осадка, использовать уплотненный осадок для рециркуляции анаэробного ила.

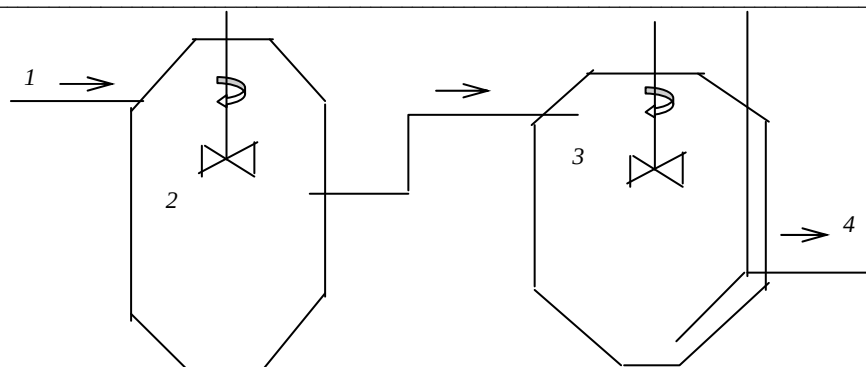


Рис. 2. Сбраживание с перемешиванием бродящей массы в первой и во второй ступенях: 1 – загрузка исходного осадка; 2 — метантенк I ступени; 3 — метантенк II ступени; 4 — выгрузка сброженного осадка

Исследования И. Н. Чурбановой и др. [2, 4, 5] показали нецелесообразность использования метантенков в качестве уплотнителя для осадков, сброженных в термофильных условиях, т. к. не отмечается его расслоение (имеется в виду образование зоны свободной иловой воды) в сооружениях второй ступени. Это объясняется высоким удельным сопротивлением термофильно сброженного осадка, которое в 1,5 раза выше, чем у осадка, обработанного в мезофильных условиях, поэтому при стабилизации по схеме, представленной на рис. 1, в метантенках первой ступени используется мезофильный режим сбраживания. Вторая ступень проектируется обычно в виде открытых не-обогреваемых резервуаров. Применение двухступенчатой схемы в связи с этим целесообразно в районах со среднегодовой температурой воздуха не ниже 6 °С. Доза загрузки метантенков во второй ступени принимается 3...4 %. Такая схема обработки осадка получила широкое распространение за рубежом [10, 11, 12].

Двухступенчатое анаэробное сбраживание также успешно используется при обработке концентрированных загрязнений промышленных предприятий. Рециркуляция анаэробного ила в таких системах позволяет не только увеличить время пребывания субстрата в сооружении, но и использовать в системе адаптированную микрофлору.

Использование метантенка второй ступени не в качестве уплотнителя, а как нормально работающее сооружение (рис. 2) увеличивает производительность системы при сравнении с представленной схемой на рис. 1. Для достижения максимальной окислительной способности системы двухступенчатого сбраживания с перемешиванием бродящей массы в двух ступенях исходный субстрат необходимо подавать как в первую, так и во вторую ступени.

Однако все применяемые в настоящее время технологические схемы сбраживания осадка ГСВ не учитывают специфики биохимических процессов, протекающих в метантенках, а именно: процесс брожения осуществляется двумя группами микроорганизмов различных по физиологии, росту, метаболизму, устойчивости к исходному субстрату, условиям среды и т. д. Главным условием успешной эксплуатации сооружений биохимической очистки является создание оптимальных условий веществу, осуществляющему очистку — активному илу.

В сооружении анаэробного сбраживания невозможно создать такие условия и кислото-, и метанообразующим бактериям одновременно, т. к. требования, являющиеся оптимальными для одной группы микроорганизмов, бывают ингибирующими для другой. Разделение кислого и щелочного брожения в разные сооружения позволяет устранить это противоречие.

Анаэробное сбраживание — процесс, протекающий только за счет внутренних энергетических и материальных ресурсов распадающихся органических веществ. Все внешние воздействия (обогрев, перемешивание и т. д.) направлены на установление оптимальных условий среды, необходимых для обеспечения максимальной скорости биохимических реакций, которые будут иметь место только в том случае, если энергия, высвобождающаяся в их результате, будет использована, поэтому активность микроорганизмов метантенка, как и всякого биологического реактора, направлена на получение максимального количества энергии, необходимой для процессов синтеза.

Ставилась под сомнение и возможность разделения стадий брожения в отдельных сооружениях, т. к. не было ясно, содержит ли субстрат, состоящий только из метаболитов кислой фазы, все необходимые компоненты для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов метановой флоры. Тем не менее исследователями [7, 13] в лабораторных условиях была осуществлена двухступенчатая схема анаэробной стабилизации осадка с разделением кислой и щелочной фаз брожения в разные сооружения. Таким образом, экспериментально было доказано, что продуктов метаболизма первой фазы достаточно для нормального развития метанообразующих бактерий.

Известно, что оптимальные условия жизнедеятельности микроорганизмов в биологических реакторах способствуют достижению скоростей утилизации субстрата, близких к максимальным.

При анаэробной стабилизации такие условия для микрофлоры создаются при разделении кислого и щелочного брожения, поэтому с точки зрения кинетики биохимических процессов конструктивное оформление анаэробного сбраживания с фазовой сепарацией является эффективным.

Принципиальная схема двухступенчатого сбраживания с разделением фаз показана на рис. 3.

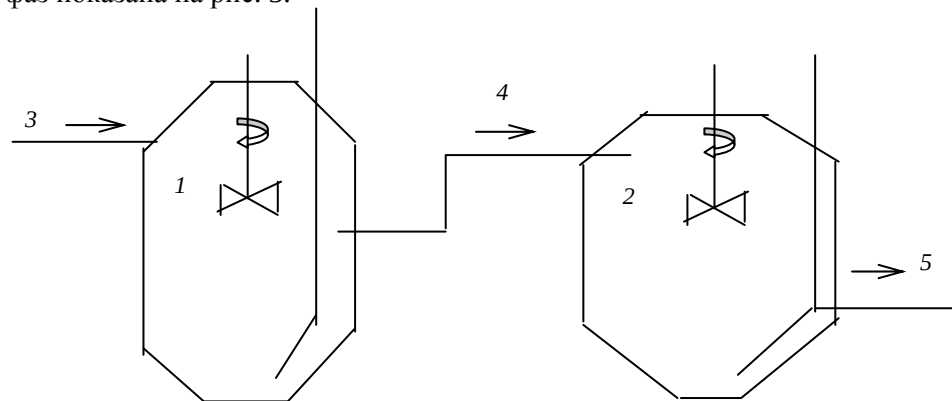


Рис. 3. Схема двухступенчатого сбраживания с разделением фаз брожения: 1 — метантенок кислой фазы; 2 — метантенок щелочной фазы; 3 — загрузка исходного осадка; 4 — осадок, сброженный в метантенке кислой фазы; 5 — выгрузка сброженного осадка

Как уже отмечалось, рециркуляция анаэробного активного ила в системе позволяет заметно интенсифицировать работу МТ [6, 8]. Достоинством рассматриваемой схемы является то, что проектирование и строительство обеих ступеней можно вести с учетом кинетики соответствующих процессов. Это позволяет существенно снизить общий объем системы.

Также в лабораторных условиях было проведено сравнение обычного анаэробного процесса и двухступенчатого с разделением кислой и щелочной фаз. Результаты показали, что допустимые нагрузки на МТ с разделением фаз почти втрое превышают допустимые нагрузки на обычный МТ при прочих сопоставимых параметрах показателей стабилизационной обработки осадков в сооружении.

Т а б л и ц а 1

Рабочие нагрузки на метантенки

Наименование	Суточная доза загрузки, %		
	I фаза	II фаза	Общая
Метантенк без разделения фаз брожения	—	—	100
Метантенк с разделением фаз брожения	225	25	—

Фазовая сепарация позволяет также снизить влияние ингибиторов [2, 3]. Известно, что метановая флора наиболее чувствительна к различного рода ингибиторам, а нарушение нормального хода метаболизма метанообразующих бактерий приводит к наиболее серьезным авариям при эксплуатации МТ. При работе сооружений в две ступени с фазовой сепарацией действие ингибиторов на щелочную фазу будет ослаблено анаэробным илом первой ступени.

Разделение кислого и щелочного брожения в разные сооружения может обеспечить оптимальные условия всем функциональным группам анаэробного активного ила, облегчить управление процессом, дать возможность интенсифицировать лимитирующую стадию сбраживания — метанообразование.

Таким образом, внедрение фазовой сепарации не требует изменения типовых конструкций сооружений, увеличения капитальных затрат на вновь строящиеся МТ, а также может использоваться при реконструкции существующих сооружений с целью увеличения их производительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. М. : Стройиздат, 1991.
2. Чурбанова И. Н., Певнев С. Г., Дятлова Т. В. Прогрессивные технологии очистки сточных вод в стесненных условиях городской застройки и ограничения энергопотребления // Водочистка. 2010. № 5. С. 55—63.
3. Ханова Е. Л. О влиянии сбраживания на влагоотдающие свойства осадков городских сточных вод // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2009. Вып. 15(34). С. 138—140.
4. Ханова Е. Л. Влияние гидравлической крупности частиц на обезвоживаемость осадка сточных вод // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Естественные науки. 2004. Вып. 3(10). С. 168—169.
5. Ханова Е. Л. Анаэробное сбраживание и характеристики обезвоживания // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Естественные науки. 2002. Вып. 2(6). С. 151—152.

6. Коган С. Г., Кичева Т. Д. Исследование высокоэффективных технологий для реконструкции очистных сооружений // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Естественные науки. 2002. Вып. 2(6).
7. Белясова Н. А. Микробиология : учебник для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Биотехнология», «Биоэкология». Минск : Высшая школа, 2012.
8. Пашкевич М. А. Совершенствование системы очистки сточных вод // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 7.
9. Журавлева Л. Л. Гидроэкология: исследование процессов очистки сточных вод // Инженерная экология. 2001. № 4. С. 25—33.
10. Ward A. J., Hobbs P. J. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources // Bioresource Technology. 2008. № 99(17). Pp. 7928—7940.
11. Lettinga G., Rebac S. Challenge of psychrophilic anaerobic wastewater treatment // Trends in Biotechnology. 2001. № 19(9). Pp. 363—370.
12. Rebac S., Van Lier J. B. Psychrophilic anaerobic treatment of low strength wastewaters // Water Science and Technology. 1999. № 39(5). Pp. 203—210.
13. Van Lier J. B., Rebac S. High-rate anaerobic wastewater treatment under psychrophilic and thermophilic conditions // Water Science and Technology. 1977. № 35(10). Pp. 199—206.

© Ханова Е. Л., Сахарова А. А., Геращенко А. А., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Ханова Е. Л., Сахарова А. А., Геращенко А. А. Способ интенсификации работы метантенков с разделением фаз брожения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 72—79.

Об авторах:

Ханова Елена Леонидовна — старший преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, el-khanova@mail.ru

Сахарова Анастасия Андреевна — старший преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Геращенко Алла Анатольевна — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Elena L. Khanova, Anastasiya A. Sakharova, Alla A. Gerashchenko

Volgograd State Technical University

METHOD TO INTENSIFY OPERATION OF THE DIGESTER WITH THE PHASE SEPARATION OF FERMENTATION

Urban wastewater sludge (GSV) is one of the largest daily waste of cities and its utilization is necessary to solve environmental and sanitary problems. Thus, for the treatment of organic waste of GSV, in order to stabilize and reduce the mass due to the partial conversion into biogas, the sewage treatment plants often use methane tanks (MT) — facilities for the treatment of precipitation of GSV in anaerobic conditions, the task of which is also the disinfection of sediment. Intensification of MT operation is one of the priority tasks in the reconstruction and operation of these facilities. One of the ways to increase the productivity of MT during their reconstruction can be the separation of the fermentation phases with two-stage fermentation.

Key words: methane, intensification, anaerobic digestion, acid and alkaline phases of fermentation.

For citation:

Khanova E. L., Sakharova A. A., Gerashchenko A. A. [Method to intensify operation of the digester with the phase separation of fermentation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 72—79.

About authors:

Elena L. Khanova — Senior Lecturer of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, el-khanova@mail.ru

Anastasiya A. Sakharova — Senior Lecturer of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Alla A. Gerashchenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

УДК 628.316:628.161.3:66.081

Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов, Н. А. Селезнева

Волгоградский государственный технический университет

СОРБЦИЯ ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МОДИФИЦИРОВАННОЙ ОПОКОЙ

В работе представлены результаты исследования физико-химических и сорбционных свойств модифицированной опоки. Установлено, что модификация опоки обеспечивает увеличение гидрофобности, удельной поверхности и пористости сорбента, а также повышает его поглонительную способность по нефти. Выявлено, что модифицированная опока является высокоэффективным сорбентом по отношению к эмульгированным нефтепродуктам. Сорбционная активность модифицированной опоки по отношению к нефтепродуктам оценена с помощью изотерм сорбции. Определены оптимальные параметры сорбции, позволяющие достичь степени очистки нефтесодержащих сточных вод более 99 %.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сорбция, опока модифицированная, эмульгированные нефтепродукты.

Введение. В настоящее время во всем мире остро стоит проблема загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, значительная часть которых поступает в состав сточных вод. Особенно опасными являются сточные воды, содержащие нефтепродукты в устойчивом эмульгированном состоянии, которые легко мигрируют и вовлекаются в цепь разнообразных превращений, обуславливающих нарушение равновесия биогеоценозов. К таким сточным водам относятся отработанные эмульсии смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

На практике для очистки данных сточных вод применяют механические, физико-химические и биологические методы [1]. Сорбция — один из физико-химических методов очистки сточных вод, который нашел широкое практическое применение. Это обусловлено ее эффективностью, позволяющей достичь остаточного содержания нефтепродуктов до санитарно-гигиенических показателей; экологической безопасностью, исключающей образование вторичных загрязнений; легкостью управления процессом.

Однако, несмотря на достоинства данного метода, его применение ограничено недостаточной сорбционной емкостью природных материалов и высокой стоимостью эффективных углеродных сорбентов.

Анализ литературных данных показал, что поиск и разработка новых эффективных и доступных сорбционных материалов для извлечения эмульгированных нефтепродуктов из сточных вод является актуальным [2—7].

Задачей данного исследования стало изучение сорбционных характеристик модифицированной опоки для очистки сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов на примере эмульсий смазочно-охлаждающей жидкости.

Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования. Осадочные тонкопористые породы-опоки хорошо зарекомендовали себя в качестве сорбентов при очистке природных и промывных вод [8, 9], а также сточных вод и почвы от нефти и нефтепродуктов при разливах [10]. Это обусловлено их пористым строением с преобладанием микро- и мезопор. Опоки образованы главным образом мельчайшими (менее 0,005 мм) частицами

кремнезема, массовое содержание которого колеблется от 75 до 92 % в зависимости от месторождения. Постоянной составляющей опок являются глинистые минералы. Средняя плотность опок составляет 1100...1600 кг/м³, пористость достигает 55 %. Опоки отличаются легкостью, шероховатой поверхностью раковистого и плоскораковистого излома. К недостатку опок можно отнести их высокую гигроскопичность, что снижает эффективность их использования при очистке нефтесодержащих сточных вод. Перспективным методом модификации природных материалов с целью повышения селективности и поглощательной способности по отношению к нефтепродуктам является гидрофобизация их поверхности [11—14].

Направление модификации опок определено особенностями их химического состава, а именно наличием силанольных групп [15], способных к образованию водородных связей. Силанольные группы связывают воду, присутствие которой в материале в значительной мере негативно влияет на емкость и селективность по отношению к нефтепродуктам. Адсорбированную на поверхности материала воду можно удалить нагреванием до температуры 150...200 °С. После этого возможно взаимодействие «освободившихся» силанольных групп с веществами, содержащими электрондонорные функциональные группы. К таким веществам относится малополярное соединение — этилацетат, карбонильный кислород которого проявляет протонакцепторные свойства. Это определяет возможность адсорбции молекул этилацетата на полярных адсорбционных центрах — силанольных группах. При этом для молекул воды эти центры становятся недоступными, а поверхность материала приобретает гидрофобные свойства.

Объектом исследования являлись опоки Астраханского месторождения. Модификацию опоки осуществляли путем обработки измельченного сырья гидрофобизирующим агентом, в качестве которого использовали этиловый эфир уксусной кислоты. Подготовленную опоку смешивали с гидрофобизатором в определенном соотношении, помещали в муфельную печь и выдерживали там в течение 3 часов при температуре 200 °С. В качестве образцов сравнения использовали измельченную опоку и опоку, выдержанную в муфельной печи при той же температуре и в течение того же времени без гидрофобизатора.

Для всех образцов исследованы следующие характеристики: влажность, суммарный объем пор по воде, предельный объем сорбционного пространства по парам бензола, удельная поверхность по метиленовому синему, нефтеемкость.

Влажность определяли в соответствии с ГОСТ 12597-67¹. Сущность метода заключается в высушивании навески продукта в сушильном шкафу до постоянной массы и определении уменьшения массы продукта. Пробы отбирались в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Суммарный объем пор по воде определяли в соответствии с ГОСТ 17219-71². Данный метод основан на заполнении водой пор размером от 0,5

¹ ГОСТ 12597—67. Сорбенты. Метод определения массовой доли воды в активированных и катализаторах на их основе. М. : Издательство стандартов, 1989. 7 с.

² ГОСТ 17219—71. Угли активные. Метод определения суммарного объема пор по воде. М. : Издательство стандартов, 1987. 5 с.

до 10^4 нм при кипячении навески сорбента в воде и удалении избытка воды с поверхности зерен путем отсасывания при определенных условиях.

Удельную поверхность сорбционных материалов по метиленовому синему (МС) определяли в соответствии с ГОСТ 13144—79³. Сущность метода заключается в титровании суспензии, состоящей из сорбента и 5 н серной кислоты, 0,3%-м раствором метиленового синего. Удельную поверхность рассчитывали исходя из количества метиленового синего, израсходованного на титрование пробы, с учетом размера площадки, занимаемой одной молекулой адсорбированного метиленового синего в плотно упакованной пленке на поверхности сорбента, равной $106 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$.

Нефтеемкость определяли в соответствии с [16]. Емкость нефтепоглощения рассчитывали по соотношению массы впитавшейся нефти к массе сорбента.

Предельный объем сорбционного пространства (W_s) материалов определяли в статических условиях эксикаторным методом по парам бензола [17]. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сорбционные характеристики материалов

Опока	Влажность, %	Суммарный объем пор по воде, $\text{см}^3/\text{г}$	Удельная поверхность по МС, $\text{м}^2/\text{г}$	Предельный объем сорбционного пространства (W_s) по парам бензола, $\text{см}^3/\text{г}$	Нефтеемкость, $\text{г}/\text{г}$
Природная опока	$4,51 \pm 0,3$	$0,26 \pm 0,4$	122 ± 10	$0,24 \pm 0,04$	$1,54 \pm 0,1$
Термически обработанная опока	$2,81 \pm 0,2$	$0,44 \pm 0,3$	136 ± 12	$0,27 \pm 0,03$	$1,83 \pm 0,1$
Модифицированная опока	$1,43 \pm 0,2$	$0,52 \pm 0,3$	163 ± 10	$0,64 \pm 0,04$	$3,68 \pm 0,1$

Сорбционную способность по отношению к эмульгированным нефтепродуктам изучали в статических условиях на модельных эмульсиях различной концентрации, приготовленных из эмульсола СОЖ Универсал-1 марки ПС, представляющего собой сбалансированную смесь нефтяного масла, эмульгаторов, ингибиторов коррозии металлов, смазочных, биоцидных и других присадок. Сорбционный материал добавляли к модельной эмульсии при соотношении сорбент-эмульсия, равном 1:50, далее смесь перемешивали до наступления равновесия. После этого адсорбент отделяли и определяли остаточную концентрацию эмульсола в модельной системе по тарировочному графику. Тарировочный график строили по результатам определения оптической плотности эмульсий с различной концентрацией эмульсола при длине волны 670 нм. Результаты исследования сорбционной способности исследуемых материалов представлены на рис. 1, 2.

³ ГОСТ 13144—79. Графит. Методы определения удельной поверхности. М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. 7 с.

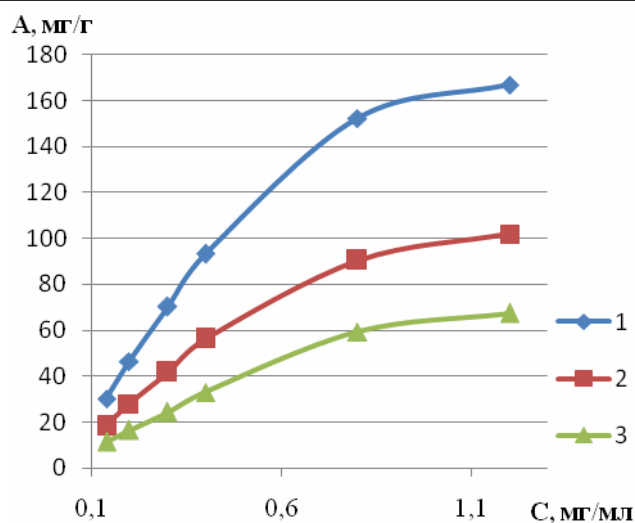


Рис. 1. Изотермы адсорбции нефтепродуктов СОЖ Универсал-1 марки ПС опоками: 1 — модифицированная опока; 2 — термически обработанная опока; 3 — природная опока

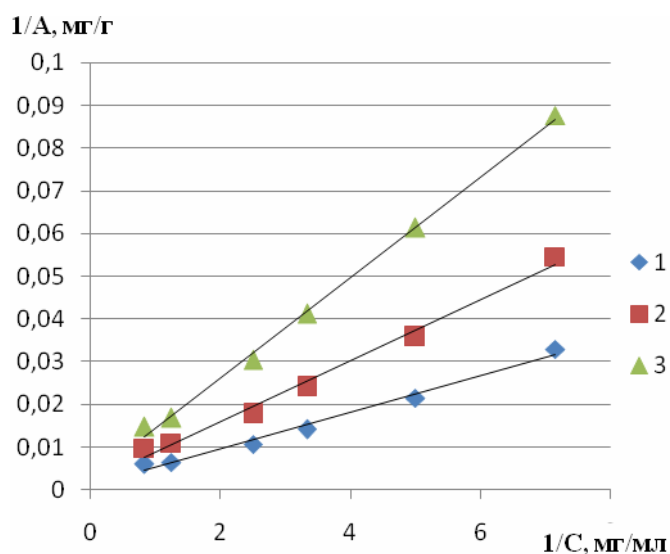


Рис. 2. Изотермы адсорбции нефтепродуктов СОЖ Универсал-1 марки ПС опоками в координатах линейной формы уравнения Лэнгмюра: 1 — модифицированная опока; 2 — термически обработанная опока; 3 — природная опока

С целью оптимизации процесса очистки эмульсии от нефтепродуктов с концентрацией эмульсола 5 % проведены эксперименты по определению оптимального соотношения сорбент-эмульсия. Исследования проводились в статических условиях. Контакт сорбента с эмульсией осуществляли в течение времени, необходимого для достижения равновесия. В табл. 2 представлены результаты исследования.

Таблица 2

Эффективность сорбции эмульсола опоками из эмульсии

Соотношение сорбент-эмульсия	Эффективность сорбции, %				
	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %
1:100	49,5	24,8	16,5	12,3	9,8
1:50	99,8	48,6	31,3	21,8	17,3
1:20	99,8	99,8	71,6	42,4	21,7
1:10	99,8	99,8	80,6	51,9	33,5
1:5	99,8	99,8	84,8	53,9	39,5
1:3	99,8	99,8	89,5	64,1	44,6

Расчеты и графическое представление результатов были осуществлены в среде Microsoft Office 2010 программными приложениями MS Word 2010 и MS Excel 2010. Расчет в рамках статистической обработки проводился на основании [18].

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов исследования сорбционных свойств опок (табл. 1) показал, что различия в значениях показателей статистически значимы.

Сравнение данных по влажности исследуемых образцов опок выявило, что природная опока характеризуется наибольшим значением влажности. Это обусловлено ее гидрофильной природой. Влажность термически обработанной опоки снижается в 1,6 раз, что объясняется удалением из материала сорбированной воды и образованием силоксановых групп. Модифицированная этилацетатом опока имеет наименьшее значение влажности, что обусловлено наличием на поверхности гидрофобной пленки, препятствующей адсорбции влаги из воздуха.

Результаты определения суммарного объема пор образцов свидетельствуют, что температурная обработка опоки обуславливает увеличение пористости материала. Термическая активация обеспечивает удаление адсорбированной влаги, и, как следствие, увеличение пустот. При этом значение суммарного объема пор модифицированной этилацетатом опоки несколько выше по сравнению с термически обработанной опоккой. Можно предположить, что это является следствием химических процессов, обусловленных гидролизом этилацетата в присутствии паров воды с образованием этанола, вступающего в реакцию с силанольными группами, и уксусной кислоты, вступающей во взаимодействие с катионами металлов. При этом происходит удаление из образцов катионов металлов, за счет чего увеличивается количество пор [19].

Анализ данных по удельной поверхности опок, определенной по метиленовому синему, выявил аналогичную закономерность. Ввиду того, что молекула МС является маркером на органические вещества с размером от 2 нм до 10 нм, полученные результаты свидетельствуют об увеличении в структуре модифицированных опок мезопор.

Значения предельного объема сорбционного пространства (W_s) по парам бензола характеризуют способность материала сорбировать неполярные соединения, т. е. его гидрофобные свойства. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что термическая обработка опок не приводит к повышению селективности в отношении неполярных соединений. Модификация опоки этилацетатом обеспечивает увеличение данного показателя бо-

лее чем в 2,5 раза и соответствует показателям угля активированного марки БАУ. Это свидетельствует о повышении гидрофобности данных образцов [20].

Значения нефтеемкости возрастают в ряду опок: природная — термически обработанная — модифицированная этилацетатом и сохраняют тенденцию, описанную выше.

Изучение процессов сорбции эмульгированных нефтепродуктов из модельных систем (рис. 1) выявило, что изотермы описываются уравнением Ленгмюра. При этом установлено, что сорбционная способность в ряду опок: природная — термически обработанная — модифицированная этилацетатом значительно возрастает. Для определения численного значения предельной адсорбции, соответствующей полному заполнению поверхности мономолекулярным слоем адсорбента, уравнение Ленгмюра было линеаризовано (рис. 2). На основании полученных данных рассчитаны значения предельной адсорбции нефтепродуктов из эмульсий эмульсола СОЖ Универсал-1 марки ПС. Для природной опоки ее значение составило 370 мг/г, для термически обработанной — 588 мг/г, для обработанной этилацетатом — 1111 мг/г.

Исследования по оптимизации соотношения сорбент — эмульсия при различных ее концентрациях показали, что с увеличением концентрации для достижения высоких показателей эффективности доля необходимого сорбента возрастает, а эффективность использования порового пространства снижается (табл. 2). В связи с этим рекомендовано разбавление эмульсии до концентрации, близкой к 2 %, и использование соотношения сорбент — эмульсия, равного 1:50.

Таким образом, проведенные исследования выявили следующее.

1. Термическая обработка опок приводит к увеличению пористости, удельной площади сорбента, но не изменяет их гидрофильность.

2. Обработка опок этилацетатом придает гидрофобные свойства опокам и повышает их селективность в отношении неполярных соединений. Модифицированная опока характеризуется показателями предельного объема сорбционного пространства по бензолу и нефтеемкости, близкими углям активированным.

4. Модифицированная опока проявляет высокую сорбционную способность по отношению к эмульгированным нефтепродуктам. При соотношении сорбент — эмульсия (2 %), равном 1:50, достигается степень очистки 99,8 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пономарев В. Г., Иоакимис Э. Г., Монгайт И. Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М. : Химия, 1985. 256 с.
2. Новоселова Л. Ю., Погодаева Н. И. Утилизация осадков водоподготовки в процессах извлечения нефти из водных сред // Нефтехимия. 2008. Т. 48. № 1. С. 64—68.
3. Глазкова Е. А., Глазков О. В., Иванов В. Г. Извлечение нефтепродуктов из водных растворов и эмульсий ультрадисперсными оксидными адсорбентами // Нефтехимия. 2000. Т. 40. № 5. С. 397—400.
4. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей / Е. В. Веприкова и др. // Сибирский федеральный университет. Химия. 2010. № 3. С. 285—304.
5. Возможные направления использования твердого отхода электросталеплавильного производства — пыли электродуговых сталеплавильных печей / С. В. Свергузова и др. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 199—201.

6. Адсорбционные свойства пыли электросталеплавильного производства / С. В. Свергузова и др. // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 7. С. 92—94.
7. Фасхутдинова З. Т., Шайхиев И. Г., Абдуллин И. Ш. Повышение эффективности метода очистки маслосодержащих сточных вод модифицированными отходами валяльного производства // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 21. С. 220—222.
8. Сорбционная очистка воды подземных источников / А. В. Москвичева и др. // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2018. № 51(70). С. 160—169.
9. Использование природного минерала для очистки промывных вод / Е. В. Москвичева и др. // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 249—260.
10. Климов Е. С., Бузаева М. В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. Ульяновск : УлГТУ, 2011. 201 с.
11. Химия привитых поверхностных соединений / Г. В. Лисичкин и др. М. : Физматлит, 2003. С. 379—390.
12. Семенович А. В., Лоскутов С. Р., Пермякова Г. В. Сбор проливов нефтепродуктов модифицированной корой хвойных пород // Химия растительно сырья. 2008. № 2. С. 113—117.
13. Юдаков А. А., Зубец В. Н. Теория и практика получения и применения гидрофобных материалов. Владивосток : Дальнаука, 1998. 178 с.
14. Получение и применение гидрофобных сорбентов из алюмосиликатов / В. И. Сергиенко и др. // Труды Кольского научного центра РАН. 2015. Т. 5. № 31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-i-primeneniye-gidrofobnyh-sorbentov-iz-alyumosilikatov>
15. Чукин Г. Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезема. М. : Типография Паладин, ООО «Принта», 2008. 172 с.
16. Применение сорбента СТГ для очистки водной поверхности от разливов нефти, нефтепродуктов, жиров и различных водонерастворимых органических соединений / В. Г. Сидоренко и др. // Нефтепромысловое дело. 2002. № 12. С. 108—112.
17. Исследование сорбционных и бактерицидных свойств углеродных адсорбентов и фуллеренов / В. В. Самонин и др. // Прикладная химия. 2014. Т. 87. № 7. С. 994—997.
18. Калинин А. Г. Обработка данных методами математической статистики. Чита : ЗИП СибУПК, 2015. 106 с.
19. Модифицирование опал-кristобалита — опоки Красногвардейского месторождения Свердловской области / М. Г. Иванов и др. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modifitsirovanie-opal-kristobalita-opoki-krasnogvardeyskogo-mestorozhdeniya-sverdlovskoy-oblasti>
20. Мухин В. М. Активные угли. Эластичные сорбенты. Катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе. М. : Руда и металлы, 2003. 280 с.

© Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Селезнева Н. А., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Селезнева Н. А. Сорбция эмульгированных нефтепродуктов из сточных вод модифицированной опоккой // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 80—87.

Об авторах:

Грачева Наталья Владимировна — доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, gracheva.tasha@yandex.ru

Желтобрюхов Владимир Федорович — профессор, зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, z_vl_f@mail.ru

Селезнева Наталия Алексеевна — аспирант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, seleznyova1994@yandex.ru

Natal'ya V. Gracheva, Vladimir F. Zheltobryuhov, Nataliya A. Selezneva

Volgograd State Technical University

SORPTION OF PETROLEUM PRODUCTS BY MODIFIED SILICA CLAY

The paper presents the results of a study of the physicochemical and sorption characteristics of the modified silica clay. It is established that the modification of the silica clay provides an increase in the hydrophobicity, specific surface, and porosity of the sorbent, and also increases its capacity in petroleum absorption. It was found out that the modified silica clay is a highly effective sorbent with respect to emulsified petroleum products. The sorption activity of the modified silica clay on petroleum products was estimated using sorption isotherms. Optimum parameters of sorption are determined that allow to achieve a purification degree of petroleum waste water by more than 99%.

K e y w o r d s: sorption, modified oil emulsion, emulsified petroleum products.

For citation:

Gracheva N. V., Zheltobryuhov V. F., Selezneva N. A. [Sorption of petroleum products by modified silica clay]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 80—87.

About authors:

Natal'ya V. Gracheva — Docent of the Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, gracheva.tasha@yandex.ru

Vladimir F. Zheltobryuhov — Professor, the Head of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, z_vl_f@mail.ru

Nataliya A. Selezneva — Postgraduate student of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, seleznyova1994@yandex.ru

УДК 628.349.087:664

**Д. О. Игнаткина^а, А. П. Поздняков^а, А. В. Москвичева^а, Е. В. Москвичева^а,
А. А. Войтюк^б**

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий»*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящей статье авторами для очистки сточных вод (СВ) предприятия табачной индустрии, относящегося к пищевой отрасли промышленности, приводится теоретическое объяснение полученных экспериментальных данных, свидетельствующих о применимости физико-химических методов очистки на примере электрохимической обработки некондиционных вод.

Ключевые слова: сточные воды, пищевая промышленность, табачная индустрия, физико-химические методы очистки, электроокисление.

В современных условиях серьезной проблемой остается сброс неочищенных СВ в водные объекты. Процент нормативно-очищенных СВ к объему стоков, требующих очистки, составляет в промышленности — 14,9 %, в жилищно-коммунальном хозяйстве — 7,8 %, а в сельском хозяйстве — 0,6 % [1, 5, 7].

В пищевой индустрии ежегодно используют около 60 млн м³ воды, объем сбросов составляет 46 млн м³. Доля загрязненных СВ к общему объему воды достигает 77 %, что говорит о низкой эффективности работы имеющихся очистных сооружений либо об их отсутствии [13, 17, 23].

На сегодняшний день в пищевой промышленности, в частности, на предприятиях табачной индустрии РФ, очистка СВ основана чаще всего на физико-химических методах, которые применяются как самостоятельные, так и в сочетании с механическими способами [1, 2, 3].

Следует отметить, что физико-химические методы достаточно универсальны, технологически и экономически апробированы, способны обеспечить устойчивую работу сооружений при низкой температуре жидкости, а также рН, при поступлении токсичных веществ [4, 5, 6]. К рассматриваемой группе методов относят такие методы очистки СВ, как адсорбция, флотация, обратный осмос, коагуляция, экстракция, электрокоагуляция, электрофлотация, электродиализ и др. Одним из безусловных преимуществ данных методов является меньшая продолжительность обработки СВ.

Из электрохимических методов наиболее распространенными признаны методы электрохимической коагуляции (электрокоагуляции), электрохимической флотации (электрофлотации) и электрохимическое окисление. Эффект очистки стоков составляет по взвешенным веществам — 90...95 %; по поверхностно-активным веществам — 60...70 %; по жирам — 75...95 %; по нефтепродуктам — до 95 %; по хрому — 90...98 % [10, 11, 12].

В данной статье приводится теоретическое объяснение полученных экспериментальных данных, свидетельствующих о применимости метода электрохимического окисления для очистки СВ предприятий табачной индустрии

РФ. Специалисты в области водоснабжения и водоотведения считают его довольно перспективным, наиболее экологически щадящим и эффективным [7, 8, 9]. Суть метода электрохимического окисления состоит в том, что вода проходит через емкость специальной конструкции, в которой под действием постоянного электрического тока происходят сложные окислительно-восстановительные реакции.

В настоящее время накоплен огромный экспериментальный материал по существованию электроорганических реакций [13]. Однако реализация их на практике сдерживается недостаточной изученностью механизма и кинетики протекания редокс-процессов. Кроме того, получающиеся при электролизе окислители и восстановители обладают особенно большим запасом химической энергии в момент их образования, что значительно усложняет ход электросинтеза органических соединений, так как трудно направить течение процесса в сторону получения основного товарного продукта или остановить реакции редокс-превращений на желаемой стадии [14]. При этом могут получаться продукты более глубокого окисления или даже деструктивного распада в результате разрушения достаточно прочных связей основной углерод-углеродной цепи вплоть до образования углекислого газа и воды [15, 16].

При очистке СВ это обстоятельство, наоборот, является весьма позитивным, так как в основные задачи обезвреживания промстоков входит необходимость деструкции загрязняющих компонентов до более простых и безвредных продуктов [17, 18].

Авторами в лабораторных условиях проводились исследования по изучению процесса электрохимической очистки (электроокисления) СВ предприятия табачной индустрии РФ, состав которых представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав СВ предприятия табачной индустрии РФ

Наименование загрязнений	Концентрация, мг/дм ³
Взвешенные вещества	181
БПК _{полн}	1856
ХПК	2830
Железо _{общ}	0,2
Жиры	5,9
Аммоний (NH ₄)	32,5
Нефтепродукты	0,94
АПАВ	21,8
Фосфаты	0,56
Хлориды	59
Сульфаты	75
pH	6,69

Процесс очистки заключался в пропускании сточной жидкости в межэлектродное пространство электролизера, на электроды которого была приложена разность потенциалов 3...5 В. При этом следует учесть, что в электролизере могли происходить такие явления, как электролиз воды, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимодействие процессов электролиза друг с другом [19, 20]. Данные процессы с

физико-математической и химической точек зрения могут быть объяснены следующим образом:

1. При нагревании или замораживании, при добавлении в воду электролитов, при наложении магнитного поля агрегативная устойчивость примесей нарушается. В воде во взвешенном состоянии могут находиться гидрофильные и гидрофобные примеси. Гидрофильные в основном представлены органическими веществами, а гидрофобные — сульфатами, фосфатами, примесями металлов, частицами глины, пылевидными песчинками и т. д. На поверхности гидрофильных примесей удерживается значительное количество воды в виде гидратной оболочки, обусловленное наличием поверхностных полярных групп, таких как ОН, СООН и др. Они и удерживают вокруг частицы гидратную оболочку. Находясь в тепловом броуновском движении, гидрофильные частицы диффундируют вместе с гидратной оболочкой, несут обычно небольшие электрические заряды и, как правило, под действием электролитов не коагулируют. Гидрофобные примеси почти лишены гидратных оболочек, но имеют двойной электрический слой и несут значительные электрические заряды. Обычно гидрофобные частицы имеют кристаллическую структуру и большую удельную поверхность, на которой адсорбируются присутствующие в воде ионы. Характерно, что все частицы данного вещества собирают преимущественно ионы одного знака, снижающие свободную поверхность энергии гидрофобных частиц. Прилегающие непосредственно к ядру ионы образуют поверхностно-ядерный слой (адсорбционный слой). Так как на границе адсорбционного слоя образуется электрический заряд, то вокруг ядра с адсорбционным слоем (гранула) создается диффузионный слой из противоположно заряженных ионов, компенсирующих заряд гранулы. В состоянии покоя подобные частицы примеси электрически нейтральны, так как заряд гранулы нейтрализуется противоположно заряженными ионами диффузного слоя. Находясь в состоянии броуновского движения, ионы диффузного слоя частицы примеси отстают, отрываются от гранулы, и частица приобретает электрический заряд. Таким образом, частицы с одноименными зарядами при взаимодействии отталкиваются друг от друга, а частицы с разноименными зарядами притягиваются.

2. Наряду с описанными выше процессами необходимо отметить, что между коллоидными примесями воды существуют молекулярные силы взаимного притяжения, называемые силами Ван-дер-Ваальса, которые действуют на небольшом расстоянии между взаимодействующими частицами и с увеличением расстояния между ними убывают, а при сближении частиц силы отталкивания и притяжения возрастают. При этом первоначально сила отталкивания превалирует над силой притяжения. Однако если частицы, двигаясь с большой скоростью, преодолевают указанный силовой барьер, то преобладающими становятся силы притяжения и такие частицы слипаются и укрупняются. Величина силового барьера характеризуется электрокинетическим потенциалом. Оптимально, когда электрокинетический потенциал равен нулю, а так как большинство коллоидных частиц СВ имеют в грануле отрицательный заряд, возникает необходимость в его нейтрализации, которая может достигаться за счет дополнительного введения электролита.

Основная часть проведенных исследований по определению оптимальных значений факторов, влияющих на проведение процесса электрохимиче-

ского окисления СВ предприятия табачной индустрии РФ, позволяют утверждать, что для эффективной очистки сточной жидкости необходимо учесть следующие параметры:

1. Подбор материала анода и определенных режимных параметров обработки: плотности тока, времени обработки стоков, а также температуры, pH среды и концентрации раствора поваренной соли [16], поэтому дальнейшие исследования были посвящены изучению кинетики реакций, протекающих в приэлектродных пространствах. Полученные результаты показали, что в прианодном пространстве протекает деструкция органических веществ, которые обуславливают значения БПК_{полн} и ХПК рассматриваемых СВ, и лишь незначительная их часть полимеризуется на катоде. На основании этого можно сделать вывод, что электрохимическое обезвреживание СВ целесообразнее осуществлять окислением органических соединений на аноде, выбору материала которого необходимо уделять особое внимание, так как одной из главных проблем является термодинамическая неустойчивость большинства металлов в условиях анодной поляризации [21, 22]. В качестве материала электродов наиболее пригодны металлы с низким перенапряжением, например, платина. Однако в силу экономических факторов согласно источникам [23] в аппаратах (электролизерах) для проведения электроокисления загрязняющих компонентов СВ применяются нерастворимые металлоксидные аноды ОРТА, ОКТА или ТДМА (титановая основа с активным поверхностным покрытием смесью оксидов титана, рутения, марганца и кобальта соответственно), а также электроды из графита. При выборе материала анода исследования проводились на реальных СВ, состав которых представлен в табл. 1, при плотности тока $3,7 \text{ А/дм}^2$ и времени обработки — 20 минут. В результате были получены следующие зависимости эффективности очистки от материала анода (рис. 1).

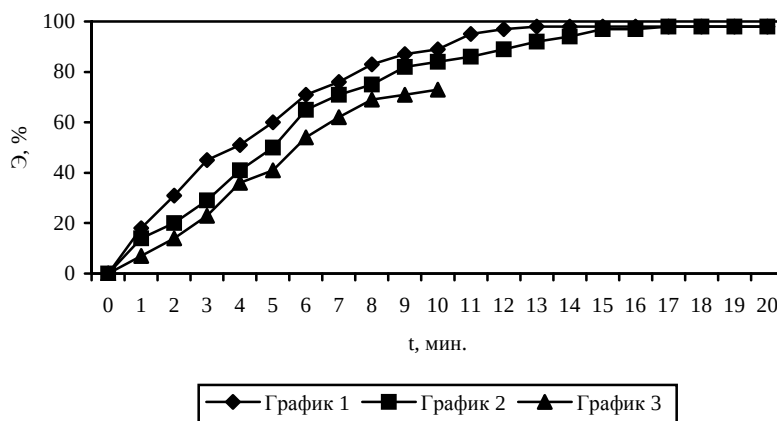


Рис. 1. Зависимость эффективности очистки от материала анода (СВ предприятия табачной индустрии РФ, плотность тока — $3,7 \text{ А/дм}^2$, время обработки — 20 минут): 1 — ОКТА; 2 — ОРТА; 3 — графит

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы: максимальная эффективность очистки при наименьшем времени обработки (15 минут) и плотности тока $3,5 \text{ А/дм}^2$ достигается

ется проведением процесса электроокисления на электродах ОКТА. Однако использование анодов ОКТА в промышленных условиях приводит к значительному удорожанию процесса очистки, поэтому целесообразно применять в качестве анода — ОРТА, имеющий значение эффективности очистки, близкие к ОКТА. Применение в качестве материала анода графита не позволяет достигать значений эффективности очистки, близких к титану с активным покрытием на основе диоксида рутения и оксида кобальта.

2. Необходимость добавления водного раствора NaCl и выбор его оптимальной концентрации, результаты проведения данного исследования представлены на рис. 2.

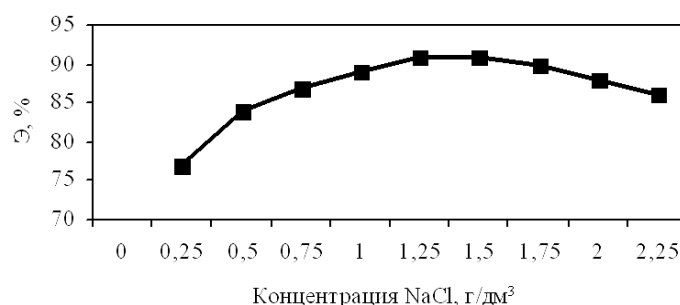
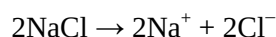


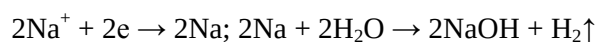
Рис. 2. Зависимость эффективности очистки СВ предприятия табачной индустрии РФ от концентрации NaCl (анод — ОРТА; плотность тока — 3,5 А/дм²; время обработки — 15 минут; температура раствора 20 °С; pH среды раствора — 7)

Результаты, полученные на рис. 2, могут свидетельствовать о том, что на выход продуктов электролиза раствора NaCl влияет селективность электрохимических реакций на электродах и химические реакции в объеме электролита. При прохождении постоянного электрического тока через электролит, содержащий ионы Na^+ , Cl^- , H^+ и OH^- , последовательность разряда этих ионов на электродах первоначально определяется величинами их стандартных электродных потенциалов. На катоде происходит исключительно выделение водорода, поскольку потенциал разряда натрия имеет высокое значение. Стандартный потенциал хлора более электроположителен, чем OH^- ионов, но на окисно-рутениевых анодах OH^- ионы разряжаются с большим перенапряжением, поэтому основной анодный процесс — выделение хлора.

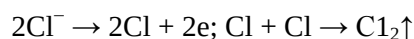
Химические реакции, проходящие в соляном растворе в процессе электроокисления, можно описать следующим образом:



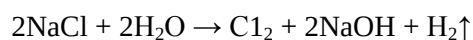
Реакция на катоде:



Реакция на аноде:



Суммарная реакция в электролизере может быть выражена уравнением:



3. Скопление большого количества пузырьков газа на поверхности пластин электродов, которое было зафиксировано при исследовании в лабораторных условиях процессов электроокисления реальных СВ предприятия табачной индустрии РФ, что скорее всего объясняется образованием на аноде пузырьков хлора, которые флотируют на своей поверхности взвешенные и коллоидные частицы загрязнений, а на катоде — водорода.

Диаметр пузырьков водорода составляет от 20 до 100 мкм. Мелкие пузырьки способствуют повышению эффективности процесса электрофлотации. Однако для получения пузырьков требуемого размера необходимо правильно подобрать материал, форму, диаметр проволоки катода и плотность тока [24, 25].

Зависимость количества и размер образующихся пузырьков водорода на катодах из проволоки поверхности электрода и его кривизны была изучена Б. М. Матовым [26].

Рассмотрим поведение пузырька газа при его подъеме сквозь поверхность воды. Будем считать, что пузырек водорода образовывается на катоде вблизи дна камеры очистки (примем диаметр пузырька равным 50 мкм) и равномерно поднимается к поверхности сквозь слой воды толщиной 0,5 м. В начальный момент времени (вблизи дна) давление внутри пузырька P_1 определяется формулой (1):

$$P_1 = P_a + P_{\text{гидр}} + P_{\text{лапл1}}, \quad (1)$$

где $P_a = 10^5$ Па — атмосферное давление; $P_{\text{гидр}} = \rho gh$ — гидростатическое давление жидкости; $P_{\text{лапл1}} = \frac{\sigma}{2R_1}$ — Лапласово давление ($\sigma = 72 \cdot 10^{-3}$ Н/м — коэффициент поверхностного натяжения воды при нормальных условиях, R_1 — радиус пузырька вблизи дна).

В конечный момент времени (вблизи поверхности жидкости) давление внутри пузырька P_2 определяется формулой (2):

$$P_2 = P_a + P_{\text{лапл2}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{лапл2}} = \frac{\sigma}{2R_2}$; R_2 — радиус пузырька вблизи поверхности.

Будем считать, что температура жидкости в объеме очистной камеры постоянна, поэтому для пузырька в жидкости должен выполняться закон Бойля-Мариотта, то есть: $P_1 V_1 = P_2 V_2$, где P_1 , V_1 — давление и объем пузырька вблизи дна, а P_2 , V_2 — давление и объем пузырька вблизи поверхности воды. По изменению величины давления P_1 и P_2 можно судить об изменении объема пузырька при движении его сквозь толщу воды.

Оценим величины, входящие в формулу (1):

$$P_{\text{гидр}} = \rho gh = 1000 \cdot 10 \cdot 0,5 = 5 \cdot 10^3 \text{ Па};$$

$$P_{\text{лапл1}} = \frac{\sigma}{2R_1} = \frac{72 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^{-6}} = 1,44 \cdot 10^3 \text{ Па}.$$

Из приведенных расчетов можно сделать вывод, что значения давлений: $P_1 = 10^5 + 5 \cdot 10^3 + 1,44 \cdot 10^3 = 1,0644 \cdot 10^5$ Па и $P_2 = 10^5 + 1,44 \cdot 10^3 = 1,0144 \cdot 10^5$ Па мало отличаются друг от друга (на величину порядка 5 %).

Теперь оценим, как при этом изменяется объем пузырька:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2, \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}, \Rightarrow \frac{4\pi}{3} R_2^3 = \frac{P_1}{P_2} \frac{4\pi}{3} R_1^3, R_2 = \sqrt[3]{\frac{P_1}{P_2}} \cdot R_1, \Rightarrow$$
$$\Rightarrow R_2 = \sqrt[3]{\frac{P_1}{P_2}} \cdot R_1 = \sqrt[3]{\frac{1,0644 \cdot 10^5}{1,0144 \cdot 10^5}} \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 25,4 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

На основании представленных выше математических расчетов можно утверждать, что в процессе движения пузырька газа сквозь воду его радиус практически не меняется, а значит и не изменяются его флотирующие свойства.

Таким образом, представленное теоретическое обоснование процесса электрохимической очистки СВ предприятия табачной индустрии РФ с физико-математической и химической точек зрения позволило произвести оценку достоверности выбора некоторых оптимальных параметров обработки, рассматриваемых стоков, полученных экспериментальным путем, что в дальнейшем может послужить основой для определения технологического режима работы удаления загрязняющих компонентов в зависимости от качества поступающей воды, а также учесть конструктивные особенности при разработке инженерно-технических устройств, в частности, электролизеров:

1) в качестве материала электродов наиболее пригодны металлы с низким перенапряжением, по результатам проведенных экспериментов можно утверждать, что максимальная эффективность очистки при наименьшем времени обработки (15 минут) и плотности тока $3,5 \text{ А/дм}^2$ достигается проведением процесса электроокисления на электродах ОКТА;

2) при добавлении водного раствора NaCl на катоде происходит исключительно выделение водорода, поскольку потенциал разряда натрия имеет высокое значение. Стандартный потенциал хлора более электроположителен, чем OH^- ионов, но на окисдно-рутениевых анодах OH^- ионы разряжаются с большим перенапряжением, поэтому основной анодный процесс — выделение хлора;

3) представленные математические расчеты, описывающие зависимости скопления большого количества пузырьков газа на поверхности пластин электродов, показали, что в процессе движения пузырька газа сквозь воду его радиус практически не меняется, а значит и не изменяются его флотирующие свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мочалов И. П. Применение физико-химических методов очистки вод малых населенных мест Сибири // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 10. С. 33—37.
2. Физико-химические исследования очистки сточных вод / Н. П. Шапкин и др. // Вэйстэк-2003 : материалы Международного конгресса. М., 2003. С. 164—165.
3. Saravacos G. D., Iredale H. D. Physical treatments of food processing wastewaters // Science Bulletin Food and Life. 1971. Pp. 1—5.

4. *Архипов Л. И., Горбенко В. А., Ефримов А. Л.* Процессы и аппараты систем технического водоснабжения промышленных предприятий : учеб. пособие по курсу «Энергоиспользование в энергетике и технологии». М. : МЭИ, 1999. 112 с.
5. *Большаков О. В., Степанова О. А., Берлова Г. А.* Очистка сточных вод предприятий мясной промышленности : обзорная информ. М. : АгроНИИТЭИПП, 1996. 40 с.
6. *Гандурина Л. В., Фомичева Е. В.* Интенсификация физико-химической очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 5. С. 17—20.
7. *Pothitou P., Voutsas D.* Endocrine disrupting compounds in municipal and industrial waste water treatment plants in Northern Greece // Chemosphere. 2008. № 73. Pp. 1716—1723.
8. *Taralas G., Kontominas M.* Thermochemical treatment of solid and wastewater effluent so-originating from the olive oil food industry // Energy & Fuels. 2005. № 19(3). Pp. 1179—1185.
9. *Bressan M.* Improved combined chemical and biological treatments of olive oil mill waste waters // Agricultural & Food Chemistry. 2004. № 52(5). Pp. 1228—1233.
10. *Paxéus N.* Organic pollutants in the effluents of large wastewater treatment plants in Swe- den // Water Research. 1996. № 30(5). Pp. 1115—1122.
11. *Chipasa K. B.* Limits of physicochemical treatment of wastewater in the vegetable oil refin- ing industry // Pol. J. Environ. Stud. 2001. № 10(3). Pp. 141—147.
12. *Майоров С. А., Седов Ю. А., Парахин Ю. А.* Электрохимическая очистка сточных вод промышленных предприятий // Экологическая безопасность в техносфере 2010 г. : материалы Всерос. науч.-техн. интернет-конф. Орел, 2011. С. 80—83.
13. Комбинированное устройство для очистки многокомпонентных сточных вод предприятий табачной индустрии / Д. О. Игнаткина и др. // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). 2018. № 3. С. 36—44.
14. Устройство для очистки сточных вод от многокомпонентных загрязнений : пат. № 178983 Рос. Федерации / Д. О. Игнаткина и др. ; заявл. 13.11.2017 ; опубл. 24.04.2018, Бюл. № 12. 8 с.
15. *Красноборо́дько И. Г.* Деструктивная очистка сточных вод от красителей. Л. : Химия, 1988. 192 с.
16. *Красноборо́дько И. Г., Яковлев С. В.* Технология электрохимической очистки воды. Л. : Стройиздат, 1987. 312 с.
17. *Гребенникова Н. М.* Оценка влияния промышленных стоков на качество воды в го- родском водотоке : дис... акад. степ. магистра. Новосибирск, 2003. 150 с.
18. Теоретические основы очистки воды : учеб. пособие / Н. И. Куликов и др. М. : Но- улидж, 2009. 298 с.
19. *Воронов Ю. В., Яковлев С. В.* Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для ву- зов. М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2006. 704 с.
20. *Фурсов С. В., Ахметов Т. О.* Электрохимические методы очистки сточных вод // Ма- лоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность : ма- териалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Стерлитамак : Фобос, 2013. С. 190—191.
21. *Гордон Дж.* Органическая химия растворов электролитов. М. : Мир, 1979. 712 с.
22. *Зигмонди Р.* Коллоидная химия. Киев : ЦНИС, 1931. 146 с.
23. *Яковлев С. В., Красноборо́дько И. Г., Рогов В. М.* Технология электрохимической очи- стки воды. Л. : Стройиздат, 1987. 312 с.
24. *Ротинян А. Л., Тихонов К. Л., Шошина И. А.* Теоретическая электрохимия. Л. : Химия, 1981. 421 с.
25. *Скорчеллетти В. В.* Теоретическая электрохимия. Л. : Химия, 1974. 568 с.
26. *Матов Б. М.* Электрофлотационная очистка сточных вод. Кишинев : Картя Молдовеняскэ, 1982. 170 с.

© Игнаткина Д. О., Поздняков А. П., Москвичева А. В., Москвичева Е. В., Войтюк А. А., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Теоретическое обоснование применимости электрохимического метода обработки сточных вод для предприятий пищевой промышленности / Д. О. Игнаткина, А. П. Поздняков, А. В. Москвичева, Е. В. Мос- квичева, А. А. Войтюк // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного универ- ситета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 88—96.

Об авторах:

Игнаткина Дарья Олеговна — ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Поздняков Андрей Петрович — канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры математики и информационных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Москвичева Анастасия Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Москвичева Елена Викторовна — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Войтюк Александр Андреевич — ведущий специалист отдела развития и содержания железнодорожного транспорта дирекции по логистике, ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий». Российская Федерация, 404354, Волгоградская обл., Котельниковский р-н, г. Котельниково, ул. Ленина, 7, voytyuk.1987@list.ru

**Dar'ya O. Ignatkina^a, Andrey P. Pozdnyakov^a, Anastasia V. Moskvicheva^a,
Elena V. Moskvicheva^a, Aleksandr A. Voityuk^b**

^a *Volgograd State Technical University*

^b *«EuroChem-Volgakaliy»*

**THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE APPLICABILITY
OF THE ELECTROCHEMICAL METHOD FOR WASTEWATER TREATMENT
FOR THE FOOD INDUSTRY**

In this article, the authors for the purification of WW enterprises of the tobacco industry, belonging to the food industry, provides a theoretical explanation of the experimental data indicating the applicability of physico-chemical methods of purification on the example of electrochemical treatment of substandard water.

Key words: waste water, food industry, tobacco industry, physico-chemical methods of purification, electrooxidation.

For citation:

Ignatkina D. O., Pozdnyakov A. P., Moskvicheva A. V., Moskvicheva E. V., Voityuk A. A. [Theoretical justification of the applicability of the electrochemical method for wastewater treatment for the food industry]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 88—96.

About authors:

Dar'ya O. Ignatkina — Assistant of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Andrey P. Pozdnyakov — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Docent of Mathematics and Information Technology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Anastasia V. Moskvicheva — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Elena V. Moskvicheva — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Aleksandr A. Voityuk — Leading Specialist of Development and Maintenance of Rail Transport in the Logistics Directorate Department, «EuroChem-Volgakaliy». 7, Lenin St., Kotelnikovo, Volgograd region, 404354, Russian Federation, voytyuk.1987@list.ru

УДК 628.316.12

**Е. В. Москвичева^а, А. В. Москвичева^а, А. Г. Тимофеев^а, П. А. Сидякин^б,
Д. В. Щитов^б, Е. В. Федулова^а**

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Филиал Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске*

СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПОЛИГОНОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЖИДКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на снижение негативного воздействия полигона отходов нефтеперерабатывающих заводов на окружающую среду, предложен метод ликвидации карты вязких отходов производства присадок с использованием самих отходов производства присадки ДФ-11.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нефтеотходы, вторичное сырье, охрана окружающей среды.

Известно, что на основе отходов производства нефтепродуктов получены достаточно высокоэффективные порошкообразные и гранулированные иониты [1—7].

Иониты представляют собой нерастворимые твердые вещества, способные обмениваться содержащимися в них ионами. Ионообменными свойствами обладают природные соединения (алюмосиликаты, цеолиты), в которых ионы щелочных или щелочноземельных металлов, находящиеся в кристаллической решетке, могут обмениваться на ионы жидкой или газообразной фазы, а также синтетические смолы. Известны иониты с комплексообразующими, окислительно-восстановительными и электронообменными свойствами.

Исходя из проведенного ранее анализа состава отходов присадок, можно предположить, что отход производства присадки ДФ-11 (КЕК) является полиамфолитом.

Одним из основных свойств сорбентов является статическая обменная емкость (СОЕ). Величину СОЕ определяли по методике [8, 9]. Полученные данные приведены в табл. 1. Анализ представленных данных показывает, что КЕК обладает достаточно высокой СОЕ как по HCl, так и по NaOH, значительной нормальной влажностью и высокой степенью набухания.

Набухание — важное свойство ионита, которое обеспечивает высокую скорость и значительную эффективность ионного обмена. Вода в нефтепродуктах может находиться в растворах, свободном состоянии, а также в виде эмульсий. Весьма стойкие эмульсии образуются в тех случаях, когда плотности нефтепродуктов и воды отличаются друг от друга незначительно. Устойчивость эмульсий возрастает в присутствии смолистых соединений, высокомолекулярных веществ, а также сернистых, азотистых и кислородных соединений. Свободная вода обуславливает полное насыщение нефтепродуктов и является источником образования водно-топливных эмульсий.

Наличие у КЕКа ионообменных свойств можно объяснить его составом и химическим строением.

Как указывалось ранее, отход производства присадки (ОПП) ДФ-11 содержит в своем составе кислородсодержащие вещества — спирты, имеющие

активную основную группу R-ОН, что позволяет сделать вывод о наличии у ОППДФ-11 анионообменных свойств.

Для КЕКа характерно наибольшее содержание неорганических веществ, причем до 50 % из них приходится на Al_2O_3 .

Для соединений алюминия характерна ионная связь. Ион Al^{+3} , обладая малым радиусом и большим зарядом, проявляет склонность к комплексообразованию. Как для всех ионов р- и s-элементов, для Al^{+3} характерно также образование комплексов с водой, ОН. Тенденция к комплексообразованию проявляется в наличии большого числа кристаллогидратов и кристаллосольватов соединений алюминия. В богатых водой кристаллогидратах и водных растворах солей алюминия содержатся октаэдрические комплексы. С ионами водорода Al^{+3} образует тетраэдрический комплекс¹ [3, 4, 8, 10, 11—14].

Вероятно, в процессе взаимодействия алюмоокислородного компонента КЕКа с нефтеотходами происходит изоморфное замещение в тетраэдрическом слое Al^{+3} на двухзарядный ион бария, кальция или магния. При достижении некоторой степени насыщения кристаллов КЕКа ионами может наблюдаться «коллапс», т. е. резкое сжатие кристаллического пакета, при котором он «захлопывается», образуя другой алюмосодержащий кристалл [8, 12, 15].

В табл. 1 приведены физико-химические свойства оксида алюминия, содержащегося в КЕКа (образец 1) в сравнении с тонко дисперсным оксидом алюминия (образец 2), оксидом алюминия в смеси с другими неорганическими остатками нефтеотходов (образец 3) и оксидом алюминия в КЕКа после прокаливания при температуре 300 °С (образец 4). Для исследования были взяты образцы, содержащие одинаковую массу Al_2O_3 с учетом его концентрации.

Таблица 1

Физико-химические свойства оксида алюминия

Показатель	Образец			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Пористость, %	30,0	30,3	31,2	34,5
Гигроскопическая влажность, %	1,38	1,36	0,99	0,98
Количество адсорбционно-связанной воды, %	9,6	13,52	7,58	5,9
Удельная поверхность, $см^2/г$, определенная по методу седиментации в воде и в индустриальном масле сорбции-десорбции каприновой кислоты	2524	3476	3398	3208
	3079	5005	3398	4096

Гигроскопическую влажность определяли по стандартной методике при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 65 %. Величину удельной поверхности находили по изотермам сорбции-десорбции каприловой кислоты, седиментацией в воде и в индустриальном масле. Пористость определяли по методике [9, 15—17].

Анализ полученных данных показывает, что Al_2O_3 обладает высокой пористостью, значительной удельной поверхностью, несколько меньшей, чем у

¹ Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Л. : Гидрометеиздат, 1987. С. 107.

исходного оксида алюминия, что объясняется влиянием содержащихся в КЕК органических веществ [18].

Оксид алюминия в КЕК содержит значительное количество адсорбционно-связанной воды (9,6 %), причем эта влага находится не только на поверхности, но и, вероятно, заполняет внутрипоровое пространство. Отмеченное обстоятельство способствует повышению общей влажности КЕКа, увеличивает степень набухания и повышает ионообменную способность.

В состав КЕКа входит порядка 8,1 % SiO_2 . Учитывая технологический процесс получения присадки ДФ-11, можно предположить, что диоксид кремния присутствует в виде силикагеля $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, который является одним из наиболее широко используемых сорбентов. Он обладает высокой пористостью и имеет огромную удельную поверхность.

Алюминий, диоксид кремния, магний и кальций могут входить в состав КЕКа и в виде алюмосиликатов, например, следующего состава: $M^{n+}_{k/n}(\text{Al}_2\text{O}_3)_k(\text{SiO}_2)_m \cdot \text{H}_2\text{O}$, где M — ион щелочно-земельного металла. Это так называемые цеолиты, которые широко используются в сорбционных процессах [19—21]. Как указывалось выше, ионы щелочноземельных металлов, находящиеся в кристаллической решетке, могут обмениваться на ионы жидкой или газообразной фазы сорбата.

Помимо силикагеля в КЕК присутствуют сера и фосфор, которые могут входить в состав различных функциональных групп, в том числе $-\text{SH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$ и $-\text{PO}(\text{OH})_2$, что позволяет характеризовать КЕК как катионит. Следует отметить, что фосфорнокислые катиониты высоко избирательны к ионам хрома, меди, цинка, кадмия, никеля и ряда других из-за образования комплексов.

Таким образом, процессы, протекающие при взаимодействии КЕКа с нефтеотходами, можно охарактеризовать как физико-химическую сорбцию с протеканием реакций ионного обмена, комплексообразования, окислительно-восстановительных реакций.

Отход производства присадки ДФ-11 образуется при фильтровании нейтрализованного продукта через намывной фильтрующий слой на сетчатом фильтре. КЕК представляет собой порошок серого цвета, имеющий следующий фракционный состав (% масс.): менее 0,1 мкм — 64, (0,1...0,25) мкм — 21, (0,25...0,5) мкм — 13, более 0,5 мкм — 2. Физико-механические свойства исследованы по стандартным методикам и приведены в табл. 2. Статическую обменную емкость определяли по методике [7]. В этой же таблице даны свойства продукта взаимодействия КЕКа и ОПП (сорбента ГП), продукта переработки компонентов карты ОПП и КЕК после прокаливания при температуре 105...110 °С.

Высокие сорбционные показатели сорбента ГП объясняются отмеченными выше особенностями структуры КЕКа и происходящими процессами при термообработке.

Анализ табл. 1 и 2 показывает, что сорбент ГП может быть использован при ликвидации карты вязких ОПП как самостоятельно, так и в смеси с КЕКом.

При смешивании КЕКа с компонентами карты вязких отходов идет формирование пастообразной массы (вязкость по стандартному вискозиметру равна 75...100 с). Вязкость определяли стандартным вискозиметром при температуре 10...50 °С. Время образования гомогенной пастообразной массы

при соотношении КЕК:ОПП = 1:1 при температуре 25 °С зависит от типа смесителя и равно: для вибрационного смесителя — 45 мин, для скоростного смесителя — 30 мин, для лопастного смесителя — 20 мин.

Таблица 2

Физико-механические свойства ионитов

Сорбент	Плотность, г/м ³	Насыпная плотность, г/м ³	Нормальная влажность, %	Набухаемость в воде, %	Статическая обменная емкость, мг-экв/г
1	2	3	4	5	6
КЕК	1,11	0,41	37	40	4,9 по HCl 5,2 по NaOH
ГП (после прокаливания)	1,76	0,56	38	46	2,2 по HCl 2,4 по NaOH
ГП (после высушивания)	1,78	0,59	42	44	2,1 по HCl 2,6 по NaOH

Примечание: Гарантийная ошибка выборки среднего арифметического составляет 12,3 %. Коэффициент вариации не превышает 15 %.

Вязкость получаемой смеси в значительной степени зависит от концентрации КЕКа и ГП в исходной смеси (рис. 1). Максимальная вязкость достигается при содержании КЕКа в смеси 50 %, при дальнейшем его увеличении рост вязкости не происходит. Характер зависимости аналогичен и при добавлении в смесь ГП.

Вязкость получаемой смеси зависит от температуры, с ростом температуры вязкость понижается (рис. 2).

Анализ выходных кривых сорбции (рис. 3) показывает, что максимальное количество нефтеотходов (порядка 95 % масс исходного нефтеотхода) поглощается через 200—230 часов. Поглощающую способность сорбента исследовали на хромато-масс-спектрометрической системе «Finnigan MAT».

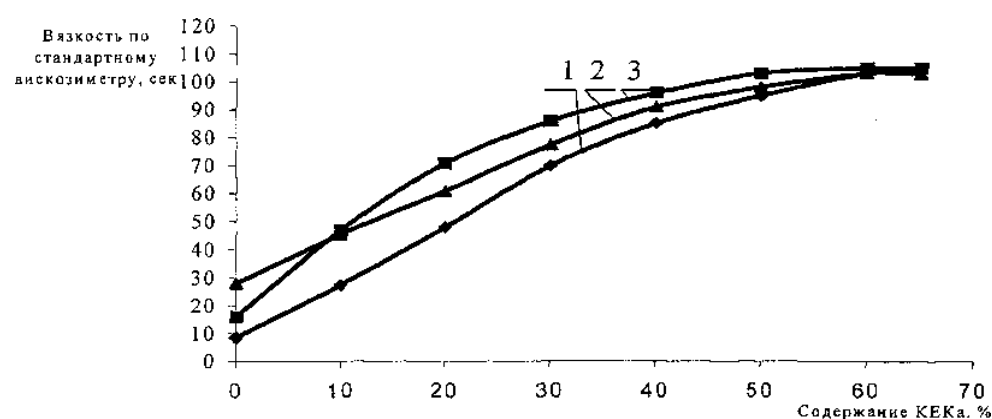


Рис. 1. Зависимость вязкости продукта переработки от концентрации КЕКа: 1 — КЕК:ОП = 1:1; 2 — КЕК:ОП:ГП = 1:4:1; 3 — КЕК:ОП:ГП = 1:1:2

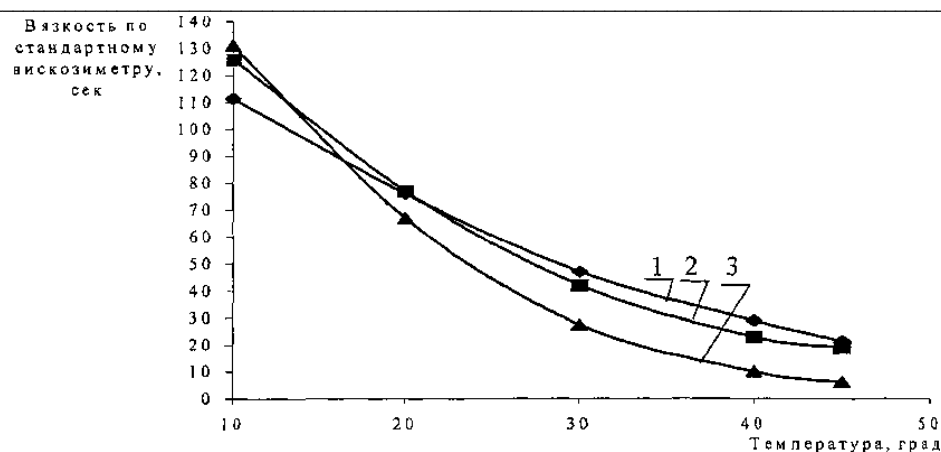


Рис. 2. Зависимость вязкости продукта переработки от температуры:
 1 — КЕК:ОП = 50:50 (%); 2 — КЕК:ОП:ГП = 37,5:50:12,5 (%); 3 — КЕК:ЮП:ГП = 25:25:50

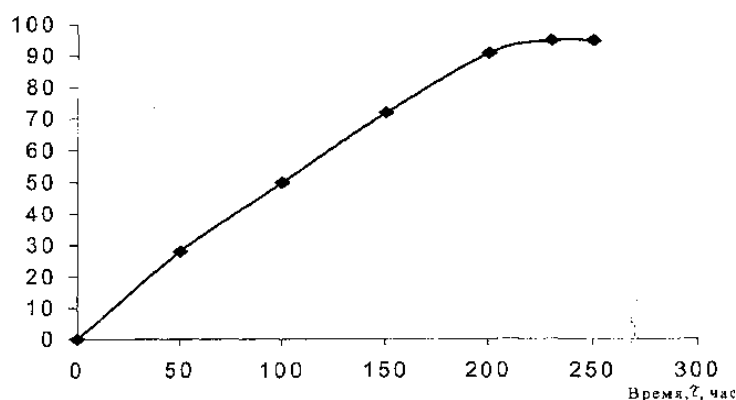


Рис. 3. Выходная кривая сорбции

Полученные зависимости позволили сделать выводы:

1. Наиболее оптимальной температурой является 25...30 °C и время процесса — 200—230 часов.

2. При таких условиях на открытом воздухе смесь превращается в порошкообразную массу, по свойствам аналогичную ГП, которая также может быть использована в процессе сорбции отходов.

3. Процессы, протекающие при взаимодействии КЕК с нефтеотходами, можно охарактеризовать как физико-химическую сорбцию с протеканием реакций ионного обмена, комплексообразования окислительно-восстановительных реакций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольдберг Г. О., Крейн С. Э. Смазочные масла из нефтей восточных месторождений. М. : Химия, 1972. 360 с.
2. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М. : Высшая школа, 1978. 319 с.
3. Желтобрюхов В. Ф., Винников А. Л., Фуртатова О. Н. Исследование эксплуатационных свойств минерального масла в нефтеотходе от производства присадки ДФ-11 (КЕК) // Международная конф. «Современный город и качество жизни его жителей». Волгоград : ВолГУ, 2002. С. 18—20.

4. Белов П. С., Голубева И. А., Низова С. А. Экология производства химических продуктов и углеводородов нефти и газа. М. : Химия, 1991. С. 252.
5. Борисенко О. А., Жарникова Л. В. Об основных задачах и составе системы экологического мониторинга // Современные проблемы геодезии и оптики. Новосибирск : СГГА, 1998. С. 50.
6. Гурьев А. М., Жданов А. Н., Слуцкий А. Г. Использование отходов нефтехимического производства для изготовления литого инструмента // Международная науч.-техн. конф. «Нефть и газ Западной Сибири». Тюмень, 1991. С. 15—16.
7. Ресурсосбережение-основа экологически чистых технологий гальванического хромирования / Е. В. Москвичева и др. // Альманах-2001. Волгоград : ВолГУ, 2001. С. 98—99.
8. Аиширов А. Ионнообменная очистка сточных вод, растворов и газов. Л. : Химия, 1983. 288 с.
9. Поконова Ю. В. Новые иониты и адсорбенты из нефтяного сырья. М. : Химия, 1981. С. 52.
10. Введение в общую химию / М. Х. Карапетянц и др. М. : Высшая школа, 1980. 256 с.
11. Чураев А. В., Тюменев Ю. Я., Майоров М. А. Текстильные материалы-сорбенты нефти и нефтепродуктов // Актуальные проблемы создания и использования новых материалов и оценки их качества. Черкизово : МГУС, 2002. С. 65—66.
12. Экологотехнологический комплекс для очистки гидросферы от нефти и нефтеотходов / М. Б. Щепихин и др. // Экология и промышленности России. 2000. № 11. С.40—44.
13. Способ нейтрализации загрязненной почвы нефтью или нефтепродуктами : пат. № 2210439 Рос. Федерации / А. Л. Винников и др. ; заявл. 12.11.2001 ; опубли. 23.01.2003, Бюл. № 23.
14. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М. : Финансы и статистика, 2000. С. 672.
15. Fina Oleo Chemicals N., Pinon C. Cleaning of petroleum or its derivatives on soil : пат № 1116785 ; заявл. 17.01.2000 ; опубли. 18.07.2001.
16. Hugo A., Neumann P., Schmidt K., Gtrhard Baumgarten D. Grenzttn und Möglichkeiten eines anlagenbezogenen Umweltmonitorings // Chem- Ing.-Techn. 2000. № 9. Pp. 952—953.
17. Jiang P., Zhong Z., Shuan X., Shiyou D. Huayong gaodeng xuexiao xuebao=J. Petochen. 2001. № 4. Pp. 27—30.
18. Onbiel J. N. La valorisation des dechets et technique routiere. 1997. № 69. Pp. 25—26.
19. Цветкова Л. И., Алексеев М. И., Карамзинов Ф. В. Экология. М. : АСВ ; СПб. : Химия, 2001. 552 с.
20. Поконова Ю. В. Химия высокомолекулярных соединений нефти. Л. : ЛГУД980. С. 177.
21. Использование отработанного селективного сорбента для рекультивации нефтезагрязненных почв / Э. П. Доскина и др. // Вестник ВолгГАСУ. Сер. : Строительство и архитектура. 2017. № 49(68). С. 134—143.

© Москвичева Е. В., Москвичева А. В., Тимофеев А. Г., Сидякин П. А., Щитов Д. В.,
Федулова Е. В., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Снижение техногенного воздействия на окружающую среду полигонов, содержащих жидкие углеводороды / Е. В. Москвичева, А. В. Москвичева, А. Г. Тимофеев, П. А. Сидякин, Д. В. Щитов, Е. В. Федулова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 97—103.

Об авторах:

Москвичева Елена Викторовна — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Москвичева Анастасия Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Тимофеев Антон Георгиевич — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, antonio1805@yandex.ru

Сидякин Павел Алексеевич — канд. техн. наук, доц., проф. кафедры строительства, Филиал Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске. Российская Федерация, 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, sidyakin_74@mail.ru

Щитов Дмитрий Викторович — канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой строительства, Филиал Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске. Российская Федерация, 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, skfu.pgs@gmail.com

Федулова Екатерина Владимировна — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, fedulova@mail.ru

Elena V. Moskvicheva^a, Anastasiya V. Moskvicheva^a, Anton G. Timofeev^a, Pavel A. Sidiyakin^b, Dmitrii V. Shchitov^b, Ekaterina V. Fedulova^a

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Branch of North-Caucasian Federal University in Pyatigorsk*

THE REDUCTION OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF LANDFILLS CONTAINING LIQUID HYDROCARBONS

The results of theoretical and experimental studies aimed at reducing the negative impact of the landfill of oil refineries on the environment are presented. A method for eliminating the viscous waste card for the production of additives using the production waste of the DF-1 additive is proposed.

Key words: oil waste, secondary raw materials, environmental protection.

For citation:

Moskvicheva E. V., Moskvicheva A. V., Timofeev A. G., Sidiyakin P. A., Shchitov D. V., Fedulova E. V. [The reduction of anthropogenic impact on the environment of landfills containing liquid hydrocarbons]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 97—103.

About authors:

Elena V. Moskvicheva — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Anastasia V. Moskvicheva — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Anton G. Timofeev — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, antonio1805@yandex.ru

Pavel A. Sidiyakin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Professor of Construction Department, Branch of North-Caucasian Federal University in Pyatigorsk. 1, Pushkina St., Stavropol', 355009, Russian Federation, sidyakin_74@mail.ru.

Dmitrii V. Shchitov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of Construction Department, Branch of North-Caucasian Federal University in Pyatigorsk. 1, Pushkina St., Stavropol', 355009, Russian Federation, skfu.pgs@gmail.com

Ekaterina V. Fedulova — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, fedulova@mail.ru

УДК 628.316:66.081

Н. О. Сиволобова, Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов, К. Е. Букреева

Волгоградский государственный технический университет

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД АДСОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Получены адсорбционные материалы на основе отходов растительного происхождения, способные заменить традиционные сорбенты для извлечения из сточных вод ионов тяжелых металлов. В качестве сырья для производства сорбентов использованы химически модифицированная лузга подсолнечника, а также отходы лузги после промышленного извлечения меланина. Экспериментально определены сорбционные емкости и степени извлечения на примере ионов меди и железа.

К л ю ч е в ы е с л о в а: обработка стоков, лузга подсолнечника, адсорбенты, ионы тяжелых металлов, меланин.

Введение. Очистка воды от ионов металлов необходима как в системах обработки стоков, так и в системах промышленного, оборотного или питьевого водоснабжения. Удаление ионов металлов, таких как медь, железо, цинк связано с необходимостью снижения концентрации загрязнителя до очень низких, практически следовых значений. При всем многообразии существующих способов — мембранных, электрохимических, реагентных, практическую реализацию получили сорбционные, позволяющие при минимальных затратах достичь требуемых показателей очистки. Современные промышленные сорбционные материалы обладают хорошими технологическими характеристиками, такими как высокая сорбционная емкость, устойчивость к механическим воздействиям, способность к регенерации. Однако вопросы стоимости, доступности, возможности экологически безопасной утилизации отработанных сорбентов дают направления для поиска и создания адсорбентов, способных удешевить и упростить реализацию процессов очистки воды.

Актуальность. Особое внимание уделяется получению сорбционных материалов на основе отходов растительного происхождения, способных заменить традиционные адсорбенты для извлечения из сточных вод ионов металлов. Растительные отходы, такие как лузга подсолнечника, овса, гречихи, риса в своем химическом составе содержат целлюлозу (до 30 %) и лигнин (до 25 %), т. е. вещества, которые способны осуществлять процессы физической сорбции и хемосорбции. Адсорбционная способность растительных материалов определяется наличием в их составе целлюлозы, обладающей способностью к физической сорбции, поэтому в качестве сорбентов применяются листья, опилки, лузга подсолнечника, овса, гречихи, риса в немодифицированном виде. Такие материалы способны сорбировать загрязнители, однако их эффективность для промышленного использования низкая, и простота обработки и подготовки не могут компенсировать данный недостаток. Существенно повысить сорбционные свойства растительных отходов, перевести их в формы, наиболее эффективные для извлечения ионов металлов возможно при проведении их химической модификации. Различные виды модификаций проводятся с целью осуществления полной или частичной карбонизации ма-

териалов, что улучшает их сорбционную активность, либо с целью удаления водорастворимых и щелочерастворимых веществ, что позволяет задействовать процессы хемосорбции за счет обеспечения взаимодействия ионов с лигнином.

Растительные отходы в настоящее время используются не только для получения сорбентов, но и для различного вида товарных продуктов. Например, лузга подсолнечника является перспективным сырьем для получения меланинов — природных соединений, имеющих широкое применение в качестве лечебно-профилактических препаратов и биологически активных добавок. Лузга представляет собой доступный многотоннажный отход с невысокой стоимостью и высокой антиоксидантной активностью выделенных меланин-содержащих составов [1].

Технологии получения меланоидного антиоксиданта из лузги подсолнечника различаются способами интенсификации процессов экстракции, концентрирования и выделения меланинов, но обязательно включают стадии промывки водой лузги подсолнечника, сушку, экстракцию. Оставшиеся после извлечения меланинсодержащих продуктов отходы лузги могут быть использованы в качестве сорбентов для удаления ионов металлов, т. к. проведенная экстракционная обработка удаляет водорастворимые и щелочерастворимые вещества. Удаление этих веществ позволяет функциональным группам лигнина стать более доступными для ионов, следовательно, интенсифицировать процесс хемосорбции [2].

Постановка задачи. Задачей разработки сорбентов на основе лузги подсолнечника является подбор оптимальных параметров ее модификации, позволяющих получить сорбционный материал, обладающий высокой эффективностью улавливания ионов металлов, при минимизации затрат реагентов и энергии, а также оценка возможности применения отходов производства меланинов из лузги подсолнечника в качестве сорбционного материала без дополнительных операций по ее обработке ввиду схожести этапов подготовки сырья и получения сорбентов.

Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования. Методики получения сорбентов. На основании теоретических оценок существующих технологий проведения модификации лузги подсолнечника [3, 4] были разработаны оригинальные методики получения сорбента с высокой сорбционной способностью за счет увеличения пористости [5, 6]. Получение сорбентов включает в себя этапы замачивания в щелочном агенте, сушку и измельчение. Для проведения процесса были определены следующие технологические характеристики. Замачивание осуществляется в 0,5 М растворе гидроксида натрия в течение 45 минут, для интенсификации процесс осуществляется в поле СВЧ с удельной мощностью 0,1...0,5 Вт/см³, массовое соотношение лузга — раствор гидроксида натрия составляет 1:5.

Замачивание лузги подсолнечника в 0,5 М растворе гидроксида натрия обуславливает более быстрое набухание сырья и значительное увеличение доли связанной (поглощенной клеточными стенками сырья) воды в нем, что обеспечивает усиление разрушающего воздействия поля СВЧ на клеточные стенки при сушке, приводящее к увеличению количества «пор» и, как следствие, к повышению сорбционной способности. Кроме того, создаваемая раствором гидроксида натрия щелочная среда увеличивает диссоциацию ионогенных

групп меланинов и лигнина лузги подсолнечника. При этом гидрофильные ионогенные группы ориентируются «наружу», а гидрофобные участки «внутри» частиц, что обеспечивает их большую доступность для взаимодействия с ионами тяжелых металлов и повышает сорбционную способность.

Воздействие раствора щелочи на сырье приводит также к разрушению связей в комплексах целлюлоза — лигнин — гемицеллюлозы, что обеспечивает увеличение количества «пор» в сырье и повышение сорбционной способности. Уменьшение концентрации раствора гидроксида натрия ниже 0,5 М не обеспечивает достижения оптимальных сорбционных свойств. Увеличение концентрации раствора гидроксида натрия выше 0,5 М не способствует значительному увеличению сорбционной способности, но приводит к нерациональному использованию гидроксида натрия.

Обработанная гидроксидом натрия лузга подсолнечника имеет щелочную рН среды, что обуславливает повышение рН сточных вод при взаимодействии с сорбентом. При наличии в сточной воде соединений тяжелых металлов это приводит к их гидролизу и образованию нерастворимых гидроксидов тяжелых металлов, сорбируемых поверхностью сорбента.

Проведение стадии набухания лузги подсолнечника в растворе гидроксида натрия менее 45 минут не обеспечивает завершение процесса, т. е. не приводит к полному набуханию сырья, а более 45 минут — является неэффективным, т. к. дальнейшее набухание сырья значительно замедляется.

Сушка сырья в поле СВЧ характеризуется объемностью нагрева. На первом этапе сушки выделение тепловой энергии за счет колебательного движения диполей молекул приводит к вскипанию внутриклеточного раствора и разрыву клеточной оболочки под действием избыточного давления образовавшегося пара в замкнутом межклеточном пространстве, что обеспечивает увеличение пористости сырья и повышение сорбционной способности. Также увеличивается растворимость водо- и щелочерастворимых компонентов, увеличивается скорость диффузионных процессов, что обеспечивает быстрое перераспределение извлекаемых компонентов из глубины частиц сырья к их поверхности за счет уноса вскипающим экстрагентом, что также обеспечивает увеличение пористости, сорбционной способности получаемого сорбента.

Обработка лузги подсолнечника в поле СВЧ с удельной мощностью ниже 0,1 Вт/см³ увеличивает продолжительность процесса и не обеспечивает достижения требуемого эффекта. Обработка лузги подсолнечника в поле СВЧ с удельной мощностью выше 0,5 Вт/см³ приводит к значительному повышению энергозатрат и себестоимости продукта.

В качестве другого адсорбента испытывался материал после экстракционного выделения меланина, проводившегося по технологии двухступенчатого экстрагирования измельченной лузги подсолнечника в вибрационной экстракционной установке при нормальных условиях в течение 20 минут на каждой ступени 0,1...0,5 М раствором гидроксида натрия при массовых соотношениях сырье — экстрагент 1:(4 ÷ 5) [7].

Оценка адсорбционных характеристик сорбентов. Для определения сорбционной емкости сорбентов использовали стандартную методику, основанную в измерении оптической плотности раствора вещества-маркера (метиленового синего с концентрацией 1500 мг/л), полученного после контакта с навеской образца в течение точно заданного времени. Для определения сорб-

ционной способности полученного материала по отношению к ионам железа и меди готовили модельные растворы, содержащие ионы Fe^{2+} (железоаммонийные квасцы) и Cu^{2+} (сульфат меди) соответственно в концентрации 0,6 и 1,0, а также 250,0 мг/л, в которых настаивались в течение 1 часа навески исследуемых материалов (0,5 г на 50 мл раствора). Остаточное содержание ионов железа в отработанном растворе проводили фотоколориметрированием окрашенного в ярко-желтый цвет комплексного соединения железа с сульфосалициловой кислотой в слабощелочной среде ($\text{pH} = 9$, аммиачный буферный раствор), остаточное содержание ионов меди — фотоколориметрированием окрашенного в синий цвет комплексного соединения меди с 10 % раствором аммиака.

Характеристики полученных сорбентов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика полученных сорбентов

Вид сорбционного материала	Поглощение I_2 , %	Поглощение метиленового синего, мг/г	Активность по отношению к катионам металлов, %			
			Cu^{2+*}	Cu^{2+**}	Fe^{2+*}	Fe^{2+**}
Сорбент из модифицированной лузги	42,4	211,0	100	98,2	100	97,4
Отходы производства меланинов	34,1	108,2	93,5	85,6	90,8	83,1

Примечания: Cu^{2+*} — исходная концентрация 1,0 мг/л; Cu^{2+**} — исходная концентрация 250,0 мг/л; Fe^{2+*} — исходная концентрация 0,6 мг/л; Fe^{2+**} — исходная концентрация 250,0 мг/л.

Определение области технологического использования сорбентов.

Для оценки технологических возможностей применения сорбента, таких как оптимальное время обработки воды и допустимые области концентраций ионов металлов в воде были проведены экспериментальные исследования. В качестве сорбентов использовались три вида сорбционных материалов на основе лузги подсолнечника:

1) сорбент, полученный специальной обработкой лузги по способу, описанному выше;

2) отходы лузги после извлечения меланина;

3) лузга без специальной обработки, прошедшая только этап измельчения.

Фракционный состав всех образцов составлял 0,3...0,5 мм.

В качестве модельных сред использовались растворы с концентрацией ионов Cu^{2+} 0,5 мг/мл, Fe^{2+} 0,5 мг/мл. Для проведения процесса очистки использовались соотношение сорбента к раствору — 1 г на 50 мл. Процесс сорбции проводился в статическом режиме. Эффективность процесса оценивалась путем фотоколориметрического метода анализа.

Кривые кинетики адсорбции приведены на рис. 1 и 2.

Как видно из экспериментальных данных, лучший результат достигнут при использовании сорбента, произведенного по разработанной технологии, при обработке наблюдается практически полное извлечение ионов Cu^{2+} в течение двух часов и ионов Fe^{2+} в течение полутора часов.

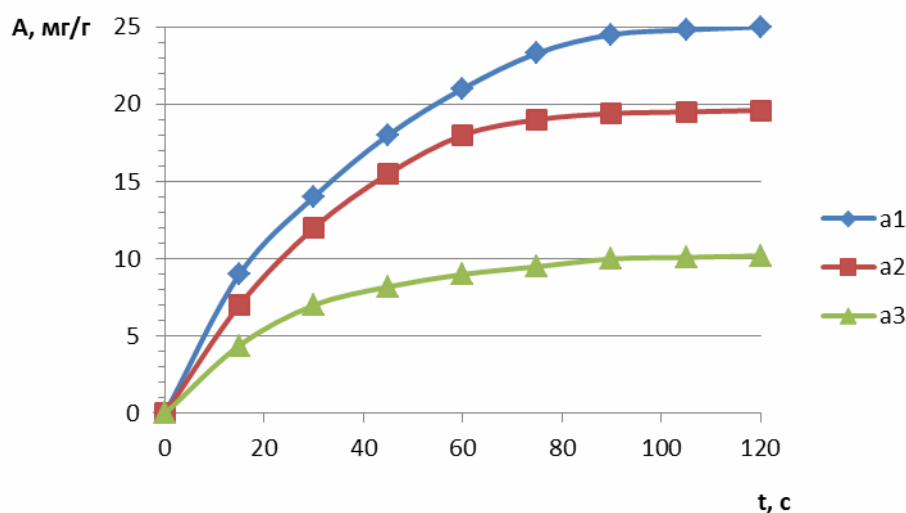


Рис. 1. Кинетические зависимости адсорбции ионов меди: a1 — сорбент, полученный специальной обработкой лузги; a2 — отходы лузги после извлечения меланина; a3 — лузга без специальной обработки

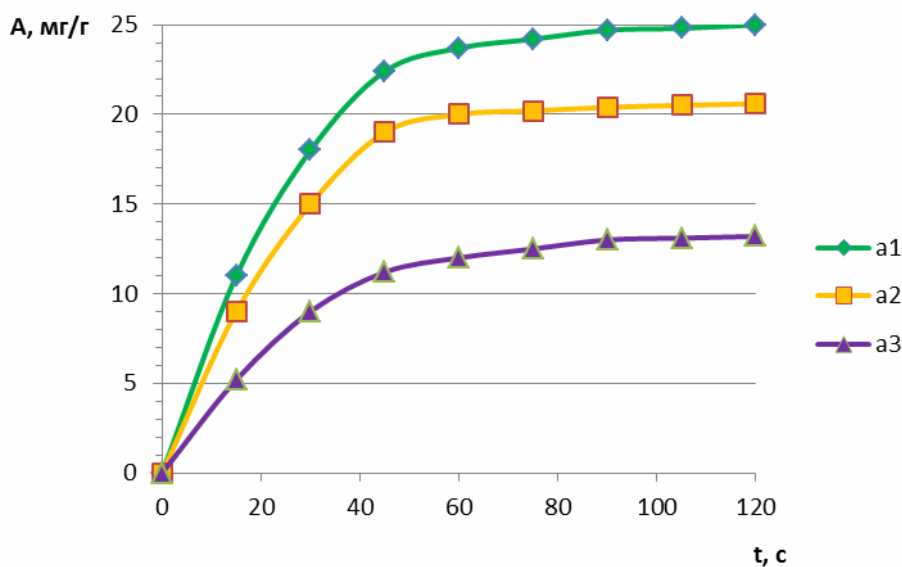


Рис. 2. Кинетические зависимости адсорбции ионов железа: a1 — сорбент, полученный специальной обработкой лузги; a2 — отходы лузги после извлечения меланина; a3 — лузга без специальной обработки

Сорбент, полученный из лузги-отхода производства меланина, дал меньшие результаты очистки вероятно в силу того, что его пористость ниже, чем у сорбента 1. Обработка раствора сорбентом из измельченной лузги показывает низкую сорбционную способность к данному виду загрязнений из-за наличия большого количества балластных веществ в материале, затрудненному доступу ионов к хемосорбенту (лигнину) [7].

Для оценки области применения отходов лузги были проведены исследования зависимости степени извлечения металла от концентрации раствора (рис. 3).

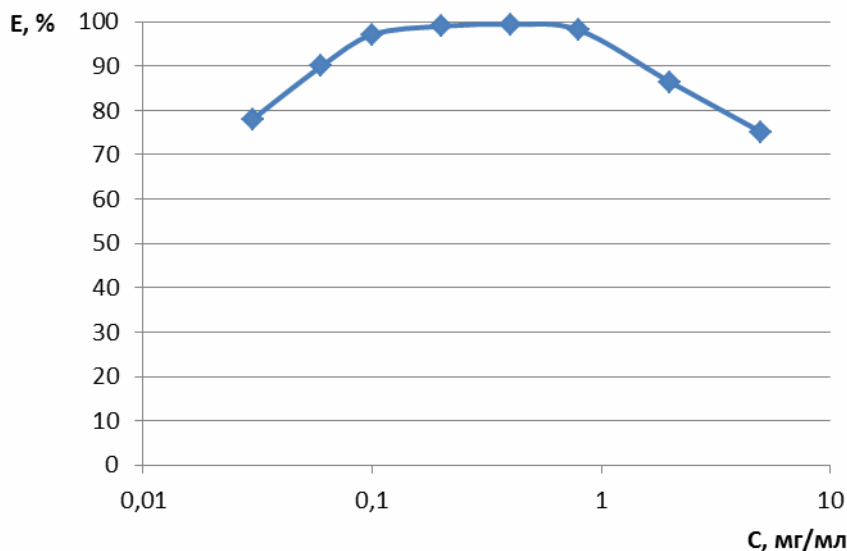


Рис. 3. Зависимость степени извлечения ионов Cu^{2+} от концентрации исходного раствора (время сорбции — 2 ч)

Степень извлечения ионов Cu^{2+} из водных растворов может достигать высоких значений — порядка 98,6...99,6 % при работе с растворами концентрацией, начиная от 0,1 мг/мл и до 1 мг/мл. При работе с сильно разбавленными растворами наблюдается сильное помутнение пробы, изменение цвета жидкости и невозможность проведения фотоколориметрической оценки результатов, что, вероятно, связано с повышенной щелочностью раствора ($\text{pH} = 9...9,5$) и растворением органических веществ. Высокие концентрации, превышающие 5 мг/мл, превышают сорбционную емкость материала и не могут быть качественно уловлены (что характерно для любого вида сорбентов) [8].

Диапазон оптимальных для извлечения концентраций ионов Fe^{2+} несколько шире и находится в пределах от 0,08 мг/мл до 1,7 мг/мл.

Результаты экспериментов статистически обработаны и приведены в работе при доверительной вероятности $P = 0,95$, $n = 5$ (n — количество экспериментов).

Важной характеристикой применяемых в промышленности сорбентов является возможная десорбция и их повторное использование. Однако для данного вида материалов на основе отходов растительного происхождения проведение десорбции практически невозможно в силу того, что проведение процесса потребует обработки материалов концентрированными кислотами и высокими температурами, что приведет к разрушению основы материала — целлюлозы, а выделение целевых продуктов из образовавшихся соединений является экономически не целесообразным [9]. Проблема утилизации отрабо-

танных сорбционных материалов может быть решена применением их в качестве компонента системы микроэлементов, содержащих медь, железо, цинк [10, 11]. В силу того, что основой сорбента остается растительная основа материала, pH материала после процесса очистки нейтральный (порядка 6—7), его можно вносить в почвы.

Выводы:

1. Полученные результаты позволяют сделать заключение о перспективности работы над получением сорбентов на основе лузги подсолнечника, а также использования отходов лузги. При наличии производства меланина может быть предложена комплексная переработка лузги подсолнечника с получением адсорбентов. Возможно также самостоятельное получение сорбентов с использованием технологических приемов извлечения меланина — щелочную экстракцию и интенсификацией процесса различными видами физических воздействий, а также ряд корректировок по подбору pH среды, температурным режимам.

2. Оптимальными технологическими параметрами получения адсорбента на основе лузги подсолнечника по предложенному методу являются: обработка в 0,5 М растворе гидроксида натрия в течение 45 минут, в поле СВЧ с удельной мощностью 0,5 Вт/см³, массовое соотношение лузга — раствор гидроксида натрия 1:5.

3. При обработке воды сорбентами на основе лузги подсолнечника достигается практически полное извлечение ионов Cu^{2+} в течение двух часов и ионов Fe^{2+} в течение полутора часов. Адсорбционные емкости материала находятся в пределах от 5 до 25 мг металла на грамм адсорбента в зависимости от концентрации, на примере ионов меди и железа.

4. Предложено направление утилизации отработанных сорбционных материалов. В силу того, что основой сорбента остается растительная основа материала, pH материала после процесса очистки нейтральный (порядка 6—7), его можно вносить в почвы в качестве компонента системы микроэлементов, содержащих медь, железо, цинк.

5. Результаты экспериментальных исследований показывают, что полученный сорбционный материал обладает высокой активностью по отношению к ионам металлов меди и железа. Сорбционная способность адсорбентов на основе отходов производства меланина несколько ниже, но при этом технологически вполне приемлема, и с учетом возможности использования отходов производства без дополнительных этапов обработки и подготовки эти материалы могут быть рекомендованы к использованию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Способ получения меланина из лузги подсолнечника : пат. № 2643932 Рос. Федерации / Н. В. Грачева и др. ; заявл. 06.06.2017 ; опубл. 06.02.2018, Бюл. № 4.
2. Адсорбционные материалы на основе лузги подсолнечника / Сиволобова Н. О. и др. // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1. С. 1—8.
3. Очистка воды от ионов тяжелых металлов адсорбентами на основе растительных отходов / К. А. Жашуева и др. // Вестник Казанского Технологического университета. 2017. Т. 20. № 7. С. 142—143.
4. Анализ Сорбционных свойств материалов природного и промышленного происхождения/ В. Ю. Борисова и др. // Фундаментальные исследования. 2016. № 9 (часть 2). С. 233—237.
5. Способ получения сорбента из лузги подсолнечника : пат. № 2650978 Рос. Федерации / Н. В. Грачева и др. ; заявл. 11.07.2017 ; опубл. 18.04.2018, Бюл. № 11.

6. Способ получения сорбента из лузги подсолнечника : пат. № 2650979 Рос. Федерации / Н. В. Грачев и др. ; заявл. 11.07.2017 ; опубл. 18.04.2018, Бюл. № 11.
7. Sciban M. M., Klasnja M., Skrbic B. Modified hardwood sawdust as adsorbent of heavy metal ions from water // Wood Sci Technol. 2006. № 40. Pp. 217—227.
8. Suhas P. J. M., Ribeiro Carrot M. M. L. Lignin from natural adsorbent to activated carbon: A review // Bioresource Technology. 2007. Vol. 98. P. 2301—2312.
9. Ozero A., Ozero D., Ozerb A. Process Biochemistry. 2004. Vol. 39. Pp. 2183—2191.
10. Parmar M., Thakur L. S. // International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 2013. Vol. 3. Pp. 143—157.
11. Shah B. A., Shah A. V., Singh R. R. Sorption isotherms and kinetics of chromium uptake from wastewater using natural sorbent material // International Journal of Environmental Science & Technology. 2009. Vol. 6. Pp. 77—90.

© Сиволобова Н. О., Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Букреева К. Е., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Очистка сточных вод адсорбентами на основе растительных отходов / Н. О. Сиволобова, Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов, К. Е. Букреева // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 104—112.

Об авторах:

Сиволобова Наталья Олеговна — канд. биол. наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, svibva.n@inbox.ru

Грачева Наталья Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, gracheva.tasha@yandex.ru

Желтобрюхов Владимир Федорович — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, z_vl_f@mail.ru

Букреева Кристина Евгеньевна — кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, chrisbukreeva@yandex.ru

**Natal'ya O. Sivolobova, Natal'ya V. Gracheva, Vladimir F. Zheltobruhov,
Kristina E. Bukreeva**

Volgograd State Technical University

WASTEWATER TREATMENT USING PLANT WASTE AS ADSORBENTS

Adsorbents obtained from waste of plant origin are capable of replacing the traditional sorbents for removing of heavy metal ions from wastewater. The raw materials for the production of these sorbents are the chemically modified sunflower husks, as well as husk waste after industrial extraction of melanin. Experimentally determined the adsorption capacities and removal efficiency for copper and iron.

Key words: wastewater treatment, sunflower husks, adsorbents, heavy metal ions, melanin.

For citation:

Sivolobova N. O., Gracheva N. V., Zheltobruhov V. F., Bukreeva K. E. [Wastewater treatment using plant waste as adsorbents]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 104—112.

About authors:

Natal'ya O. Sivolobova — Candidate of Biology Sciences, Docent of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, svibva.n@inbox.ru

Natal'ya V. Gracheva — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, gracheva.tasha@yandex.ru

Vladimir F. Zheltobruhov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, z_vl_f@mail.ru

Kristina E. Bukreeva — Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, chrisbukreeva@yandex.ru

УДК 6278

А. А. Короткий, Е. В. Егельская, Э. А. Панфилова

Донской государственный технический университет

О РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОМ ПОДХОДЕ ПРИ АТТЕСТАЦИИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ ПОДЪЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

В статье рассматриваются перспективы применения риск-ориентированного подхода при надзоре (контроле) за аттестацией и выполнением трудовых функций персонала организаций, эксплуатирующих подъемные сооружения, посредством внедрения IT-технологий, обеспечивающих онлайн-взаимодействие персонала, руководящего состава эксплуатирующих организаций и государственных надзорных органов в целях повышения качества уровня квалификации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: подъемные сооружения, персонал, надзор, безопасность, информационные технологии, риск-ориентированный подход.

В условиях конкурентной борьбы на рынке товаров и услуг предприятия эксплуатирующие подъемные сооружения способны достигать основных целей производства и обеспечивать безаварийную работу только при наличии важнейшего фактора производства — высококвалифицированного персонала.

К персоналу организаций традиционно предъявлялись требования соответствия квалификации, соблюдения требований законодательных и нормативных документов, а также неукоснительного выполнения должностных и производственных инструкций. За более чем двадцатилетнее действия законодательства в области промышленной безопасности опасных производственных объектов¹ и требований распорядительных актов Ростехнадзора² участие надзорных органов в контроле соответствия персонала значительно сократилось.

Осталась в прошлом система участия Ростехнадзора в работе квалификационных комиссий персонала, обслуживающего подъемные сооружения, практически не привлекаются представители Ростехнадзора к работе в комиссиях поднадзорных организаций. Таким образом, изменения законодательства, введение в действие Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности³ вынуждают руководство организаций, эксплуатирующих подъемные сооружения, самостоятельно контролировать все вопросы в отношении персонала.

¹ Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.03.2017).

² Приказ Ростехнадзора от 29.01.2007 № 37 «О порядке подготовки и аттестации работников организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору».

³ Приказ Ростехнадзора от 12.04.2016 № 146 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения", утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533».

Известно, что объекты, эксплуатирующие подъемные сооружения, отнесены к низкому классу опасности (4 класс), ввиду чего периодические проверки Ростехнадзором не предусмотрены⁴, а мониторинг деятельности фактически может быть реализован только один раз в год при условии получения отчетов от поднадзорных организаций о производственном контроле соблюдения требований промышленной безопасности.

В действительности создалась ситуация, когда ряд объектов, эксплуатирующих ПС, потеряли связь с надзорными органами по следующим причинам:

- 1) не проводятся плановые проверки;
- 2) не предоставляется отчетность о производственном контроле;
- 3) не привлекаются должностные лица Ростехнадзора к участию в работе аттестационных комиссий поднадзорных организаций.

Что в конечном итоге отражается на показателях аварийности и травматизма.

Статистика аварий и травмирований при эксплуатации ПС свидетельствует о неполной готовности владельцев ПС (эксплуатирующих организаций) к самостоятельному надзору за обеспечением промышленной безопасности, что нашло отражение в надзорных (контрольных) органах власти, в части ужесточения административных мер, а именно:

- 1) при эксплуатации башенных кранов приказом от 12.04.2016 № 146 Ростехнадзора внесены изменения в ФНП по подъемным сооружениям: статья 141 закрепила участие инспектора Ростехнадзора в комиссии по принятию решения о возможности пуска башенных кранов в работу⁵;

- 2) по поручению Правительства Российской Федерации от 8 февраля 2017 г. № АХ-П9-682 «Об организации и проведении в период с 2017 по 2019 год внеплановых проверок организаций, эксплуатирующих башенные краны».

Имеются проекты законодательных актов, в которых предлагается опасные производственные объекты (ОПО), на которых используются башенные краны, отнести к 3 классу опасности, что позволит осуществлять в отношении данных объектов плановые контрольно-надзорные мероприятия с периодичностью один раз в течение трех лет, и, что немаловажно, сами эксплуатирующие организации считают эту меру целесообразной.

Независимо от типа ПС основными причинами аварий и несчастных случаев являются организационные мероприятия, что, в свою очередь, является следствием низкого уровня подготовки работников всех звеньев (рис. 1).

Очевидна необходимость не только всестороннего внимания руководства ко всем этапам деятельности персонала от аттестации до выполнения ежедневных трудовых функций и действий, но и взаимосвязь с надзорными органами, открытость данных о соблюдении промышленной безопасности, что должно способствовать снижению травматизма и аварийности на объектах.

⁴ Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.03.2017).

⁵ Приказ Ростехнадзора от 12.04.2016 № 146 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности „Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения“, утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533».



Рис. 1. Организационные причины аварий и несчастных случаев

Внедрение риск-ориентированного подхода при организации и осуществлении всех видов государственного контроля (надзора) с 2018 г. (введено Федеральным законом от 13.07.2015 № 246-ФЗ) и использование информационно-коммуникационных технологий исполнения обязанностей в электронной форме при осуществлении государственного контроля (надзора) (Постановление Правительства РФ от 21.04.2018 № 482 «О государственной информационной системе „Типовое облачное решение по автоматизации контрольной (надзорной) деятельности“ вместе с Положением «О государственной информационной системе „Типовое облачное решение по автоматизации контрольной (надзорной) деятельности“») являются приоритетными направлениями деятельности в области промышленной безопасности.

Указом президента РФ «Об Основах государственной политики РФ в области промышленной безопасности на период 2025 года и дальнейшую перспективу» от 6 мая 2018 г. в ряду многих определены такие задачи государственной политики в области промышленной безопасности, как:

внедрение риск-ориентированного подхода при организации федерального государственного контроля (надзора) в области промышленной безопасности;

отмена устаревших, избыточных и дублирующих требований промышленной безопасности.

Внедрение IT-технологий во все сферы жизнедеятельности не могло не коснуться эксплуатации подъемных сооружений как в вопросах обучения и аттестации, так и выполнения всех этапов трудовых действий работников. Требуются инновации как при аттестации специалистов, так и при выполнении работ персоналом и контроля за ними. Существует необходимость открытых данных об уровне безопасности для надзорных органов.

В настоящее время выделяются три основных вопроса по контролю безопасности предприятий, эксплуатирующих подъемные сооружения:

- 1) компетентность специалистов, осуществляющих руководство работ на объектах и отвечающих за работоспособное состояние подъемных сооружений;
- 2) взаимодействие персонала и специалистов в период подготовки к эксплуатации и работы подъемных сооружений;
- 3) взаимодействия эксплуатирующих организаций и надзорных органов.

Первый вопрос во многом определен «упрощенной» системой подготовки и аттестации, а именно возможностью самоподготовки к аттестации и аттестации в комиссии поднадзорной организации, где, в свою очередь, выявлены серьезные проблемы (рис. 2.)

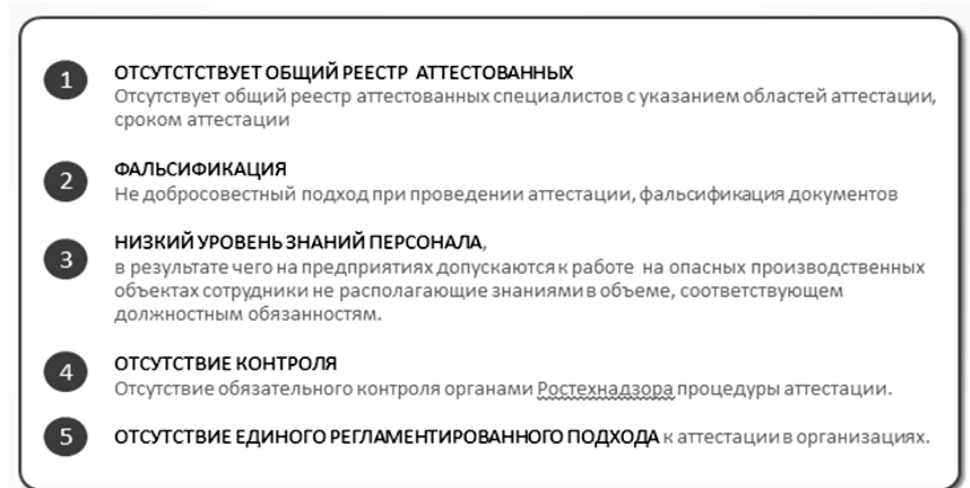


Рис. 2. Проблемы процедуры аттестации в комиссии поднадзорной организации

Следствием перечисленных проблем являются:

низкий уровень знаний специалистов, допущенных к организации и контролю на ОПО;

неспособность поставить производственную задачу, определить пути ее выполнения с учетом возможных рисков и осуществить контроль выполнения задач;

неготовность к нештатным ситуациям на объектах (инциденты, аварии и т. д.).

Второй вопрос — взаимодействие персонала и специалистов. Объекты, как правило, удалены от рабочих мест руководителей и специалистов, что предоставляет возможность, например, машинисту (оператору) подъемного сооружения самостоятельно принимать решение о начале эксплуатации и производстве работ. Периодические посещения объектов специалистами, ответственными за работоспособное состояние, не позволяет объективно оценивать ситуацию, что приводит к многочисленным аварийным ситуациям и травмированиям.

Функции машиниста (оператора) подъемного сооружения, обозначенные в производственной инструкции, предполагают определенный алгоритм его действий перед началом работ, непосредственно связанный с определением технической готовности ПС к безопасной эксплуатации.

Результаты расследований аварий с ПС свидетельствуют о неисправном их состоянии (неработоспособном состоянии отдельных узлов), что не было определено (и отражено в вахтенном журнале) на этапе осмотра машинистом (оператором). Как следствие, о невыполнении требований инструкции машиниста (оператора) не был информирован специалист, ответственный за работоспособное состояние ПС, а руководство организации узнает об этом как о

свершившемся факте уже в ходе расследования причин аварий (травмированных), т. е. важной составляющей является многоуровневый контроль и взаимодействие всех участников деятельности (рис. 3).



Рис. 3. Алгоритм взаимодействия персонала и руководителей

Третий вопрос отчасти является следствием законодательно отмененных плановых проверок объектов 4 класса опасности, что привело к значительному увеличению аварий и случаев травмирования, т. е. следствием неготовности эксплуатирующих организаций и владельцев подъемных сооружений к самостоятельному контролю и соблюдению требования промышленной безопасности.

Каждый рассмотренный вопрос требует индивидуального подхода, где решением может служить реализация основных задач государственной политики в области промышленной безопасности⁶, к которым относятся:

1) внедрение риск-ориентированного подхода при организации федерального государственного контроля (надзора) в области промышленной безопасности;

2) разработка нормативно-правовой базы в части, касающейся создания и внедрения системы государственного дистанционного мониторинга состояния промышленной безопасности, предусматривающей автоматизированный сбор, фиксацию, обобщение, систематизацию и оценку информации о значениях параметров технологических процессов на промышленных объектах в целях определения состояния промышленной безопасности;

3) совершенствование требований к программам подготовки, к аттестации и проверке знаний руководителей и специалистов эксплуатирующих ор-

⁶ Указ Президента РФ от 6 мая 2018 г. № 198 «Об Основах государственной политики РФ в области промышленной безопасности на период 2025 года и дальнейшую перспективу».

ганизаций и организаций, осуществляющих обслуживание промышленных объектов;

4) развитие и внедрение информационных технологий, позволяющих осуществлять взаимодействие с эксплуатирующими организациями, оптимизировать процесс получения, хранения и анализа информации о производственном контроле соблюдения требований промышленной безопасности, о системах управления промышленной безопасностью, об авариях и инцидентах на промышленных объектах;

5) совершенствование правовых механизмов ответственности за нарушение требований промышленной безопасности, а также формирование механизмов стимулирования деятельности по повышению ее уровня.

Таким образом, вопрос контроля и повышения уровня компетентности специалистов организаций, поднадзорных Ростехнадзору, может быть решен за счет введения Единой Аттестационной Системы [1], позволяющей решить следующие задачи (рис. 4).

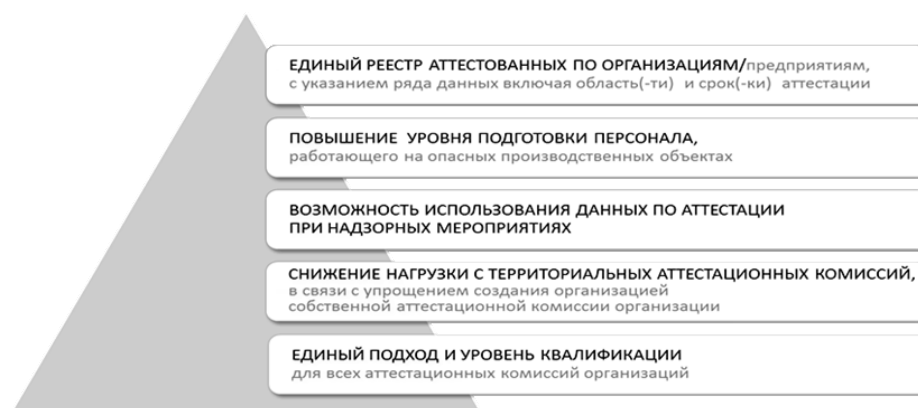


Рис. 4. Единая аттестационная программа

Внедрение риск-ориентированного подхода при организации федерального государственного контроля (надзора) в области промышленной безопасности будет способствовать созданию и реализации системы государственного дистанционного мониторинга состояния промышленной безопасности, совершенствованию требований к программам подготовки, к аттестации и проверке знаний руководителей и специалистов эксплуатирующих организаций и организаций, осуществляющих обслуживание промышленных объектов, а также развитию и внедрению информационных технологий, позволяющих осуществлять взаимодействие с эксплуатирующими организациями, что в полной мере соответствует проводимым в настоящее время реформам контрольно-надзорной деятельности [1].

Решением вопросов взаимодействия персонала и специалистов на всех этапах деятельности, а также открытость информации и взаимодействия с надзорными органами в онлайн-режиме может явиться предлагаемое применение риск-ориентированного подхода, предусматривающего метод организации и осуществления всех уровней контроля, в том числе с целью проведения мероприятий по профилактике нарушений обязательных требований безопасности применительно к объектам, эксплуатирующим ПС, и может

быть реализовано посредством IT-технологии с использованием Web-приложений по управлению безопасностью при эксплуатации технического объекта на основе анализа опасностей и оценки риска в цветовой гамме, алгоритмически связанного с электронным ключом блокировки его локальной системы безопасности [2, 3], тем самым обеспечивая соблюдение безопасности, установленное законодательством в области промышленной безопасности ОПО при эксплуатации ПС с использованием дистанционных технологий (IT-технологий).

Контроль за объектами эксплуатации ПС предлагается реализовывать одновременно посредством контроля за действиями машинистов (операторов) подъемного сооружения, что может быть доступно по соответствующим логину и паролю, которые являются конфиденциальной информацией, позволяющей установить причины произошедшей аварии или инцидента, а также конкретного работника, не выполнившего свои должностные или производственные инструкции (рис. 5), а также контроль за эксплуатацией ПС по сигналу видеонаблюдения (устройство фиксации характеристик «черный ящик») (рис. 6) посредством дистанционно управляемой камеры видеонаблюдения, сигнал от которой передается по сети Интернет в облачное пространство, где хранится видеоинформация.

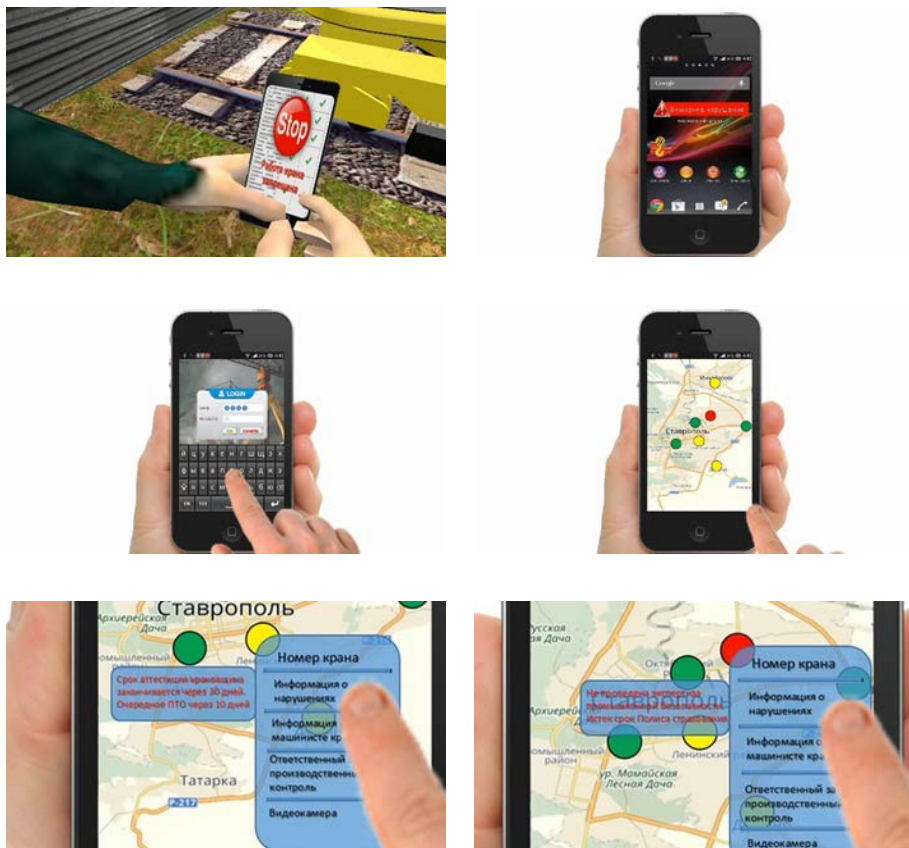


Рис. 5. Этапы отображения алгоритма риск-ориентированного подхода на мобильных устройствах



Рис. 6. Отображение панорамы объекта на мобильном устройстве с использованием видеонаблюдения

Таким образом, решится вопрос тесного производственного сотрудничества обслуживающего персонала и ответственных специалистов, появится возможность в онлайн-режиме контроля всех этапов выполнения трудовых действий.

Выводы:

1. Перспективность применения риск-ориентированного подхода на объектах, эксплуатирующих ПС, в части вопросов, связанных с аттестацией и выполнением трудовых функций персоналом, посредством внедрения ИТ-технологий, заключается в возможности обеспечения надежного функционирования всех подразделений и каждого участника работ по эксплуатации, а также в предоставлении возможности надзорным органам получать в онлайн-режиме доступ к информации по эксплуатации подъемных сооружений для осуществления контрольно-надзорных функций.

2. Комплексный подход к решению проблемных вопросов, имеющих на объектах эксплуатации подъемных сооружений, значительно упростит открытое взаимодействие надзорных органов, руководства и персонала предприятий, что, несомненно, повлечет снижение уровня аварийности и травматизма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Котельников В. В., Егельская Е. В., Короткий А. А. Риск-ориентированный подход к аттестации специалистов в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты // Научно-технический вестник БГУ. 2018. № 3.
2. Короткий А. А., Кинжибалов А. В., Кинжибалов А. А. Мониторинг производственного контроля, аварийности и опасности ОПО IV класса при эксплуатации башенных кранов. Мониторинг // Наука и технологии. 2017. № 4(33). С. 80—85.
3. Совершенствование современных систем безопасности башенных кранов на основе цифровых технологий в условиях риск-ориентированного надзора / А. А. Короткий и др. // Наука и бизнес: перспективы развития. 2018. № 7.

© Короткий А. А., Егельская Е. В., Панфилова Э. А., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Короткий А. А., Егельская Е. В., Панфилова Э. А. О риск-ориентированном подходе при аттестации персонала организаций, эксплуатирующих подъемные сооружения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 113—121.

Об авторах:

Короткий Анатолий Аркадьевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных систем и логистики, Донской государственный технический университет. Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. 24 линия, 2, 17 корпус ДГТУ, spu-50.2@donstu.ru

Егельская Елена Аркадьевна — канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных систем и логистики, Донской государственный технический университет. Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. 24 линия, 2, 17 корпус ДГТУ, spu-50.2@donstu.ru

Панфилова Эльвира Анатольевна — канд. филос. наук, старший преподаватель кафедры эксплуатации транспортных систем и логистики, Донской государственный технический университет. Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. 24 линия, 2, 17 корпус ДГТУ, spu-50.2@donstu.ru

Anatoly A. Korotkiy, Elena A. Egelsky, Elvira A. Panfilova

Don State Technical University

**ON A RISK-FOCUSED APPROACH TO CERTIFICATION OF PERSONNEL
OF ORGANIZATIONS OPERATING LIFTING FACILITIES**

The article deals with the prospects of the application of risk-based approach to the facilities operating lifting facilities, in terms of issues related to the certification and performance of labor functions by personnel through the introduction of IT-technologies that provide open interaction of personnel, management of operating organizations and state supervisory bodies in order to reduce the level of accidents.

Key words: lifting facilities, personnel, supervision, security, information technology, risk-oriented approach.

For citation:

Korotkiy A. A., Egelsky E. A., Panfilova E. A. [On a risk-focused approach to certification of personnel of organizations operating lifting facilities]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 113—121.

About authors:

Anatoly A. Korotkiy — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Operation of Transport Systems and Logistics Department, Don State Technical University. 17 building DSTU, 2, 24-Liniya St., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation, spu-50.2@donstu.ru

Elena A. Egelsky — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Transport Systems and Logistics Department, Don State Technical University. 17 building DSTU, 2, 24-Liniya St., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation, spu-50.2@donstu.ru

Elvira A. Panfilova — Candidate of Philosophy Sciences, Senior Lecturer of Transport Systems and Logistics Department, Don State Technical University. 17 building DSTU, 2, 24-Liniya St., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation, spu-50.2@donstu.ru

УДК 614.894.3

О. Н. Маринина^а, Н. Ю. Ермилова^а, Е. А. Маринина^б

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Волгоградский аграрный университет*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСПИРАТОРОВ ТИПА «СНЕЖОК ГП-В» НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ СВАРЩИКОВ

Проведены испытания респираторов из разработанного материала. Анализ результатов показал, что разработанный ионообменный волокнистый материал может использоваться в качестве сорбционно-фильтрующего элемента респиратора, обеспечивая требуемую эффективность защиты по фтористому водороду.

Ключевые слова: респиратор, фильтрующий элемент, сорбционно-фильтрующие материалы, ПДК (предельно-допустимая концентрация), подмасочное пространство.

Рост и интенсификация строительной отрасли приводит к расширению производств по изготовлению железобетонных изделий, что способствует значительному загрязнению химическими веществами окружающей среды и, в первую очередь, цехов по производству железобетонных конструкций. В связи с этим особую значимость приобретают средства индивидуальной защиты органов дыхания работников таких предприятий.

Анализ условий труда сварщиков в составе арматурных цехов завода ЖБИ позволил заключить, что даже при действующей местной вентиляции концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны значительно превышают предельно-допустимые, что ведет к риску повышения профессиональных заболеваний. При проведении сварочных работ в воздух рабочей зоны выделяется сварочный аэрозоль, в состав которого входят вредные для здоровья человека оксиды металлов (железа, марганца, хрома, ванадия, алюминия и др.), газообразные соединения (фтористые, оксиды углерода, азота, озон). Одним из наиболее опасных соединений является фтористый водород, поэтому защита органов дыхания от вредных сварочных выбросов воздуха рабочей зоны сварщика служит основой многих технологических процессов и является важнейшей проблемой [1, 2].

Оценивая различные материалы, применяемые в фильтрующих элементах респираторов, можно сделать вывод, что наиболее целесообразно использовать смешанные ионообменные сорбенты в виде нетканых материалов [4, 5]. Сорбционно-фильтрующие материалы из анионообменных волокон группы КМ показали высокую эффективность при улавливании хлористого водорода, фтористого водорода, аммиака, диоксида серы, пыли цемента и асбеста, аэрозолей солей металлов при использовании их в качестве фильтрующих элементов кассетных, рамных и рукавных фильтров на предприятиях химической промышленности, цветной металлургии и строительного комплекса. Эффективность улавливания в среднем составляет 99,6...99,8 % [5].

В качестве сорбционно-фильтрующих материалов в респираторах наиболее часто используют иглопробивные, которые изготавливаются с помощью специальных игл перепутыванием волокон холста. Для улавливания сварочно-

го аэрозоля применяется иглопробивной материал, состоящий из двух слоев: 1 слой — анионообменные поликапроамидные модифицированные волокна; 2 слой — гидрофильное модифицированное хлопкоподобное вискозное волокно [1, 3—5]. Соотношение слоев по массе соответственно составляет 1:(0,7—0,3). В качестве анионообменного волокна используется волокно на основе привитого сополимера поликапроамида и полидиэтиламиноэтилметакрилата [2, 5, 6]. Результаты испытаний сравнительных характеристик физико-механических свойств защитного материала приведены в табл.

Результаты испытаний защитного материала

Примеры	Общая масса слоев, гр/м ²	Масса слоя ионообменного волокна, г/м ²	Масса слоя высокомолекулярного вискозного хлопкоподобного волокна, г/м ²	Время защитного действия, час	Разрывная нагрузка (Н) по длине и ширине		Жесткость при изгибе по длине и ширине		Воздухопроницаемость, дм ² /м ²	Гигроскопичность, %	Число смен
1	300	210	90	30	120	140	6,5	6,7	250	9,5	15
2	300	180	120	26	115	100	7,8	8,2	210	9	13
3	300	150	150	21	101	98	9,4	9,5	168	8,9	11
4	300	120	180	17	100	90	10,2	10	140	8,25	7
5	300	90	210	15	96	90	11	10,8	120	8	4

Для описания процессов поглощения НФ разработанным сорбентом использовали изотермическую модель адсорбции [5, 6].

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + u \frac{\partial C}{\partial x} + \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right) \frac{\partial a}{\partial \tau} = 0, \quad (1)$$

где $\frac{\partial a}{\partial \tau} = \beta$,

$$[C - C_{\text{равн}}(a)], \quad (2)$$

$$a = f(C)_{\tau}. \quad (3)$$

Граничные и начальные условия математической модели при первоначально незаполненном слое следующие:

$$\text{при } \tau = 0 \quad C(0, x) = 0, \quad a(0, x) = 0 \quad (4)$$

$$\text{при } \tau > 0 \quad C(\tau, 0) = C_0, \quad a(\tau, 0) = f(\tau), \quad x = 0 \quad (5)$$

Для решения рассматриваемой системы уравнений введем переменную:

$$z = x - \lambda \tau, \quad (6)$$

где λ — скорость движения границы сорбции, м/с.

Решение уравнений (7—9) имеет вид:

$$C_H = C_0 - \frac{\partial G}{\partial \tau} \frac{H\sigma}{\varepsilon F(u - \lambda)m_s}; \quad (7)$$

$$\beta_0 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{(U - \lambda)}{H}; \quad (8)$$

$$\lambda = U \frac{C_0}{C_0 + a_0}. \quad (9)$$

Значение a_0 находилось по формуле:

$$a_0 = C_0(KU_n - 1) = C_0 \left(\frac{5,4893e^{-0,29x}}{G \cdot C_0} - 1 \right), \quad (10)$$

где K — коэффициент защитного действия, определенный из уравнения:

$$K = \frac{ДА}{G \cdot C_0} = \frac{5,4893e^{-0,29x}}{G \cdot C_0},$$

где G — расход ГВС.

Скорость U_n можно определить из уравнения Дарси:

$$U_n = \frac{k \Delta P_{TK}}{\mu h_{ион}}, \quad (11)$$

где U_n — скорость газа в канале пористой среды, м/с; ΔP_{TK} — перепад давления на участке пористого элемента, Па; μ — вязкость газа, Па·с; $h_{ион}$ — толщина пористого сорбирующего элемента, м; k — коэффициент пропорциональности, характеризующий абсолютную проницаемость среды, принимаемый для идеального учета, равным:

$$k = \frac{n_3 d_{cp}^2}{32}.$$

С учетом строения материала, его поровой структуры:

$$d_{cp} = \left(\frac{32 \mu h_{ион} k_n \bar{V}}{\Delta P_{TK} n_3^2} \right)^{0,5}.$$

Скорость поглощения газа, то есть количество поглощенного газа, отнесенное к массе адсорбента (I), в единицу времени или скорость поглощения газа (U_{nr}), можно определить по формуле:

$$U_{nr} = \frac{I}{t} = \frac{M_{\Gamma}}{M_{TK}} = \frac{V_a \cdot C \cdot F_{\text{фильт}}}{F_{mx} \cdot \rho_{mx} \cdot h_{ион}}. \quad (12)$$

где M_{Γ} — масса поглощенного газа, M_{TK} — масса чистого сорбента.

Скорость газа, обусловленная процессом адсорбции, с учетом пористости и удельной поверхности рассчитывается по формуле:

$$V_a = \frac{4U_{nr} F_{TK} \rho_{TK}}{\pi C S_{yD} k_{II} d_B^2}.$$

Тогда определенную за время t_k скорость газа, обусловленную процессом адсорбции, находим по формуле:

$$\begin{aligned} \overline{V}_a &= \left[\frac{4m_{TK} \Delta P_{TK}}{\pi C S_{yD} d_B^2} \frac{1}{t_k} \int_0^{t_k} U_{nr}(t, a) dt = \frac{4F_{TK} \rho_{TK}}{\pi C S_{yD} k_{II} d_B^2} \int_0^{t_k} 5,4893e^{-0,29x} dt = \right. \\ &= \left. \frac{20F_{TK} \rho_{TK}}{\pi C S_{yD} k_{II} d_B^2} \cdot (1 - e^{-0,29x}). \right. \end{aligned} \quad (13)$$

Проведены испытания респираторов с сорбционно-фильтрующим элементом из разработанного материала. Основным показателем защитных свойств респиратора является время защитного действия от начала работы до повышения в подмасочном пространстве концентрации газообразных фтористых соединений более 1 ПДК (если величина обнаружена в 2-3 последовательных пробах). Отбор проб воздуха из зон дыхания рабочего испытателя из подмасочного пространства респиратора и анализ проб на содержание в них газообразных фтористых соединений проводили по методике [3, 5]. Чувствительность определения фтористых соединений — 0,05 мг/м³. Пробы из подмасочного пространства отбирались один раз в рабочую смену. В процессе испытаний регистрировались микроклиматические условия на рабочих местах испытателей: температура, относительная влажность и подвижность воздуха. Оценка определенных показателей респираторов устанавливалась путем сравнения этих показателей по всем респираторам, испытанным во время испытаний. Выведенные средние величины являются установленными величинами по определенным показателям [2].

Для изучения динамики изменения защиты в течение времени построен график изменения во времени концентрации фтористого водорода в зоне дыхания (1) и под полумаской респиратора «Снежок ГП-В» снабженного сорбционно-фильтрующим элементом из двухслойного разработанного материала (2) (рис. 1).

Анализ графика показал, что концентрация HF под маской респиратора на протяжении всего срока испытания не превышала 1 ПДК, что говорит о достаточно высоких защитных свойствах респиратора, а следовательно, сорбционно-фильтрующего элемента [1, 5].

В ходе эксперимента пришли к выводам, что данный ионообменный материал показал наилучший результат при соотношении слоев по массе 1:(0,7—0,3). При этом время защитного действия по HF составляет 30 часов, что в сравнении с другими сорбционными материалами превышает на 11,3 %. Разрывная нагрузка по длине составляет 120 Н и превышает в сравнении с прототипами на 20 %. По ширине 140 Н в сравнении с прототипами превышает на 42 %. Жесткость по длине составила 6,5 сН, по ширине — 6,7 сН; гигроскопичность составила 9,5 %, что в сравнении с прототипами (8,7 %) превышает на 0,8 %. Таким образом, заявленный нетканый материал облада-

ет более высокими защитными и гигиеническими свойствами в сравнении с материалом по прототипу и обеспечивает эффективность защиты органов дыхания во время сварочных работ. Следовательно, рекомендуется к использованию в фильтрующих элементах респираторов для защиты от газообразных составляющих сварочного аэрозоля, в том числе от фтористого водорода. Респираторы с данным двухслойным материалом также могут использоваться в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства, где необходимы СИЗОД от газовых загрязнений и химических соединений.

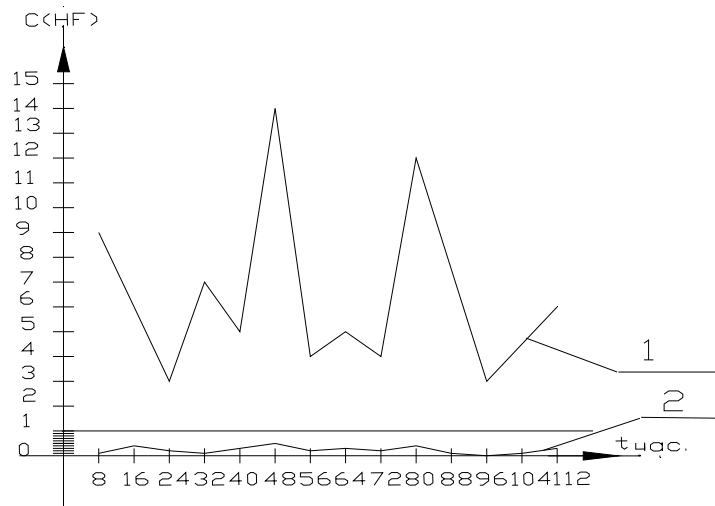


Рис. 1. График зависимости изменения во времени концентрации фтористого водорода: t — чистое время использования респиратора в течение 112 часов (14 смен), ч; C — концентрация HF, ПДК

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н. Оценка защитных свойств сорбционно-фильтрующих материалов : материалы конференции. Михайловка, 2011.
2. Маринина О. Н., Мензелинцева Н. В. Исследование защитных свойств респираторов типа «Снежок-ГП-В» при проведении сварочных работ // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. Вып. 24(43). С. 77—81.
3. Маринина О. Н., Мензелинцева Н. В. Оценка защитных свойств сорбционно-фильтрующих материалов // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона : IV Российская науч.-техн. конф. с международным участием. Михайловка : ВолгГАСУ, 2011. С. 173—175.
4. Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н., Фомина Е. О. Исследование защитных свойств универсальных респираторов типа «Снежок» // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. материалов и науч. тр. инженеров-экологов. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. С. 69—72.
5. Маринина О. Н. Совершенствование средств индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков арматурных цехов завода ЖБИ : дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2012.
6. Быховская М. С., Гинзбург С. Л., Хализова О. Д. Методы определения вредных веществ в воздухе. М : Медицина, 1966.

© Маринина О. Н., Ермилова Н. Ю., Маринина Е. А., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Маринина О. Н., Ермилова Н. Ю., Маринина Е. А. Использование респираторов типа «Снежок ГП-В» на основе двухслойного материала для защиты органов дыхания сварщиков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 122—127.

Об авторах:

Маринина Ольга Николаевна — канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, day.meednight@gmail.com

Ермилова Наталья Юрьевна — канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, n.y.ermilova@yandex.ru

Маринина Екатерина Андреевна — магистрант, Волгоградский аграрный университет (ВолгГАУ). Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26б, day.meednight@gmail.com

Ol'ga N. Marinina^a, Natal'ya Yu. Ermilova^a, Ekaterina A. Marinina^b

^a **Volgograd State Technical University**

^b **Volgograd State Agricultural University**

**RESEARCH OF EFFICIENCY OF THE SORPTION FILTERING MATERIAL
FOR PROTECTION OF RESPIRATORY ORGANS OF WELDERS**

Tests of respirators from the developed material are conducted. The analysis of results has shown that developed ion-exchange the fibrous material can be used as a sorptionno-filtering element of a respirator "Snejok", providing demanded efficiency of protection on fluoric hydrogen.

Key words: the respirator filtering an element, the sorption filtering materials, MPC (maximum-permissible concentration), submask space.

For citation:

Marinina O. N., Ermilova N. Yu., Marinina E. A. [Research of efficiency of the sorption filtering material for protection of respiratory organs of welders]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 122—127.

About authors:

Ol'ga N. Marinina — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, day.meednight@gmail.com

Natal'ya Yu. Ermilova — Candidate of Pedagogic Sciences, Docent, Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, n.y.ermilova@yandex.ru

Ekaterina A. Marinina — Master's Degree student, Volgograd State Agricultural University, 26b, Universitetskii Ave., Volgograd, 400120, Russian Federation, day.meednight@gmail.com

УДК 628.4+614.7

В. Н. Азаров, С. А. Чебанова, Л. М. Лаврентьева, Е. А. Дубовская

Волгоградский государственный технический университет

ОРГАНИЗАЦИЯ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ИХ ТЕРРИТОРИИ

Приведен анализ предприятий Волгограда по суммарной величине выбросов в зависимости от размеров санитарно-защитной зоны. Представлена зависимость величины выбросов от площади санитарно-защитной зоны и зависимость коэффициента распределения выбросов от площади санитарно-защитной зоны. Предложен критерий для оценки загрязнения атмосферного воздуха в СЗЗ предприятий. Даны рекомендации по экологической безопасности производства строительных работ.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона, класс опасности, промышленное предприятие, строительство, экология, отходы, атмосфера.

По своему функциональному назначению санитарно-защитная зона (СЗЗ) является защитным барьером, обеспечивающим уровень безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме. Ориентировочный размер СЗЗ определяется на время проектирования и ввода в эксплуатацию объекта в зависимости от класса опасности предприятия (всего пять классов опасности, с I по V)¹ [1].

В состав проекта СЗЗ входят разделы расчета рассеивания выбросов ЗВ и разделы учета воздействия физических факторов, раздел расчета образования отходов, а также разработка мероприятий по функциональному зонированию территории СЗЗ, режимы ее использования, планировочная организация санитарно-защитной зоны и т. д. Помимо этого, проект СЗЗ включает план-график проведения лабораторного контроля атмосферного воздуха и физических факторов (программа наблюдений).

Размеры и границы СЗЗ определяются в проекте СЗЗ [2—4]. Проект санитарно-защитной зоны обязаны разрабатывать предприятия, относящиеся к объектам I—III классов опасности, и предприятия, являющиеся источниками воздействия на атмосферный воздух, но для которых СанПиН не устанавливает размеры СЗЗ².

Установление зоны воздействия проектируемого предприятия на окружающую среду выполняется комплексно, в несколько этапов.

На первом этапе проводится работа с фондовыми материалами и комплекс исследований текущего состояния территории (в рамках инженерно-экологических изысканий). Данная информация является необходимой для оценки опасных процессов и разработки мероприятий по охране окружающей среды, программы мониторинга окружающей среды, а также существенной для принятия и утверждения окончательных проектных решений³.

¹ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

² Там же.

³ Там же.

На втором этапе выполняется предварительное (расчетное) установление санитарной зоны, отделяющей предприятие от селитебной зоны или от иных зон функционального использования территории. Установление расчетного размера СЗЗ производится в соответствии с классом предприятия и на основе предварительной расчетной оценки физического, химического и др. воздействия предприятия на окружающую среду [2].

На третьем этапе устанавливается (подтверждается) окончательный размер СЗЗ на основании данных натурных замеров и наблюдений в ходе мониторинга (план-график натурных замеров утвержден).

Санитарно-защитные зоны в градостроительной документации. Анализ предприятий Волгограда по суммарной величине выбросов в зависимости от размеров СЗЗ

Сведения о СЗЗ обязательно вносятся в государственный кадастр недвижимости и отражаются в материалах градостроительной деятельности.

В связи с этим территориальные органы Роспотребнадзора для обеспечения информирования органов Росреестра и органов местного самоуправления о принятых решениях об установлении СЗЗ объектов должны осуществлять взаимодействие с хозяйствующими субъектами, обращающимися по вопросу установления СЗЗ, с информированием их о необходимости представления в составе проекта СЗЗ сведений о размерах и границах СЗЗ на карте-плане объекта землеустройства в бумажном и электронном виде в форматах и в системах координат, используемых для ведения государственного кадастра недвижимости. Это необходимо, чтобы пресечь случаи строительства жилых зданий и объектов с нормируемыми показателями выбросов в границах СЗЗ.

Но, к сожалению, не все санитарно-защищенные зоны возможно найти в Росреестре (на публичной кадастровой карте) и на градостроительной карте. Это происходит из-за того, что на согласование в Роспотребнадзор не всегда приходят корректные проекты СЗЗ, которые можно передать в Росреестр для постановки на учет. Кроме того, надо иметь в виду, что границы ряда СЗЗ уже были давно утверждены, сведения о них по настоящий момент в Госреестр недвижимости не внесены.

На рис. 1 представлена карта-схема градостроительного зонирования Волгограда⁴ с указанием границ установленных и ориентировочных санитарно-защитных зон предприятий и предприятий, являющихся основными источниками выбросов в атмосферу. Перечень предприятий, являющихся основными источниками выбросов, принят согласно докладу «О состоянии окружающей среды Волгоградской области», подготовленного Комитетом природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области в 2017 г. Площади СЗЗ приняты на основании карты-схемы территориального планирования [5].

В таблице представлены массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, т/год, площадь СЗЗ каждого из предприятия (по данным открытых источников информации — публичная кадастровая карта, карта зон с особыми

⁴ Картографический фонд Волгограда. Карта зон с особыми условиями использования. URL: <http://www.volgmap.ru/pzzvlg.map/?layers=SPZone>

Публичная кадастровая карта. Зоны с особыми условиями использования. URL: <https://pkk5.rosreestr.ru/>

условиями использования), м^2 , отношение общего валового выброса предприятия к величине площади СЗЗ — коэффициент распределения выбросов, $\text{т/год} \cdot \text{км}^2$. С помощью коэффициента распределения выбросов было рассчитано количество выбросов предприятия на каждые 1000 км^2 его СЗЗ.

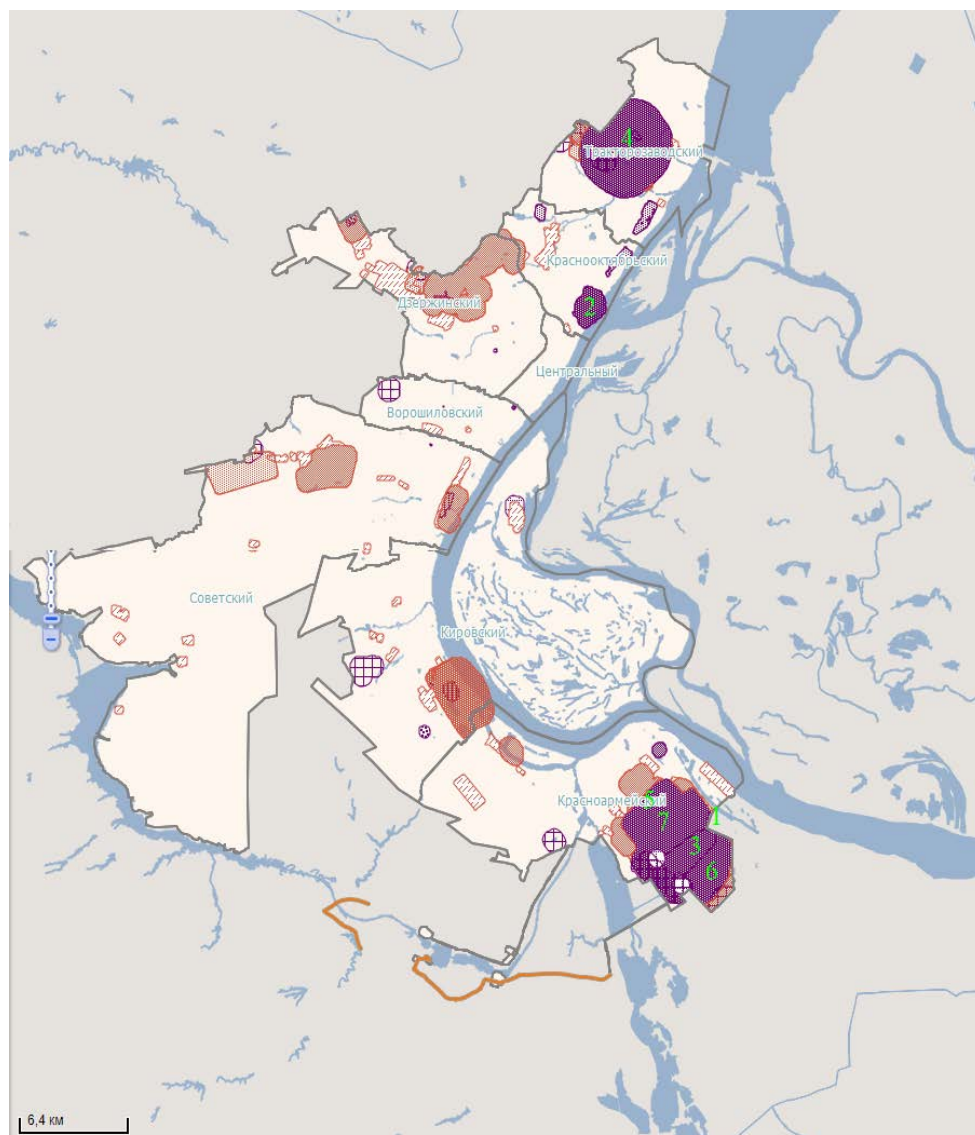


Рис. 1. Карта-схема территориального планирования с указанием установленных и ориентировочных санитарно-защитных зон Волгограда: ■■■■ — границы установленных СЗЗ; ■■■■ — границы ориентировочных СЗЗ; 1 — Волгоградский филиал ООО «Омсктехуглерод»; 2 — АО «ВМК «Красный Октябрь»; 3 — ЗАО «Каустик»; 4 — «РУСАЛ Волгоград»; 5 — ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго» Волгоградская ТЭЦ-2; 6 — Филиал АО «Каустик» «Волгоградская ТЭЦ-3»; 7 — ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка»

Перечень предприятий, являющихся основными источниками выброса в Волгограде

Наименование предприятия	Выбросы загрязняющих веществ 2016 г. (т/год)	Выбросы загрязняющих веществ 2017 г. (т/год)	Площадь СЗЗ (м ²)	Кэфф. распределения выбросов 2016 г. (т/год · м ²)	Кэфф. распределения выбросов 2017 г. (т/год · м ²)	Кол-во выбросов на 1000 м ² 2016 г. (т/год)	Кол-во выбросов на 1000 м ² 2017 г. (т/год)
АО «ВМК «Красный Октябрь»	1336,8	1595,2	2 506 282	0,0005334	0,0006365	0,53338	0,63648
Волгоградский филиал ООО «Омексхуглерод»	1029,4	1008,6	6 645 860	0,0001549	0,0001518	0,15489	0,15176
ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго» Волгоградская ТЭЦ-2	4576,9	2885,5	7 801 968	0,0005866	0,0003698	0,58663	0,36984
Филиал АО «Каустик» «Волгоградская ТЭЦ-3»	3452,1	3525,6	10 015 697	0,0003447	0,000352	0,34467	0,35201
«РУСАЛ Волгоград»	729,3	2045,6	11 632 108	6,27E-05	0,0001759	0,0627	0,17586
АО «Каустик»	1729,3	1685,1	18 157 624	9,524E-05	9,28E-05	0,09524	0,0928
ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка»	8214,9	8538,7	23 603 612	0,000348	0,0003618	0,34804	0,36175

На рис. 2 показаны графики зависимости выбросов загрязняющих веществ от величины площади СЗЗ.



Рис. 2. Зависимость величины выбросов от площади СЗЗ

На рис. 2 видно, что масса выбросов не имеет линейную зависимость от площади СЗЗ. Следовательно, необязательно, что предприятие с большей площадью СЗЗ выделяет и большее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, и наоборот⁵ [6, 7].

Например, предприятие «РУСАЛ Волгоград» с площадью СЗЗ 11 632 108 м² выделяет загрязняющие вещества в 2017 г. 2045,6 т/год, а предприятие Филиал АО «Каустик» «Волгоградская ТЭЦ-3» с площадью СЗЗ 11 015 697 м² — 3525,6 т/год, но предприятие Волгоградский филиал ООО «Омсктехуглерод» имеет следующие показатели — 6 645 860 м², 1008,6 т/год.

На рис. 3 представлен график зависимости коэффициента распределения выбросов от величины площади СЗЗ.

Данные рис. 3 показывают, что количество выбросов на единицу площади не изменяется пропорционально самой площади. Следовательно, если величина СЗЗ больше, это не значит, что выбросов на единицу площади меньше (т. е. концентрация вредных веществ в атмосфере не всегда меньше), и наоборот.

⁵ Постановление Правительства РФ от 3 марта 2018 г. № 222 «Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон»



Рис. 3. Зависимость коэффициента распределения выбросов от площади СЗЗ

Это видно из сравнения таких предприятий, как «РУСАЛ Волгоград», АО «Каустик», ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП».

На рис. 4—6 представлены графики, показывающие массу выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предприятия на каждые 1000 м².

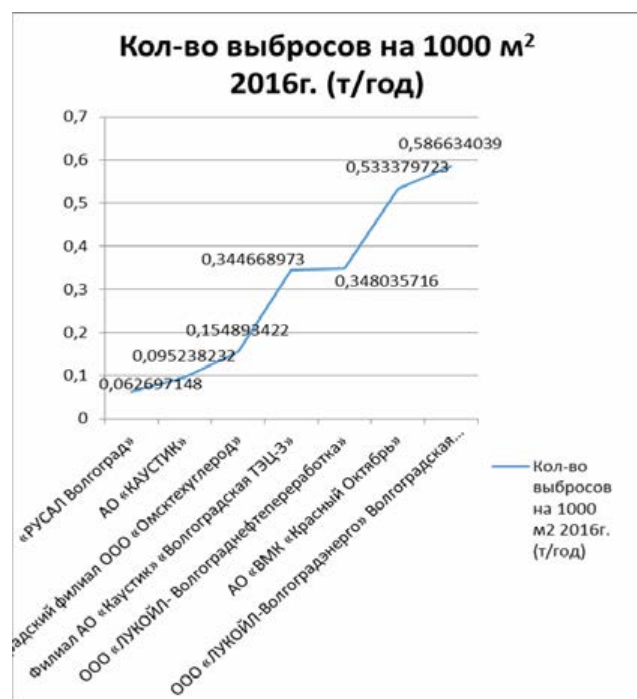


Рис. 4. Количество выбросов предприятия на 1000 м² за 2016 г.

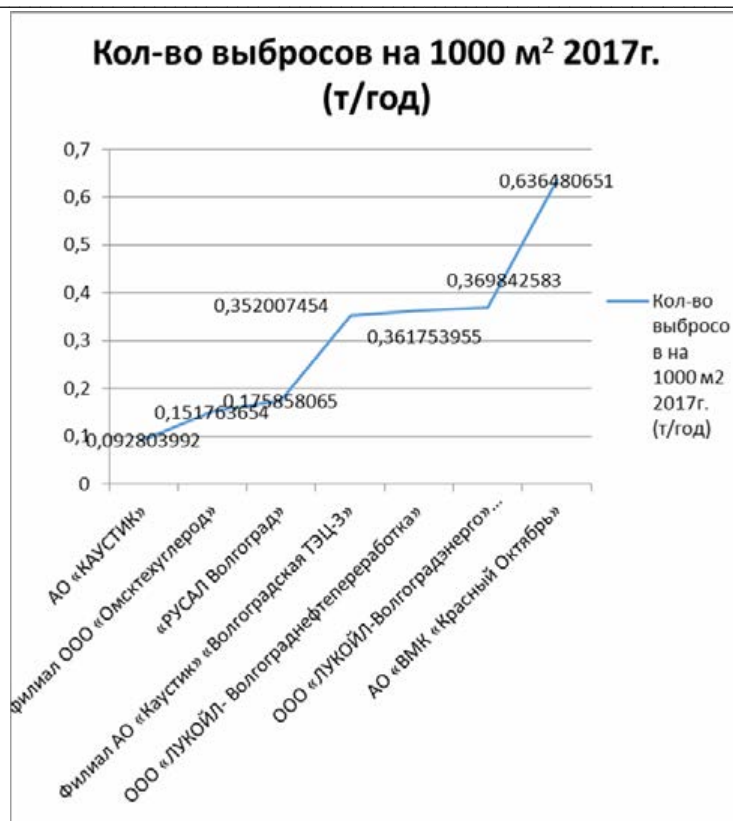


Рис. 5. Количество выбросов предприятия на 1000 м² за 2017 г.

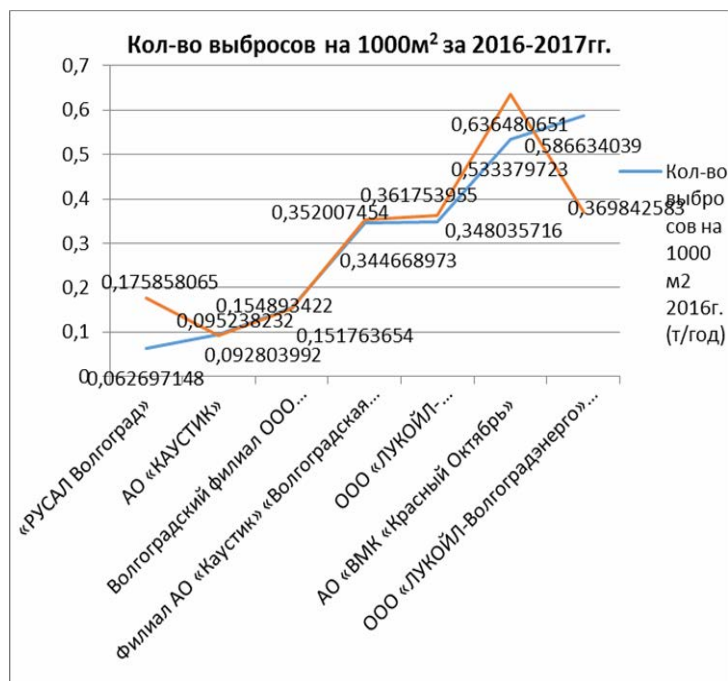


Рис. 6. Сравнение количества выбросов предприятия на 1000 м² за 2016—2017 гг.

Из графиков, представленных на рис. 4—6, можно сделать вывод, какое предприятие выделяет наибольшую массу выбросов на единицу площади СЗЗ. В 2016 году это предприятие ООО «ЛУКОЙЛ-ВНП» (0,34804 т/год на каждые 1000 м²), а в 2017 г. — АО «ВМК «Красный Октябрь» (0,63648 т/год на каждые 1000 м²).

С помощью вычисленных показателей мы можем рассчитать приблизительное увеличение выбросов при расширении производства, а следовательно, и при расширении площади СЗЗ, и наоборот.

Как следует из приведенных данных, для различных предприятий количество выбросов на единицу площади различается существенно, поэтому важно оценить нагрузку на загрязнение атмосферного воздуха в СЗЗ предприятий. Например, таким критерием может служить отношение величины суммарного выброса веществ с плотностью больше, чем плотность воздуха и взвешенных частиц, которые принято называть «стоуновскими». Однако этот показатель не учитывает климатические характеристики и расположение источников выброса, а также величину выброса от конкретных источников, поэтому предлагается ввести критерий оценки загрязнения СЗЗ в следующем виде:

$$I = \frac{M}{S_{\text{СЗЗ}}}, \quad (1)$$

где M — среднее по распределению скорости и направлению ветра количество пыли, поступающее в атмосферный воздух, равное M^1 или M^2 ; $S_{\text{СЗЗ}}$ — площадь санитарно-защитной зоны.

$$M^1 = \iint_S (\int M_{\text{осед}} dv d\varphi), \quad (2)$$

где $M_{\text{осед}}$ — среднее по распределению скорости и направлению ветра количество пыли, оседающее на территории СЗЗ; v — скорость ветра, м/с; φ — угол направления воздушного потока к нормируемой территории (территории, расположенной в границах СЗЗ), °С, рад.

$$M^2 = \frac{\int_{\tau} S_{\text{СЗЗ}}(xy) dv(\tau) d\varphi(\tau) d(S)}{S_{\text{СЗЗ}}}, \quad (3)$$

где τ — промежуток времени, например, год; x, y, d — координаты расположения источника загрязнения относительно нормируемой территории.

Вывод:

Годовое распределение концентрации пыли в СЗЗ является случайной функцией в каждой точке в зависимости от законов распределения климатологических параметров, в первую очередь, в зависимости от скорости ветра (м/с) и φ угла направления воздушного потока к нормируемой территории, расположенной в границах СЗЗ (°С, рад), и величин выбросов на каждом из источников предприятия, самого предприятия, планировочной организации СЗЗ и других предприятий, расположенных за пределами исследуемой СЗЗ. Несмотря на то, что параметры не нормируются, данный критерий позволяет оценить экологическую нагрузку, что делает возможным в дальнейшем использовать при оценке условий труда в санитарно-защитной зоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев В. И., Нестерюк С. А. Расчетный метод проектирования санитарно-защитных зон тепловых энергетических предприятий // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Технические науки. 2006. Вып. 6(20). С. 169—171.
2. Воробьев В. И., Нестерюк С. А. Оценка достаточности размера санитарно-защитной зоны теплоэнергетических предприятий в условиях сложившейся застройки города // Развитие современных городов и реформа жилищно-коммунального хозяйства : материалы III Международной науч.-практ. конф., 6—7 апр. 2005 г. М. : МИКХиС, 2005. С. 39—41.
3. Нестерюк С. А. Возможность определения нормативных санитарно-защитных зон тепловых энергетических предприятий : материалы VIII региональной конференции молодых исследователей г. Волгограда, 11—14 ноября 2003 г. Волгоград : ВолгГАСУ, 2004. С. 70—72.
4. Воробьев В. И., Нестерюк С. А. Эколого-градостроительные проблемы организации санитарно-защитных зон промышленно-энергетических комплексов в условиях сложившейся застройки городов (на примере гг. Волгограда и Волжского) // Архитектура и строительство. Наука и образование как фактор оптимизации среды жизнедеятельности : материалы Международной науч.-практ. конф.-семинара, 11—16 окт. 2004 г., Хаммамет, Тунис. Волгоград : ВолгГАСУ, 2004. С. 111—113.
5. Сазонов В. Е. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2017 году». Волгоград : Темпора, 2018. 300 с.
6. Нестерюк С. А. Пространственное планирование уменьшения загрязнения атмосферного воздуха : материалы ежегодной науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава и студентов ВолгГАСУ, 24—27 апреля 2007 г. : в 3 ч. Ч. 2 : Естественные науки. Технология строительного производства. Тепло-, газо- и водоснабжение. Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. С. 206—209.
7. Чебанова С. А., Воробьев В. И. Выявление и организация опасных с точки зрения эколого-градостроительных требований зон от дымовых выбросов тепловых энергетических предприятий // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 32(51). С. 234—238.

© Азаров В. Н., Чебанова С. А., Лаврентьева Л. М., Дубовская Е. А., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Организация санитарно-защитных зон промышленных предприятий с учетом особенности производства работ на их территории / В. Н. Азаров, С. А. Чебанова, Л. М. Лаврентьева, Е. А. Дубовская // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 128—137.

Об авторах:

Азаров Валерий Николаевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, rtb2006@mail.ru

Чебанова Светлана Александровна — канд. техн. наук, доцент кафедры технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, sveta_nes@mail.ru

Лаврентьева Любовь Михайловна — аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, 89880243647@mail.ru

Дубовская Екатерина Андреевна — магистрант кафедры технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, appel@mail.ru

**Valerii N. Azarov, Svetlana A. Chebanova, Lyubov' M. Lavrent'eva,
Ekaterina A. Dubovskaya**

Volgograd State Technical University

THE ORGANIZATION OF SANITARY-PROTECTIVE ZONES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES TAKING INTO ACCOUNT THE PARTICULAR OPERATIONS ON THEIR TERRITORY

The organization of sanitary protection zones of production facilities, and the restrictions associated with these zones are necessary to maintain a stable environmental situation in the surrounding areas of residential development. Construction works in sanitary protection zones must meet certain conditions and requirements of environmental and industrial safety. The analysis of enterprises of Volgograd on the total value of emissions depending on the size of the sanitary protection zone. The dependence of the emission value on the area of the sanitary protection zone and the dependence of the emission distribution coefficient on the area of the sanitary protection zone are presented. The criterion for the assessment of air pollution in SPZ enterprises is proposed. Recommendations on ecological safety of construction are given.

Key words: sanitary protection zone, hazard class, industrial enterprise, building, ecology, waste material, atmosphere.

For citation:

Azarov V. N., Chebanova S. A., Lavrent'eva L. M., Dubovskaya E. A. [The organization of sanitary-protective zones of industrial enterprises taking into account the particular operations on their territory]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 128—137.

About authors:

Valerii N. Azarov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ptb2006@mail.ru

Svetlana A. Chebanova — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Construction Technologies Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sveta_nes@mail.ru

Lyubov' M. Lavrent'eva — Postgraduate student of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, 898880243647@mail.ru

Ekaterina A. Dubovskaya — Master's Degree student of Construction Technologies Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, appel@mail.ru

УДК 712.2.025

В. Н. Анопин^а, Д. А. Солодовников^б, Е. А. Степанова^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Волгоградский государственный университет*

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ЗЕЛЕННОГО КОЛЬЦА Г. ВОЛГОГРАДА

Представлены результаты анализа современного состояния природной среды Волгограда. Приведены данные, характеризующие выполнение древесной растительностью функций улучшения качественных показателей воздушного бассейна города. Изложены материалы исследований эффективности различных технологий создания зеленых насаждений рекреационного назначения в сложных орографических и почвенных условиях.

К л ю ч е в ы е с л о в а: природная среда, насаждения защитного и рекреационного назначения, технологии зеленого строительства.

Из сложившихся в настоящее время проблем урбанизированных территорий наиболее актуальной является проблема экологической и геоэкологической безопасности [1]. Процессы, не представляющие значительной опасности на территориях с умеренной интенсивностью использования, могут создавать большую проблему в густонаселенных городских районах и обуславливать высокий риск проживания и деятельности населения [2].

Наибольшее воздействие на окружающую среду имеет место в крупнейших городах [3], к которым относится и Волгоград. Значительный ущерб от природных опасностей на урбанизированных территориях является следствием высокой концентрации населения и сложившейся в связи с этим городской инфраструктуры [4].

Рациональное выполнение работ городского строительства и особенно реконструкции существующей инфраструктуры должны выполняться с учетом степени и характера загрязнения природной среды. Несмотря на мероприятия по предупреждению выбросов загрязняющих атмосферу и почву веществ (затраты в 2017 г. составили 111,9 млн рублей), их величины, по данным Комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области¹, далеко не всегда характеризуется тенденцией к снижению (см. табл.).

Более 60 % загрязняющих веществ поступает от автомобильного транспорта, большая часть которого сосредоточена в Волгограде. Основными загрязнителями атмосферного воздуха Волгограда являются: пыль, формальдегид, фенол, хлористый водород, фтористый водород, сероводород, оксид углерода. В результате по ряду заболеваний показатели превышают среднероссийские, и имеет место их неуклонный рост: у детей болезни связаны с системой кровообращения, эндокринной и костно-мышечной систем, у подростков — органов дыхания, системы кровообращения, костно-мышечной

¹ Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2016 году». Ижевск : Принт-2, 2017. 300 с.

Доклад «О состоянии природной среды Волгоградской области в 2017 году». Волгоград : Темпора, 2018. 300 с.

и мочеполовой систем, у взрослого населения — эндокринной системы, кожи и подкожной клетчатки (рост за 10-летний период от 25,4 до 153,0 %)².

Учитывая это, основными задачами разработок по преобразованию ландшафтов территорий Волгограда является достижение здоровых и комфортных условий для параметров ландшафта. Они обеспечиваются при благоприятном климате и микроклимате, отсутствии загрязнения воздуха, воды и почв, а также нужном воздействии других факторов на здоровье и работоспособность человека. При планировании мероприятий следует учитывать, что в Волгограде показатели погоды большей части года мало соответствуют показателям благоприятных для человека природных условий.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Волгоградской области, тыс. т

Виды выбросов	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Всего, в том числе:	170,8	172,5	153,5	159,9	161,4	138,6
твердые	13,1	12,2	9,95	10,0	8,7	8,1
газообразные и жидкие:	157,7	160,3	143,6	149,9	152,5	129,3
диоксид серы	7,7	9,1	7,2	7,6	12,1	7,4
оксид углерода	74,0	72,3	56,7	60,8	54,5	54,3
оксиды азота	6,5	26,0	25,4	27,3	26,2	25,4
углеводороды	46,1	49,4	51,1	51,2	56,4	40,5
Прочие	3,4	3,5	3,1	3,2	3,2	1,6

Наиболее эффективным, надежным и обеспечивающим минимальные затраты средств приемом улучшения состояния урбанизированной природной среды является зеленое строительство, включающее мероприятия по созданию и содержанию древесно-кустарниковых насаждений. Стратегией зеленого строительства урболандшафтов является формирование комплекса зеленых насаждений на адаптивно-ландшафтно-экологических принципах, обеспечивающих увязку их параметров с особенностями рельефа, почв, геологическим и геоморфологическим строением, водным и ветровым режимом территории [5]. В связи с этим необходима разработка вопросов преобразования природного ландшафта для достижения максимального потенциально возможного использования природных ресурсов без его разрушения [5, 6].

Экологические мероприятия должны быть направлены на решение задач оптимизации условий жизнедеятельности населения с учетом достижений научных дисциплин как в области естествознания, так и экономики. При этом следует исходить из того, что снижение абсолютных величин суммарных выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также темпов «давления» производства не может полностью решить экологические проблемы. Необходимо улучшение состояния растительности, проведение работ по благоустройству и т. д. [7]. Целью мероприятий по улучшению экологических условий урболандшафтов является не консервация и охрана отдельных ценных участков ландшафта, а создание системы гармоничных взаимоотношений и взаимодействий человека и природы, направленных на создание комфортных усло-

² Доклад «О состоянии природной среды Волгоградской области в 2017 году». Волгоград : Темпора, 2018. 300 с.

вий для населения при одновременном восстановлении и сохранении экологического равновесия среды [8].

Оптимальное решение экологических проблем возможно только при учете следующих аспектов взаимодействия города и компонентов урбанизированного ландшафта:

1) территориально-функционального, состоящего в приобретении каждой территорией в процессе ее преобразования для выполнения необходимых функций признаков оптимального урболандшафта; он обеспечивает выявление соответствия ресурсов участка намеченным функциям преобразованного ландшафта;

2) ландшафтно-архитектурного (структурно-компонентного), определяющегося взаимодействием города и ландшафта в объемно-пространственной композиции городской среды; характер городской застройки должен согласовываться с визуальными особенностями (своеобразием) природного ландшафта: выявляются доминанты и визуальные связи, определяющие построение силуэтов и панорам города;

3) перспективности будущего состояния, основанного на рассмотрении временного фактора в качестве главного; позволяет на основе анализа эволюции урболандшафта прогнозировать его дальнейшее развитие [9].

Эффективность и интенсивность рекреационного использования зеленых насаждений урболандшафтов зависит от их аттрактивности — способности привлекать человека. По результатам разработок В. Г. Атрохина [10], аттрактивность насаждения является функцией ряда его параметров:

$$K_{ат} = f(K_{уд}; K_{с.ф}; K_{эст}; K_{эмоц}), \quad (1)$$

где $K_{уд}$ — коэффициент удаленности от жилой застройки; $K_{с.ф}$ — коэффициент спроса на основные функции участка; $K_{эст}$ — коэффициент, отражающий эстетико-декоративные качества участка; $K_{эмоц}$ — коэффициент эмоционального воздействия.

Общее благотворное влияние древесного насаждения на человека можно оценить по показателю, вычисленному по формуле:

$$B = f(Z_{тек}; K_{ат}), \quad (2)$$

где $Z_{тек}$ — текущий прирост древесины; $K_{ат}$ — коэффициент аттрактивности.

Однако эти формулы, выведенные на основании исследований в условиях северо-запада России, в зоне жаркого и засушливого климата Волгограда могут применяться лишь как оценочные. Здесь большее значение приобретают видовые особенности древесных пород, возраст насаждения, наличие поблизости акваторий и т. д.

Качественные показатели оценки воздействия зеленых насаждений на население можно свести к ряду основных функций [10]:

1. Фитонцидная функция состоит в обогащении воздуха летучими веществами, вырабатываемыми растениями для самозащиты от бактерий и вредителей и поэтому оказывающими губительное воздействие на болезнетворные микроорганизмы. Вследствие различного химического состава фитонцидов разных древесных пород они оказывают неодинаковое воздействие на разные виды микробов. Из древесных растений в целом наибольшими фитонцидными свойствами обладают: сосны, дуб черешчатый, рябина обыкновенная,

можжевельники, робиния лжеакация, береза повислая, ивы, каштан конский, лиственница сибирская, липа мелколистная, осина, тополи белый и серебристый, ели, клен остролистный, ясени обыкновенный и ланцетный, шелковица, карагана древовидная, спирея, жимолость татарская [8, 11]. Кроме того, фитонциды, встречаясь с токсичными газами, органическими примесями и частицами сажи в воздухе, вступают с ними в химические реакции и превращают их в менее вредные вещества [12], т. е. являются биологическими фиточистильниками.

2. Ионизационная функция проявляется в насыщении воздушной среды электричеством отрицательного заряда, ведущим к улучшению окислительно-восстановительных процессов в тканях человека, интенсификации обмена веществ. Отрицательно заряженные ионы препятствуют развитию гипертонии, бронхиальной астмы, катар верхних дыхательных путей, трудно заживающих ран, ожогов, тропических язв.

3. Антисмоговая функция определяется величиной шероховатой поверхности листы, через которую проходит воздух (в среднем равна 10-кратной площади насаждения).

4. Функция поглощения шума зависит от густоты древостоя, плотности хвои и листы, мощности лесной подстилки, состояния поверхности почвы.

5. Фотоактиническая и психологическая функции обуславливаются положительным воздействием богатства красок, световых контрастов и т. д., обеспечивают снятие стрессов.

6. Кислородопроизводительная функция считается одной из важнейших, составляя у гектара насаждений от 2 до 5 т кислорода в год. Однако с учетом того, что выделение кислорода деревьями и кустарниками в процессе фотосинтеза в течение вегетационного периода в условиях Волгограда компенсируется его поглощением микроорганизмами в процессе разложения опавшей листы, а также древесины валежника и сухостоя в позднеосенний, зимний и весенний периоды, значимость ее велика.

По принятым нормам наиболее удобными для создания зон отдыха считаются территории вблизи городской застройки с лесистостью 50...70 %. На них обеспечивается оптимальное соотношение открытых и закрытых пространств, хорошая просматриваемость пейзажей. Архитектурные ансамбли удачно вписываются в окружающие лесные массивы. Эти территории должны иметь повышенный уровень благоустройства, позволяющий снизить рекреационное воздействие на биоту ландшафта, так как интенсивное использование лесонасаждения для массового отдыха без предварительного проведения специальных мероприятий может привести к его расстройству [8, 9].

Для улучшения экологических условий территории Волгограда во второй половине XX столетия в его окрестностях был выполнен большой объем работ по созданию массивов древесно-кустарниковых насаждений (зеленого кольца города). В настоящее время их территория является объектом хозяйственной деятельности городского лесничества Волгограда, площадь которого на 1.02.2018 г. составляла 13,8 тыс. га, в том числе 6,1 тыс. га (44,2 %) площади, покрытой лесом³. Длительное ограничение финансирования лесохозяйствен-

³ Доклад «О состоянии природной среды Волгоградской области в 2017 году». Волгоград : Темпора, 2018. 300 с.

ных и лесокультурных работ привело к санитарному неблагополучию и даже гибели значительной части насаждений. Но, несмотря на это, мер по улучшению сложившегося положения практически не принимается. Так, в 2016 г. площадь посадок, в которых проводился уход за лесными культурами, составляла всего 863,5 га (6,2 % от площади лесничества), в 2017 г. — снизилась до 666,8 га (4,8 %). Подготовка почв под культуры будущих лет в 2016 г. составляла 28,9 га (0,002 % от площади лесничества), в 2017 г. — отсутствовала. Необходимы срочные крупномасштабные мероприятия по преобразованию существующих и созданию новых насаждений, способных качественно выполнять важные для населения Волгограда рекреационные и защитные функции.

Оптимальным направлением в развитии рекреационного лесопользования вблизи городской черты считается организация лесопарков [11, 13]. Принято считать, что лесопарки должны включать три основных категории ландшафта:

- 1) ландшафты открытых пространств (лугов и водоемов);
- 2) ландшафты полуоткрытых пространств (изреженных и рединных насаждений);
- 3) ландшафты закрытых пространств — лесные массивы значительной сомкнутости, в которых целесообразны ремизы.

В сухостепной зоне расположения Волгограда вследствие низкой декоративности изреженной травянистой растительности, имеющей укороченный период вегетации (в июле — августе она желтеет и частично высыхает), резко снижается роль луговых пространств, и возрастает роль рельефа. Рельеф является ведущим компонентом рекреационного ландшафта и должен приниматься в качестве основы при строительстве дорожно-тропиночной сети, размещении видовых точек, элементов благоустройства и т. д., поэтому разработки по оптимизации методов создания древесных насаждений при сложных орографических условиях должны быть приоритетными.

Значимое улучшение экологических условий урбанизированной среды зелеными насаждениями происходит только при их хорошем состоянии. При высокой загазованности воздушного бассейна оно ухудшается. Воздействие токсичных соединений на древесные растения выражается в сдвигах процессов ассимиляции — диссимиляции, вызываемых накоплением в тканях токсичных соединений [14].

В условиях низких доз техногенного воздействия лесные биоценозы длительное время функционируют нормально, но постепенно накапливают загрязнители. При средней дозе загрязнения у отдельных видов нарушаются процессы питания, проявляется предрасположенность к энтомологическим и патологическим повреждениям. Высокие дозы вызывают массовые заболевания вплоть до распада биоценоза [15].

В целом, наиболее стойкими к газам деревьями и кустарниками являются: тополи (пирамидальный, черный, канадский, бальзамический), робиния лже-акация, гледичия трехколючковая, вязы обыкновенный и приземистый, ясень ланцетный, клен ясенелистный, шелковица белая, айлант высочайший, лиственница сибирская, ель колючая, лох серебристый, можжевельник казацкий, аморфа кустарниковая, бирючина обыкновенная, жимолость татарская, скумпия, карагана древовидная [8 и др.]. Но, принимая это за основу, следует учитывать, что устойчивость древесных пород к различным токсичным газам из-

бирательна. Липа мелколистная устойчива к аммиаку и неустойчива к хлору, оксидам серы и азота, к которым стоек вяз обыкновенный. Жимолость татарская устойчива к оксидам серы и азота и неустойчива к хлору и аммиаку.

После выпадения «кислых» осадков происходит угнетение деятельности почвенной микрофлоры, ведущее к уменьшению активности нитрифицирующих и азотофиксирующих бактерий, снижается скорость разложения растительных остатков, т. е. эффективное плодородие почв. В то же время кислые осадки способствуют снижению щелочности и солонцеватости грунтов [16] и улучшают водно-физические свойства распространенных на территории Волгограда почв.

Изложенное необходимо учитывать при подборе ассортимента декоративных деревьев и кустарников для посадки на территориях Волгограда с близко расположенными крупными предприятиями химии, нефтехимии, металлургии, энергетики и автотранспортными магистралями.

Наряду с правильным подбором ассортимента древесных и кустарниковых пород эффективность мероприятий зеленого строительства определяется рациональностью технологий создания древесно-кустарниковых насаждений.

В соответствии с существующими рекомендациями [9 и др.] для предупреждения развития эрозионных процессов подготовку почв под лесонасаждения на преобладающих в окрестностях Волгограда склоновых землях следует проводить перпендикулярно линии стока. Однако с увеличением крутизны склонов эффективность поперечной вспашки значительно снижается, а при наличии ложбин вспашка поперек склона концентрирует сток и усиливает эрозию почв, поэтому в качестве наиболее эффективного приема подготовки крутосклонов к облесению следует считать террасирование. На затеррасированных склонах образуется ступенчатый микрорельеф, обуславливающий изменение микроклиматических условий: уменьшение скорости ветра, снижение в жаркий период температуры воздуха и почвогрунтов, увеличение влажности воздуха. Происходит изменение характера распределения снежного покрова, возрастают запасы снеговой воды, уменьшается промерзание почв. После нарезки террас в десятки раз ускоряются процессы рассолонцевания [17 и др.]. В то же время на склонах с террасами, нарезанными с обратным уклоном, может иметь место активизация эрозионных процессов. Учитывая это, наиболее целесообразно создание террас с горизонтальным полотном или прямым уклоном. По наличию элементов питания наиболее благоприятные условия складываются в насыпной части террасы, лучшие условия увлажнения у ее выемочного откоса [16, 18 и др.].

Приведенные материалы являются результатами исследований в более благоприятных для древесной растительности условиях, чем в Волгограде. Учитывая то, что с увеличением засушливости климата выращивание древесных насаждений на крутосклонах значительно осложняется, нами было проведено изучение состояния устойчивых к загрязнению атмосферного воздуха поллютантами древесных и кустарниковых насаждений Волгограда, произрастающих по террасам на берегах р. Царицы и ее притоках — балках и склонах Мамаева кургана.

На берегах р. Царицы и балки «Дубовая» насаждения создавались посадкой семян на выемочно-насыпных террасах шириной 4...5 и 10 м с валиком по краю насыпной части высотой 30...40 см. Планировалось выращивание

насаждений с поливом, были проложены водоводы, и установлены гидранты, но полив культур проводился лишь в самые первые годы их создания.

Результаты обследования свидетельствовали о зависимости состояния и роста насаждений от положения на склоне и параметров террас. Так, на террасах шириной 10 м в нижней части склона южной экспозиции средняя высота абрикоса обыкновенного в возрасте 25 лет составила 5,1 м, в верхней — 4,6 м, т. е. различия были небольшими, в то время в верхней части склона на террасе шириной 4 м абрикосовое насаждение имело среднюю высоту 6,4 м, т. е. больше на 39 %. Близким было также соотношение таксационных показателей насаждений вяза приземистого и робинии лжеакалии. Следовательно, на террасах шириной 4 м складываются более благоприятные лесорастительные условия, чем при их ширине 10 м.

В целом же насаждения абрикоса обыкновенного, вяза приземистого, робинии лжеакалии и ясеня ланцетного имели вполне удовлетворительное состояние, усыхания не наблюдалось, суховершинность не превышала 10 %.

Значительно хуже было состояние насаждения на террасах тополя пирамидального, которое в нижней части склона при средней высоте 10,6 м и диаметре 17,8 см имело 56 % сухостоя и 100%-ю суховершинность. В верхней части склона тополевое насаждение, достигшее средней высоты 8,9 м и диаметра 18,1 см, имело 95 % сухостоя и выпадов, т. е. практически погибло. На склоне северной экспозиции показатели лесонасаждений были значительно лучше. На террасах шириной 5 м древесные породы имели хорошее состояние, выпад и суховершинность отсутствовали (за исключением насаждений березы повислой).

На Мамаевом кургане подготовку к облесению склонов проводили в основном нарезкой выемочно-насыпных террас шириной 5...6 м с валиком по бровке насыпной части высотой 40...50 см. На каждой террасе было посажено по два ряда деревьев или кустарников. Также планировалось выращивание орошаемых насаждений, но поливы большей части площади культур выполнялись лишь в самые первые годы их создания. В настоящее время производится полив только узкой полосы зеленых насаждений вдоль главной лестницы и вблизи монумента «Родина-Мать».

При изучении состояния неполивных насаждений на террасированных склонах установлено, что устройство валиков высотой до 50 см не гарантирует предотвращения размыва террас. В местах пересечения их с ложбинами образовались промоины глубиной 0,8...1,3 м и шириной по верху валика 1,5...3,0 м.

Состояние сорокалетних зеленых насаждений зависело от местоположения на склоне, его экспозиции и крутизны, видов древесных растений, характера смешения пород и свойств почвогрунта. Несмотря на значительное нивелирование лесорастительных условий в результате террасирования, лучшее состояние насаждений было в нижних частях прямых склонов и на имеющих наименьшую крутизну вогнутых участках склонов сложного профиля. Так, на супесчаных почвогрунтах в самой нижней части склона юго-западной экспозиции чистые насаждения робинии лжеакалии имели IV бонитет (высоту 9,2 м, диаметр 12,2 см), а в средней — только V бонитет (соответственно 6,2 м и 7,3 см). Аналогично менялись таксационные показатели и у сосны обыкновенной (внизу — преимущественно III, сверху — IV бонитет).

На суглинистых почвах древесные насаждения в целом имели более высокие показатели, чем на супесчаных, но соотношение их параметров в зависимости от положения на склоне сохранилось. Так, если в нижней части склона робиния лжеакация и дуб черешчатый, имея отличное состояние, росли по II,5 бонитету (средняя высота робинии в возрасте 40 лет составляла 12 м, диаметр — 24,5 см, дуба — 11,7 м и 23,4 см), то в верхней — средняя высота робинии была равна 9 м (IV бонитет), диаметр — 12,1 см, 35 % деревьев суховершинили.

Насаждения вяза приземистого отставали в росте от робиниевых (средняя высота в верхней части склона была равна 8,3 м, диаметр — 11,8 см) и, самое главное, имели 100%-ю суховершинность. Тополь пирамидальный полностью выпал.

На более инсолируемом склоне юго-юго-восточной экспозиции состояние зеленых насаждений было значительно хуже. В верхней части склона дуб черешчатый и вяз приземистый имели V а бонитет и суховершинность (80...100 %). В этих условиях их 40-летние насаждения на террасах являлись перестойными, лесовозобновительные рубки в них необходимо проводить в более раннем возрасте (30—35 лет).

На склоне восточной экспозиции произрастали преимущественно многопородные насаждения. В результате их исследования было установлено, что при отсутствии рубок ухода лучшие условия для роста культур создаются при посадке на каждом полотно террасы или только деревьев, или только кустарников. Так, при порядковом смешении вяза приземистого и робинии лжеакация вяз имел среднюю высоту 7,9 м, средний диаметр 9,8 см, суховершинность 50 %, робиния соответственно 7,6 м, 10,3 см и 20 %. При смешении с кустарниками (шиповником обыкновенным, тамариксом ветвистым, кленом татарским и жимолостью татарской) средняя высота вяза снижалась до 6 м, диаметр — до 7,2 см, суховершинность возрастала до 70...80 %. Робиния лжеакация в смеси с боярышником однопестичным имела среднюю высоту 6,1 м, средний диаметр — 7,0 см.

Состояние кустарников, как правило, было лучше, чем деревьев. Скумпия достигала средней высоты 3,5 м, клен татарский — 3,0 м, тамарикс ветвистый — 2,9 м, боярышник однопестичный — 2,9 м, шиповник обыкновенный — 2,5 м, снежноягодник белый — 2,5 м, жимолость татарская — 2,4 м.

Сохранность тополя пирамидального как в верхней, так и в средней частях склона была крайне низкой (не превышала 10 %). Высота сохранившихся экземпляров порослевого поколения в верхней части склона составляла 6,9 м, диаметр — 8,2 см, в средней — соответственно 7,2 м и 10,2 см. При этом было отмечено значительное отставание в росте насаждений других древесных пород, произрастающих на соседних террасах, что следует объяснить их затенением в предыдущие годы быстрорастущими тополями (до их массового усыхания).

Изложенные закономерности о состоянии и росте насаждений имели место и на террасированном склоне теневой северо-западной экспозиции, но здесь вследствие лучших микроклиматических условий у всех насаждений, за исключением тополя пирамидального, была высокая сохранность, суховершинность отсутствовала. Следует отметить, что в дубово-робиниевом насаждении в нижней части склона, отличающимся относительно высоким увлаж-

нением почв, состояние дуба черешчатого было лучше, чем робинии лжеака́ции. Дуб имел среднюю высоту 10,2 м (III бонитет), диаметр — 16,9 см. Большая часть деревьев робинии, не выдержав конкуренции с дубом, выпала, отдельные сохранившиеся экземпляры имели среднюю высоту 9,3 м (IV бонитет), диаметр 15,8 см.

В близких орографических условиях в смеси с жимолостью татарской и смородиной золотой, образовавшими сплошные густые заросли высотой 3 м, робиния имела только IV,5 бонитет (среднюю высоту 7,2 м, диаметр — 8 см).

В средней части склона робиния лжеака́ция имела наиболее высокие показатели в насаждении с 10%-й примесью гледичии трехколючковой (средняя высота робинии 6,9 м, диаметр 9,1 см, гледичии — соответственно 7,2 м и 6,3 см). В робиниево-вязовом насаждении средняя высота робинии лжеака́ции была меньше на 0,5 м, диаметр — на 0,4 см. Древостой вяза приземистого имел таксационные показатели, близкие к робиниевому насаждению. Топо́ль пирамидальный так же, как и на склонах других экспозиций, практически весь выпал, его отдельные сохранившиеся деревья суховершинили и имели V бонитет (среднюю высоту 7,1 м, диаметр 10,7 см).

Следовательно, как на берегах гидрографической сети, так и на склонах тектонических форм рельефа оптимальная ширина террас должна быть равной 4...5 м. В возрасте 40 лет деревья и кустарники и в насыпной, и выемочной частях террас имеют близкие биометрические показатели. При отсутствии рубок ухода наиболее интенсивный рост и лучшее состояние имеют чистые однопородные насаждения. Несколько отстают от них в росте смешанные насаждения из засухоустойчивых деревьев, обладающих близкой интенсивностью роста. В смеси с кустарниками рост и состояние деревьев резко ухудшаются.

Кустарниковые насаждения, как правило, имеют высокую сомкнутость крон, обладают значительной противозерозионной и почвоулучшающей эффективностью, но переизгущены, трудно непроходимы. При отсутствии благоустроенной тропинойной сети они имеют очень низкую аттрактивность и, следовательно, рекреационную ценность.

Наиболее эффективной является «потеррасная» посадка деревьев или кустарников. В самых благоприятных условиях целесообразно использование дуба черешчатого, каштана конского и других декоративных пород, в более жестких — робинии лжеака́ции, вяза приземистого, ясеня ланцетного, засухоустойчивых кустарников. На почвах легкого гранулометрического состава наилучшее состояние имеют насаждения сосны обыкновенной. Выращивание топо́лей при отсутствии орошения нецелесообразно.

Очень сложной категорией лесокультурного фонда зеленого кольца Волгограда являются эродированные склоновые земли с близким расположением карбонатных горизонтов. Для изучения эффективности методов их лесной рекультивации были проведены исследования состояния насаждений, созданных на небольшом расстоянии от Волгограда под руководством Л. И. Рас­торгуева.

На склонах балки «Водяная» северной экспозиции создавались массивные культуры, южной — лесная полоса шириной 30 м из двух 4-рядных лент с расстоянием 8 м между ними. Для предотвращения эрозионных процессов были построены водозадерживающие валы. Испытывались варианты подготовки под

лесонасаждения: плантаж с отвалом, плантаж без отвала, обычная вспашка с почвоуглубителем с отвалом, обычная вспашка с почвоуглубителем без отвала. Высаживались: дуб черешчатый, робиния лжеакация, вяз приземистый, клен ясенелистный, тополи, клен татарский, смородина золотая и др.

В течение первых лет роста культур наибольшая влажность почв была в варианте с плантажной вспашкой с отвалом, затем шла обычная вспашка с отвалом и почвоуглубителем, еще меньше было влаги на участке с плантажной вспашкой без отвала и минимальное количество — на обычной вспашке с почвоуглубителем без отвала. В варианте с плантажной вспашкой с отвалом было отмечено наименьшее количество сорняков и наибольшие приросты лесных культур. На основании этого был сделан вывод о наиболее высокой эффективности плантажной вспашки карбонатных почв [19].

В последующие годы на всех вариантах опыта в культурах вяза приземистого, ясеня ланцетного, клена ясенелистного и тополей имел место значительный спад. К возрасту 12—16 лет они практически погибли и были списаны. Значительно больше соответствовали жестким лесорастительным условиям опытного участка биологические особенности робинии лжеакации и дуба черешчатого. Робиниевые насаждения на почвах легкого и среднего гранулометрического состава сохранились до настоящего времени. По данным лесоустройств 1985 и 1996 гг., а также наших обследований, лучший рост их наблюдался на среднесуглинистых почвах, был несколько слабее на легкосуглинистых и наименее интенсивным на супесчаных. В возрасте 41 года робиниевые насаждения на среднесуглинистых почвах при отсутствии суховершинности имели III бонитет (среднюю высоту 10,8 м, диаметр 15,8 см), на легкосуглинистых — IV (соответственно 8,8 м и 14,4 см), супесчаных — IV,5 бонитет (7,3 м и 14,8 см).

В насаждениях дуба черешчатого к 25-летнему возрасту началось массовое усыхание растений, была проведена лесовозобновительная рубка, и в дальнейшем порослевое поколение росло по IV — V бонитету.

На территории погибших вязовых, ясеневых и тополевых насаждений впоследствии были созданы культуры вяза приземистого и ясеня ланцетного. На почвах этих участков, мелиорированных ранее произраставшими древесными насаждениями, новые культуры оказались более долговечными. Лучшие показатели имели чистые ясеневые культуры (суховершинность отсутствовала, бонитет колебался от I,5 до III). При смешении с вязом приземистым яшень ланцетный рос по IV бонитету и в 26-летнем возрасте имел суховершинность 10...20 %. Вяз приземистый как в чистых, так и в смешанных культурах рос быстрее ясеня ланцетного (преимущественно по III бонитету), но к 26 годам достиг критического состояния и имел суховершинность 90...100 %.

В лесной полосе на южном склоне балки состояние древесных пород в целом было лучше, чем в массивных насаждениях северного склона, несмотря на более жесткие почвенные условия. Это объясняется приносом в нее снега с прилегающей территории, лучшим увлажнением почв, более сильным их промачиванием и выносом из ризосферы деревьев растворимых солей. В возрасте 40 лет вяз приземистый в наружных рядах полосы имел среднюю высоту 9,9 м (III бонитет), диаметр 12,9 см, суховершинность 65 %, во внутреннем — соответственно 9,0 м (IV бонитет), 10,4 см и 90 %. Яшень ланцет-

ный несколько отставал в росте от вяза приземистого, но имел лучшее состояние. В наружных рядах его средняя высота составляла 9,4 м (III бонитет), диаметр 9,1 см, суховершинность отсутствовала, во внутренних — соответственно 7,7 м (IV бонитет) и 7,1 см при суховершинности 40 %. Клен татарский и скумпия коггигрия имели отличное состояние и среднюю высоту 4,5 м.

Таким образом, при лесной рекультивации эродированных берегов балок с близким залеганием карбонатных горизонтов наиболее эффективным способом подготовки почв является плантажная вспашка с оборотом пласта на глубину не менее 60 см и последующее парование с глубокой перепашкой. Лучшее состояние, большую долговечность и максимальную интенсивность роста имеют лесные культуры в виде системы полосных насаждений, разделенных незасаженными интервалами.

В массивных насаждениях, на почвах облегченного и среднего механического состава наиболее эффективны культуры робинии лжеакалии. Культуры дуба черешчатого на карбонатных почвах после возобновительной рубки в возрасте 25 лет дают нормально растущее порослевое возобновление, вследствие чего могут быть более долговечны, чем засухо- и солеустойчивые насаждения вяза приземистого и ясеня ланцетного. Ясеновые культуры отстают в росте от вязовых, но более долговечны и в возрасте 20 лет и старше имеют лучшее состояние. Лесные культуры, созданные на месте ранее произрастающих лесонасаждений, отличаются более интенсивным ростом и большей, чем предшественники, долговечностью.

Выводы:

1. Несмотря на постепенное снижение загрязнения природной среды Волгограда, необходимы мероприятия по ее улучшению, важнейшим из которых является оптимизация зеленого строительства.

2. Преобразование насаждений зеленого кольца, в первую очередь, должно быть направлено на активизацию фитонцидной, нонизационной, антисмоговой и фотоактинической функций; выделение в период вегетации древесной растительностью кислорода компенсируется его поглощением при разложении опавшей листвы и древесины валежника и сухостоя поздней осенью и весной.

3. Наиболее эффективным способом подготовки к облесению крутосклонов является их террасирование; оптимальная ширина террас — 4...5 м; смешение различных древесных и особенно кустарниковых пород на одном полотно террасы нецелесообразно.

4. Лучшим способом подготовки под лесные культуры карбонатных почв склонов является плантажная вспашка с отвалом, оптимальной конструкцией — система полосных насаждений с незасаженными полосными интервалами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минакова Т. Б., Заиканов В. Г. Проблема геоэкологической безопасности урбанизированных территорий // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2018. С. 18—26.
2. Marker B. R. Geology of megacities and urban areas // Engineering Geology for Tomorrow's Cities. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication 22, 2009. Pp. 33—48.
3. Pereyra F. X., Rimoldi I. I. Geological and environmental aspects of the development of megacities: the case of Buenos Aires metropolitan area (AMBA), Argentina // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2003. Vol. 62. № 4. Pp. 431—451.

4. *Осипов В. И., Еремина О. Н., Козлякова И. В.* Оценка экзогенных опасностей и геологического риска на урбанизированных территориях (обзор зарубежного опыта) // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокринология/ 2017. № 3. С. 3—15.
5. К вопросу о методах мелиоративного урболандшафтоведения / В. Н. Анопин и др. // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Естеств. науки. 2006. Вып. 5(18).
6. *Пелерман А. И.* Геохимия ландшафта. М., 1961. 496 с.
7. *Порядин А. Ф.* Состояние окружающей среды и проблема ее реабилитации // Стандарты и качество. 1998. № 5. С. 7—11.
8. *Горохов А. В.* Городское зеленое строительство. М., 1991. 410 с.
9. Озеленение населенных мест: справочник / В. И. Ерохина и др. М., 1987. 480 с.
10. *Атрохин В. Г., Курамиш В. Я.* Ландшафтное лесоводство. М., 1991. 176 с.
11. *Тюльпанов Н. М.* Лесопарковое хозяйство. Л., 1975. 161 с.
12. *Литовкина А. И.* Роль летучих фитонцидов растений в очищении атмосферного воздуха от некоторых токсичных выбросов предприятий и автотранспорта // Гигиена и санитария. 1988. № 4. С. 5—8.
13. *Родичкин И. Д.* Строительство лесопарков в СССР. М., 1972. 180 с.
14. *Rippel A.* Florid into the form food // Fluoride. 1972. № 5. Pp. 90—97.
15. *Levitt A.* Responses of plants to Environmental Stresses // New York. London, 1972.
16. *Анопин В. Н.* Географические основы лесной рекультивации деградированных урбо-ландшафтов Нижнего Поволжья. Волгоград : ВолгГАСУ. 2005. 170 с.
17. *Зайченко К. И.* Почвоулучшающая роль террасирования на склоновых землях правобережья Среднего Дона // Бюлл. ВНИИЛМи. Волгоград, 1984. Вып. 2(43). С. 23—29.
18. *Каишанов А. Н., Заславский М. Н.* Почвоводоохранное земледелие. М., 1984. 462 с.
19. *Расторгуев Л. И.* Влияние различных способов предпосадочной обработки светлокаштановых почв на рост защитных насаждений // Лесной журнал. 1968. № 4. 2 с.

© Анопин В. Н., Солодовников Д. А., Степанова Е. А., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Анопин В. Н., Солодовников Д. А., Степанова Е. А. Адаптивно-ландшафтные технологии восстановления и преобразования насаждений зеленого кольца г. Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 138—150.

Об авторах:

Анопин Владимир Николаевич — д-р географ. наук, проф., проф. кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, AnopinVI.Nik.48@yandex.ru

Солодовников Денис Анатольевич — канд. географ. наук, зав. кафедрой географии и картографии, Волгоградский государственный университет. Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100, densolodovnikov@gmail.com

Степанова Екатерина Александровна — доцент кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ekserstepan@bk.ru

Vladimir N. Anopin^a, Denis A. Solodovnikov^b, Ekaterina A. Stepanova^a

^a **Volgograd State Technical University**

^b **Volgograd State University**

ADAPTIVE AND LANDSCAPE TECHNOLOGIES FOR THE RESTORATION AND TRANSFORMATION OF THE PLANTATIONS OF THE GREEN RING OF VOLGOGRAD

The results of the analysis of the current state of the natural environment of Volgograd are presented. The data characterizing the implementation of woody vegetation functions to improve the quality indicators of the city's air basin are given. The materials of research on the effectiveness of

various technologies for creating green spaces for recreational purposes in difficult orographic and soil conditions are presented.

Key words: natural environment, plantations of protective and recreational purposes, green building technology..

For citation:

Anopin V. N., Solodovnikov D. A., Stepanova E. A. [Adaptive and landscape technologies for the restoration and transformation of the plantations of the green ring of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 138—150.

About authors:

Vladimir N. Anopin — Doctor of Geographical Sciences, Professor, Professor of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, AnopinVI.Nik.48@yandex.ru

Denis A. Solodovnikov — Candidate of Geographical Sciences, the Head of of Geography and Cartography Department, Volgograd State University. 100, Universitetskii Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation, densolodovnikov@gmail.com

Ekaterina A. Stepanova — Docent of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ekserstepan@bk.ru

УДК 712.01

Б. М. Гришин^а, Н. Н. Антонова^б, Е. А. Сасова^б, Е. И. Мельникова^б, И. И. Соколов^б

^а Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

^б Волгоградский государственный технический университет

АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНЫЙ АНАЛИЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННО-ЭСТЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЭЛЬТОНСКИЙ»

Проведен целенаправленный анализ ландшафтно-рекреационной проблемы на территории природного парка «Эльтонский», который связан с интересом населения относительно организации отдыха, восстановления здоровья и туризма. Исследован метод оценки ландшафтно-эстетического потенциала территории парка. Обоснована актуальность использования разработанной методики для анализа особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Оценка эстетических свойств ландшафта проводят по двум методикам: физико-географической и социально-географической [1].

К л ю ч е в ы е с л о в а: информационно-эстетический потенциал, природный парк «Эльтонский», признаки пейзажной эстетики, ландшафт, рекреация, пейзаж, отдых.

Актуальность исследования заключается в выявлении ландшафтно-эстетической оценки парка для населения относительно организации отдыха, лечения и туризма в границах его территории. Особый интерес представляет информационно-ландшафтное направление, отражающее ландшафтно-рекреационное пространство природного парка и позволяющее поддерживать и увеличивать туристическую значимость в регионе и стране.

При попытке объединить подходы были выделены три основных показателя ландшафта: пейзажное разнообразие, экзотичность и уникальность [9].

Цель исследования — сохранение природной среды, уникальных природных ландшафтов и объектов, выделение ландшафтно-эстетических пространств природного парка.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи: проанализировать понятие эстетики ландшафта, методики определения эстетических качеств территории, применить основные подходы к анализу природного парка «Эльтонский», выявить наиболее ценные приоритеты при ландшафтно-эстетическом развитии природного парка.

Граница исследования — природный парк «Эльтонский».

Гипотеза исследования заключается в уникальности природно-ландшафтных факторов как основы для развития туризма в регионе.

Эстетика ландшафта — особое направление ландшафтоведения, изучающее живописность природных и природно-антропогенных ландшафтов, особенности их художественного восприятия человеком и занимающееся оценкой эстетических достоинств ландшафта [4].

Существует взаимосвязь между первичным туристским потенциалом и элементами природных характеристик [7]. А. Геттнер впервые заострил внимание на существовании объективных оценок эстетической ценности ландшафтов [2]. Важнейшими среди них в современном представлении являются следующие: золотое сечение, симметрия, спираль, фрактальность, ритм [5].

Эстетическая реакция на экосистему или экологические характеристики имеют наследственное, или биологическое происхождение: человек стремится в благоприятные места обитания с характеристиками, необходимыми для их выживания и здоровья. К ним относятся: рельеф, обеспечивающий хорошую видимость, передвижение и безопасность, близость к природе, отдых и психологическое восстановление [10].

Природный парк «Эльтонский» расположен в Палласовском районе Волгоградской области. Центром Приэльтона является крупнейшее в Европе соленое озеро Эльтон, площадь которого достигает 180 км² (рис. 2) [5]. Природный парк «Эльтонский» имеет региональное значение (см. табл.).

Площадь ООПТ природного парка «Эльтонский» [3]

Природный парк	Площадь ООПТ		
	тыс. км ²	% территории страны	% территории Волгоградской области
Эльтонский	1060	0,006	0,93

Основные направления работы парка:

- 1) охрана природных комплексов, ландшафтов, уникальных и эталонных природных участков и объектов, популяций растений и животных, находящихся в критическом состоянии, памятников культурно-исторического наследия;
- 2) информационный контроль состояния окружающей природой среды на территории природного парка «Эльтонский» и прогнозирование ее состояния;
- 3) создание условий для регулируемого отдыха (в том числе массового) и туризма при одновременном сохранении рекреационных ресурсов;
- 4) развитие экологического, научного и познавательного туризма;
- 5) просветительская деятельность, экологическое воспитание и образование, научная деятельность и прочие, способствующие достижению уставных целей.

Использование ландшафтно-планировочной организации природного парка позволяет разработать некоторые схемы архитектурно-ландшафтного анализа на основе метода оценки информационно-эстетического потенциала территории. Ландшафтно-эстетический анализ вызван возникновением серьезных нагрузок отдыхающих на ландшафтно-экологические зоны и необходимостью перераспределения нагрузок на части других территорий с аналогичными функциями. Современное развитие парка требует частичного изменения ландшафтно-эстетических зон и акцентов.

Известно, что существует связь информационного потенциала пространства с эстетическим восприятием населения. Для выявления композиционного восприятия пространства определяются существующие пространственные элементы, которые должны нести определенную информацию.

Эстетические качества природного ландшафта оцениваются по следующим показателям [8]:

для лесных насаждений: средняя высота, проходимость, строительство, дендрологическое богатство;

для открытых пространств: вертикальное и горизонтальное изменение рельефа, степени видимости горизонт, количество видимых ландшафтов, проходимость, структурированность, дендрологические богатства.

Главная природная ось (природная ось — линейная природная структура, сформированная, как правило, вдоль рек и включающая водоохранные леса и другие природные территории), пронизывающая парк, проходит вдоль реки Хара. По одну сторону от нее располагается Биологическая балка, по другую отходят мелкие притоки реки и пруды (рис. 2).

Визуально в парке можно выделить 3 зоны, различающиеся озеленением: зона полупустыни, степи и балок, которые резко контрастируют с двумя первыми по наличию густо расположенных деревьев и кустарников.

Наибольшую относительную высоту на местности имеет гора Улаган (69 м над уровнем моря), возвышенность на севере Пресного Лимана и на западе от кош. Морозова (рис. 1).

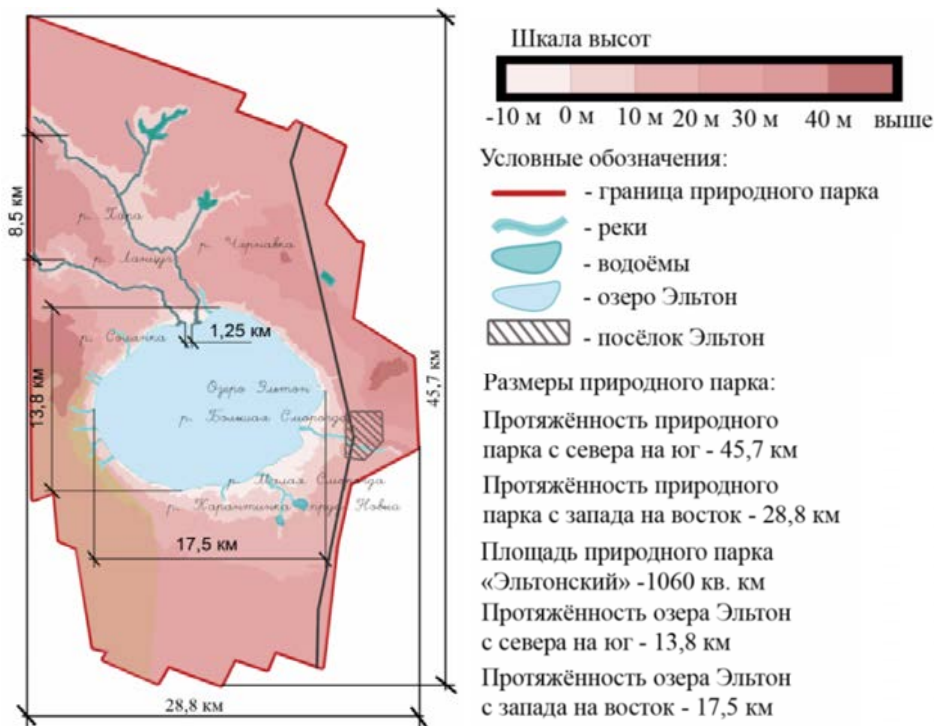


Рис. 1. Опорная схема природного парка «Эльтонский» (авт. — Е. А. Сасова, рук. — Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова)

Композиционные оси парка проходят вдоль природных осей, по которым проходят наиболее живописные видовые маршруты. В местах пересечения главных и второстепенных природных осей располагаются природные узлы парка, являющиеся наиболее ценными в природном отношении природные территориальные образования. Главным природным узлом парка является рапа в месте схождения устьев рек Хара и Ланцуг (рапа — это солевой осадок, который возникает вследствие выпаривания воды на жарком солнце). Также наиболее интересной экосистемой характеризуется участок между

дамбой и местом впадения Большой Сморогды в оз. Эльтон, место пересечения балки Худушной с р. Харой и пруд Худушный. Малые природные узлы располагаются по периметру оз. Эльтон и вдоль его малых притоков (рис. 3).



Рис. 2 Аналитическая схема опорного плана природного парка «Эльтонский» (авт. — Е. А. Сасова, рук. — Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова)



Рис. 3. Схема ключевых элементов ландшафта (авт. — Е. А. Сасова, рук. — Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова)

Оригинальностью территории характеризуется юго-западный участок парка, где расположена степь (рис. 4). Весной степь покрывается ковром цветущих тюльпанов, ирисов, птицемлечника. Летом цветут живокость пунцовая, тимьян, шалфей и другие растения, насыщающие воздух своими ароматами. Осенью взор поражает красно-бордовый бордюр солянок [5].



Рис. 4. Схема информативности пейзажного разнообразия (авт. — Е. А. Сасова, рук. — Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова)

Оценивая уникальность ландшафта, можно отметить рельеф речных балок, опускающийся ниже уровня моря, участок сложного антропогенного ландшафта рядом с прудом Новый и дорожной насыпью, Пресный лиман и Биологические балки. Крупными видимыми ориентирами местности можно назвать гору Улаган, Каньон и возвышенность у поселка Эльтон (рис. 5).

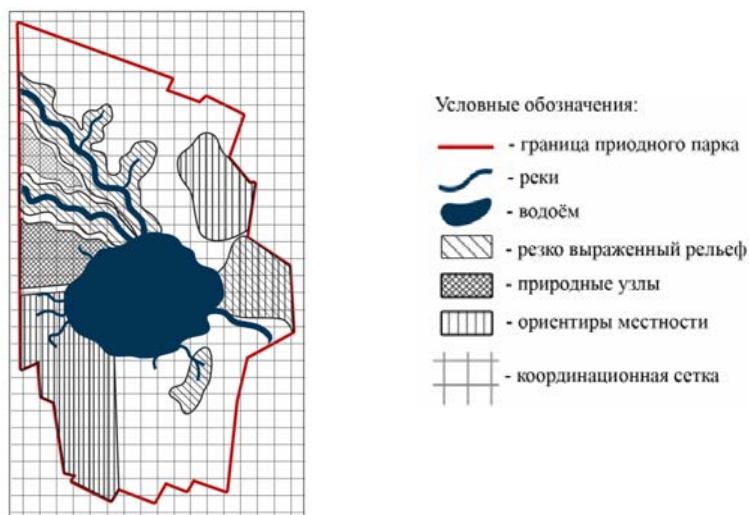


Рис. 5. Схема уникальности ландшафтных участков (авт. — Е. А. Сасова, рук. — Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова)

Равнинный пейзаж парка является размеренным и статичным, что подчеркивает резкие контрасты, создаваемые Каньоном и горой Улаган, а также Каньоном и дамбой. Ярким пятном выделяются речные балки (рис. 5).

К зоне эмоционально-эстетического удовлетворения можно отнести территорию у берегов рек Хара и Ланцуг, отличающихся живописностью. Их берега имеют крутой уклон, а летом уровень воды в реках сильно понижается, что делает их труднодоступными для туризма. К информационно-эстетическим потенциалам территорий относятся сложно осваиваемые Пресный лиман и зона степи. Гора Улаган и Каньон создают достаточно большой перепад высот. В целом территория парка представлена упорядоченным плоским рельефом, покрытым ковром ковыля и полыни (рис. 6).

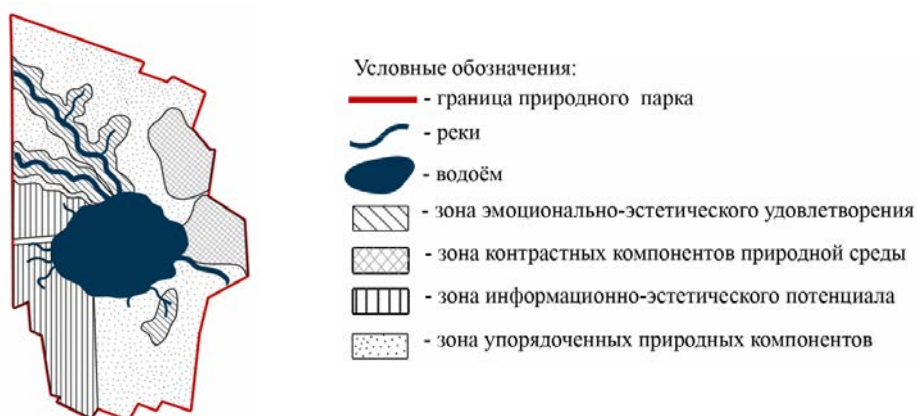


Рис. 6 Архитектурно-ландшафтное зонирование (авт. — Е. А. Сасова, рук. — Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова)

Главной композиционной осью является р. Хара. Небольшой приток озера — р. Большая Сморогда является продолжением оси. В парке есть зоны ритмически повторяемого рельефа: крупные, связанные с его повышением у горы Улаган и у кош. Морозова, и мелкие: антропогенный ландшафт Каньона и территория между Джаныбекской ветвью Палласовского канала и находящейся рядом возвышенностью (рис. 7).

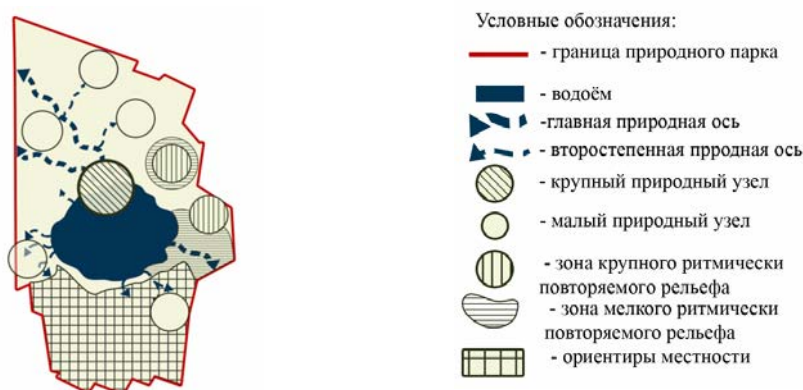


Рис. 7. Основные композиционные оси и узлы (авт. — Е. А. Сасова, рук. — Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова)

Научная новизна данного исследования состоит в разработке региональных критериев развития природного парка «Эльтонский» при помощи составления аналитической схемы опорного плана, схемы ключевых элементов ландшафта, схемы информационно-пейзажного разнообразия, схемы уникальных ландшафтных участков, архитектурно-ландшафтного зонирования, схемы основных композиционных осей и узлов.

Подводя итог анализа эстетического потенциала природного парка, можно отметить ряд закономерностей, обусловленных равнинным рельефом территории:

1) видовыми точками и одновременно ориентирами местности являются возвышенности;

2) композиционные оси проходят вдоль рек, крутые овраги которых являются направляющими и влияют на траекторию пути зрителя;

3) композиционным ядром парка является рапа на севере озера Эльтон, одновременно это фокусная точка рекреационной зоны;

4) наибольшим рельефным разнообразием отличается северная часть парка вследствие влияния Ергенинской возвышенности.

Результаты анализа эстетики пейзажа являются предпосылкой к формированию устойчивого развития окружающей среды, что, в свою очередь, стимулирует туризм в регионе и приводит к улучшению транспортных сообщений и лучшей социальной и экономической интеграции данной территории в муниципальное образование и субъект Федерации. Для достижения устойчивого развития посредством ландшафтного планирования экологические ресурсы должны использоваться настоящим поколением без вреда для будущих поколений [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колбовский Е. Ю. Эстетическая оценка ландшафтов: проблемы методологии // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. 3. № 4. С. 161—164.
2. Аткина Л. И., Жукова М. В. Эстетика ландшафта // Электронный архив УГЛТУ Минобрнауки России ФГБОУ ВПО, Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2013.
3. Иванова Н. В., Антонова Н. Н. Ранжирование ландшафтно-эстетических достопримечательностей региональных природных парков Волгоградской области // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 50(69). С. 210—220.
4. Красовская Т. М. Эстетические функции ландшафтов: методические приемы оценок и сохранения // Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. М., 2014.
5. Некруткина Ю. А. Природно-рекреационный потенциал природного парка «Эльтонский». URL: <http://orenpriroda.ru/steppene/sim2006/1314>
6. Festus I. A. Key issues on landscape planning in The context of environmental Sustainability // European Scientific Journal. Vol. 10. №. 2. Pp. 143—156.
7. Mikulec J., Antoušková M. Landscape and tourism potential in the protected landscape areas // Agric. Econ. Czech, 2011. Pp. 272—278.
8. Galev E. Aesthetic Evaluation of Forest Landscape within the Training and Experimental Forest Range. URL: http://www.kolleg.loel.hs-anhalt.de/landschaftsinformatik/fileadmin/user_upload/_temp_/2012/Proceedings/Buhmann_2012_49_Galev.pdf
9. Çelik F. Ecological Landscape Design // InTech. URL: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>, 2013.
10. Swaffield S., Wendy J. Landscape aesthetic experience and ecosystem services // School of Landscape Architecture, Lincoln University. 2013. № 2.6. Pp. 349—362.

© Гришин Б. М., Антонова Н. Н., Сасова Е. А., Мельникова Е. И., Соколов И. И., 2019

*Поступила в редакцию
в январе 2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Архитектурно-ландшафтный анализ с использованием метода оценки информационно-эстетического потенциала территории природного парка «Эльтонский» / Б. М. Гришин, Н. Н. Антонова, Е. А. Сасова, Е. И. Мельникова, И. И. Соколов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 151—159.

Об авторах:

Гришин Борис Михайлович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и гидротехники, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Российская Федерация, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, voda@pquas.ru

Антонова Наталья Николаевна — доцент кафедры ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, antonovann.nata@mail.ru

Сасова Евгения Александровна — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, evgeniasasova@gmail.com

Мельникова Елена Игоревна — ассистент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, igorevna.1990@mail.ru

Соколов Иван Иванович — канд. арх., профессор, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, sokolovii@mail.ru

**Boris M. Grishin^a, Natalia N. Antonova^b, Evgenia A. Sasova^b, Elena Melnikova^b,
Ivan I. Sokolov^b**

^a *Penza State University of Architecture and Construction*

^b *Volgograd State Technical University*

ARCHITECTURAL AND LANDSCAPE ANALYSIS USING THE METHOD OF EVALUATION OF AWARENESS-ESTHETIC POTENTIAL OF THE NATURAL PARK “ELTONSKIY”

The aesthetic assessment of the territory of the Eltonsky natural Park is Carried out. The methodological approaches are considered and the technique of aesthetic assessment of territories is offered. The method of evaluation of information and aesthetic potential of the territory is investigated. The urgency of using this technique for the analysis of protected areas is proved. The article attempts to apply this method to the territory of the Eltonsky natural Park. The landscape and spatial boundaries are determined, taking into account the relief, the zones of tourist attraction are determined.

Key words: information and aesthetic potential, Elton natural Park, signs of landscape aesthetics.

For citation:

Grishin B. M., Antonova N. N., Sasova E. A., Mel'nikova E. I., Sokolov I. I. [Architectural and landscape analysis using the method of evaluation of awareness-esthetic potential of the natural park “Eltonskyi”]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 151—159.

About authors:

Boris M. Grishin — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Water Supply, Sanitation and Hydraulic Engineering Department, Penza State University of Architecture and Construction. 28, Germana Titova St., Penza, 440028, Russian Federation, voda@pquas.ru

Natal'ya N. Antonova — Docent of Landscape Architecture and Professional Communications Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, antonovann.nata@mail.ru

Evgenia A. Sasova — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, evgeniasasova@gmail.com

Elena I. Mel'nikova — Assistant of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, igorevna.1990@mail.ru

Ivan I. Sokolov — Candidate of Architecture, Professor, Professor of Landscape Architecture and Professional Communications Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sokolovii@mail.ru

УДК 625.712.14

С. Ю. Калашников, Ю. С. Калашникова, Е. В. Шилова

Волгоградский государственный технический университет

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННОГО УРОВНЯ КВАРТИР В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ НА ВТОРИЧНОМ РЫНКЕ ЖИЛЬЯ

Рассмотрены и систематизированы основные показатели оценочных критериев, являющихся ключевыми в субъективной оценке потребителей на рынке недвижимости. Представлена методика возможной оценки, позволяющая выявлять и анализировать предпочтения покупателя.

К л ю ч е в ы е с л о в а: многокритериальная оценка, вторичное жилье, объект недвижимости, система рейтинговой оценки.

Актуальность развития рынка вторичного жилья не только в Волгоградской области, но и в Российской Федерации в целом обуславливается несомненной коммерческой привлекательностью рассматриваемого сегмента рынка недвижимости. Преимуществами подобного типа объектов являются не только развитая инфраструктура и месторасположение, но и отсутствие рисков, связанных с банкротством застройщика при приобретении новостройки. Однако рассматривая предложения на рынке вторичного жилья, потенциальный покупатель сталкивается с необходимостью изучения большого объема информации о заинтересовавших его объектах недвижимости, что зачастую занимает достаточно большое количество времени. Кроме того, больших временных затрат требует анализ полученной информации и осмотр отобранных объектов. Упростить процедуру отбора искомого объекта (квартиры) позволяют различные способы обработки информации, доступные большинству пользователей сети Интернет [1]. Наиболее часто используется геолокация объектов, определяющая предпочтительный район расположения квартиры. Популярны различные способы фильтрации предложений по отдельным объективным показателям (минимальная площадь квартиры, количество комнат в ней и т. д.) или субъективным оценочным критериям (не первый этаж, цена до определенной суммы и т. п.). Однако такие способы систематизации информации носят локальный характер и формируют большой перечень потенциально подходящих объектов, нуждающийся в дальнейшей аналитической обработке. Поэтому повысить эффективность работы с покупателями квартир, а также ориентировать застройщиков на строительство более востребованных объектов недвижимости позволит разработка различных методик многофакторной рейтинговой оценки, применимой для объектов вторичного рынка жилья. Преимуществом методик подобного типа и характеристикой их объективности является построение алгоритма оценки на упорядоченном математическом аппарате, не подвергающемся сомнению.

Основой подобных методик является разработка и применение оценочной системы, включающей такие составляющие, как:

а) перечень показателей, характеризующих объект и позволяющих принять решение о сравнительной ценности;

б) шкала важности показателей для интегральной оценки;

в) формирование универсального критерия, определяющего принцип выбора.

Важным является назначение численных значений для показателей. Существует большое количество оценочных шкал, одна из которых известна нам еще по обучению в школе (5 — «отлично», 4 — «хорошо», 3 — «удовлетворительно», 2 — «неудовлетворительно» и 1 — «плохо»). Для весовых характеристик достаточно широко применяется числовая шкала Харрингтона [2], характеризующая численным значением дробного показателя в интервале от 0 до 1 степень выраженности критериального свойства и имеющая универсальный характер. Число градаций для любой из принимаемых к использованию шкал обычно адекватно применяемым методикам. В рассматриваемом случае для оценки различных инфраструктурных показателей зачастую применяется шкала оценочных критериев: «полное соответствие», «соответствие не в полной мере», «несоответствие», имеющих численное выражение 2, 1 или 0.

Формирование перечня оценочных показателей в методиках подобного типа производится на основании экспертных оценок предметов исследования. При оценке различных городских инфраструктур, объектов недвижимости и сложных техногенных элементов и процессов разумнее производить отбор критериев по группам, отражающим формализованные значимые особенности объекта. В случае применения методик для многокритериальной рейтинговой оценки объектов вторичного рынка жилья значимыми оказываются градостроительные, планировочные, микроклиматические, инфраструктурные и иные критерии. Общий перечень групп критериев соответствует группам требований, предъявляемых к зданиям сооружениям. Согласно действующему законодательству и строительным регламентам¹ основными общими требованиями к зданиям являются функциональные, технические, архитектурно-художественные, экономические и природоохранные требования. В то же время личная оценка потребителем предлагаемых вариантов на рынке вторичной недвижимости формирует свою собственную систему требований, не в полной мере совпадающую с нормативными и отражающую субъективную, непрофессиональную точку зрения на отбор объектов недвижимости, в которой нормативные природоохранные требования или класс капитальности здания оказываются неактуальными. Собственная система оценки, зависящая от возрастной группы, привычек и особенностей каждого конкретного покупателя может значительно различаться в рамках субъективного восприятия, но общие требования к объекту недвижимости можно разделить условно на следующие группы:

- 1) архитектурно-конструктивные;
- 2) инфраструктурные;
- 3) требования безопасности и экологичности;
- 4) требования комфортности.

¹ СП 255.1325800.2016. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения.

СП 372.1325800.2018. Здания жилые многоквартирные. М. : Стандартинформ, 2018.

Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 (ред. от 22.01.2019) № 188-ФЗ.

В списке групп требований особенно выделяются требования комфортности, критерии оценки которых не всегда возможно оценить количественными показателями. Большинство из них возможно определить только качественно, потому что общий принцип восприятия комфортности жилья субъективен и в сравнительной оценке предлагаемых вариантов каждый человек выбирает что-то существенное исключительно для него. Потенциальным покупателем предпринимается попытка сравнительного субъективного подхода к оценке предлагаемых вариантов и их ранжирование. Например, наличие объектов торговли или дошкольного образования, вид из окна, наличие парковки [3], поэтому для оценки по субъективным показателям комфортности в рейтинговых методиках возможно выбирать те показатели, которые относятся к другим группам и поддаются количественной оценке.

Независимо от половозрастной и имущественной дифференциации потенциальных покупателей, их территориальных предпочтений и сложившегося уклада жизни, согласно данным опросов [4] основные требования к объектам жилой недвижимости систематизируем по следующим группам показателей:

1. Показатели оценки конструктивного решения здания.
2. Показатели оценки объемно-планировочного решения дома.
3. Показатели оценки объемно-планировочного решения квартиры.
4. Показатели доступности городских инфраструктур.
5. Показатели доступности транспортной системы.
6. Показатели экологичности и благоустройства.

1. Показатели оценки конструктивного решения здания и его технического состояния представляют собой достаточно многочисленную группу — 9. Они характеризуют материалы несущих и ограждающих конструкций объекта недвижимости, оборудование общедомовых инженерных сетей и систем, потенциальную степень физического износа здания, ремонтпригодность и остаточный ресурс здания. Например, при дифференциации показателя $q_{1,6}$, характеризующего год постройки здания, в качестве точки отсчета для величины физического износа, наиболее привлекательными для потенциального покупателя (и имеющими наивысшую количественную оценку) признаны многоквартирные жилые дома, находящиеся в эксплуатации менее 30 лет.

2. Показатели оценки внутреннего объемно-планировочного решения здания для каждого предлагаемого к продаже объекта, в отличие от предыдущей группы показателей, отражают степень привлекательности самого многоквартирного жилого дома и функциональной комфортности проживания в нем. Общее количество показателей в данной группе — 4, и они определяют как тип планировки этажа или высоту помещений, так и наличие и техническое состояние лифтового оборудования. Например, $u_{2,4}$ имеет минимальное значение, если дом является памятником архитектуры из-за возможных ограничений по ремонту и переоборудованию.

3. Показатели оценки объемно-планировочного решения квартиры отражают определенный уровень комфортности пребывания в жилище, выражающийся в рациональности внутренней планировки жилых и вспомогательных помещений, их взаимном расположении, разделении на гостевую и приватную зоны. Общее количество показателей в данной группе — 7, и качественной характеристикой, к примеру, для показателя $v_{3,4}$, описывающего

наличие проходных комнат, станет тип планировки: от наименее благоприятного анфиладного до наиболее предпочтительного — с изолированными комнатами.

4. Показатели доступности городских инфраструктур учитывают не только расположение объекта недвижимости относительно общегородского делового центра или центра района, но и «насыщенность» района расположением различными городскими инфраструктурами. В эту группу включается и социальная инфраструктура, объекты здравоохранения, и наличие школ и детских садов. Это самая многочисленная группа показателей из 10 параметров определяет удобство проживания в районе и его престижность. Например, показатель $w_{4,2}$ определяет максимальную оценку в случае если объекты торговли (рынок, ярмарка, сетевой универсам, гипермаркет), исключая магазины «шаговой доступности», находятся в пешеходной досягаемости (т. е. на расстоянии до 700 м) от объекта недвижимости.

5. Показатели доступности транспортной системы формируют представление о развитости сети общественного транспорта по району расположения каждого объекта недвижимости. Приоритет в оценке определяют утвержденные линии маршрутного общественного транспорта с высокой провозной способностью. Маршрутное такси в общие схемы транспортного обслуживания города не включается. Приоритет рельсового транспорта определяется оптимальной средней скоростью в связи с выделенным путем его следования, способным зачастую исключить заторы и пробки. Общее количество показателей в рассматриваемой группе — 5, их задача — оценить общую интегрированность района расположения объекта недвижимости в транспортную сеть и возможность быстрых и беспересадочных перемещений для потенциального покупателя. К примеру, показатель $m_{5,4}$ характеризует возможность внутрирайонных и вылетных беспересадочных корреспонденций средствами городского магистрального общественного транспорта. Наивысшую оценку он получает, если беспересадочным проездом от места расположения квартиры связаны три или более городских района.

6. Показатели экологичности и благоустройства (общим числом 6) включают в себя не только фоновое урбанизированное воздействие на окружающую среду, но и рекреационные возможности территории. Для количественной оценки показателей шумового, вибрационного и воздушного загрязнения возможно воспользоваться оценкой близости каждого объекта недвижимости к таким техногенным объектам, как магистральные улицы, автотранспортные узлы, производственные зоны, пути сообщения электро- и ж/д транспорта, ЛЭП, радиопередающие и параболические антенны, антенны мобильной связи. Например, показатель $n_{6,6}$ характеризует наличие зеленых насаждений и получает наивысшую оценку в случае близкого расположения объекта к скверу, парку или лесному массиву.

Каждому из 41 показателя присваиваются численные значения по трехбалльной шкале, где оценка 0 означает «полное несоответствие», 1 — «частичное несоответствие» и 2 — «полное соответствие» либо нормативному значению для показателя, либо объективному уровню потребительских предпочтений. По результатам суммарной оценки делается вывод об общем интегральном уровне качества объекта недвижимости. Оценочная шкала позволяет упростить восприятие о различных показателях для каждого из оценивае-

мых потребителем объектов недвижимости и упорядочить результаты сравнения для нескольких вариантов.

Используя различный математический аппарат, можно выстраивать различные модели сравнения объектов вторичного рынка жилья. В [5] производится сравнение регрессивного, многофакторного и метода главных компонентов как вычислительных инструментов при оценке потребительских качеств квартир. При этом установлено, что наиболее пригодным является многокритериальный сравнительный анализ. Оценка уровня качества квартиры осуществляется по величине так называемого «синтетического показателя», вычисляемого из численных значений критериев качества квартир из 13 штук (частично совпадает с приводимым нами ранее перечнем) с учетом весовых коэффициентов критериев для жителей различных возрастных групп. В [6] в основу сравнительной модели заложено состояние строительных конструкций здания. Вычислительную модель для установления оптимального решения предлагается строить на математическом приеме, основанном на теории статистических решений. Устанавливая единые значения для разнородных показателей (баллы, весовые коэффициенты и т. п.), по ряду направлений формируется так называемая «матрица выигрышей», которая является основой для решения задачи принятия решения в условиях неопределенности. При этом получаемые численные значения критерия Вальда указывают на оптимальный вариант при наихудших показателях. Критерий Севеджа при этих же показателях указывает на наилучшее решение при минимальных финансовых убытках. В [7, 8] предложена методика рейтинговой оценки качества функционирования транспортной системы города. В [9] показано применение этой методики для количественной оценки уровня качества проживания в крупном городе.

Пусть для некоторого объекта недвижимости на вторичном рынке имеется несколько групп показателей. Обозначим их Q, U, V, W, M, N и т. д. Каждая из групп может включать разное количество показателей для оценки общим числом p . Показатели можно оценить по трехбалльной шкале, т. е. «0» — обозначает наихудший, «1» — удовлетворительный, а «2» — наилучший результат. Тогда общая оценка объекта по группе показателей элемента Q составит:

$$Q = \sum_{i=1}^p q_i, \quad (1)$$

где q_i — каждый из отдельных показателей.

В том случае, если бы все показатели q_i имели наилучшую оценку, то общая оценка составляла бы $Q_{\max}$. Тогда относительную оценку объекта недвижимости по показателям группы Q можно выразить следующим образом:

$$R_Q = \frac{Q}{Q_{\max}}. \quad (2)$$

Назовем эту величину локальным рейтинговым показателем группы Q . Численное значение этого показателя находится в интервале $0 \leq R_Q \leq 1$.

Также возможно получить локальные рейтинговые показатели для других групп показателей по этому же объекту недвижимости. В соответствии с

обозначениями локальные рейтинговые показатели, соответственно, будут обозначены как R_U , R_V , R_W . Тогда суммарный показатель для всех элементов системы назовем итоговой пофакторной оценкой квартиры:

$$R_R = \sum_{i=Q,U,V,W,M,N} R_i \mu_i, \quad (3)$$

где μ_i — весовой коэффициент группы показателей, учитывающий устоявшиеся представления о существенности именно этой группы показателей. Представляется, что наиболее существенными для покупателя являются показатели оценки фундаментальных характеристик объекта недвижимости — конструктивное решение здания, объемно-планировочные характеристики дома и квартиры, поэтому $\mu_Q = \mu_U = \mu_V = 1$. В несколько меньшей степени на выбор влияют показатели инфраструктуры и транспорта, т. е. $\mu_W = \mu_M = 0,9$. Наименее приоритетным оказывается фактор экологичности и благоустройства, поэтому принимаем $\mu_N = 0,8$.

Результат, полученный в (3), является суммой относительных величин. Такая оценка индекса находится в интервале $0 \leq R_R \leq 4$ и не будет являться наглядным показателем величины. С точки зрения адекватности восприятия рациональнее выглядит уже использованная ранее относительная оценка. Для этого вычислим отношение полученного значения итоговой пофакторной оценки к максимально возможному значению:

$$F = \frac{R_R}{R_R^{\max}}. \quad (4)$$

Назовем F индексом потребительских предпочтений, значение которого может составлять: $0 \leq F \leq 1$, т. к. $R_R^{\max} = 4$. Тогда по трехбалльной шкале объект недвижимости можно оценивать следующим образом: при $F \leq 0,25$ — неудовлетворительное, т. е. «0», что означает оценку ниже наихудшего варианта; при $0,26 \leq F \leq 0,75$ — удовлетворительное, т. е. «1»; при $F \geq 0,76$ — хорошее, т. е. «2», что означает, безусловно, предпочтительный вариант.

Дальнейшее использование этой числовой оценки способно скорректировать итоговую стоимость вторичного объекта недвижимости. Пусть на вторичном рынке средняя цена квадратного метра жилой недвижимости в муниципальном образовании составляет S_0 тысяч рублей за 1 м^2 . Тогда ожидаемая цена квартиры площадью $A \text{ м}^2$ равна:

$$C_0 = S_0 A. \quad (5)$$

Значение индекса потребительских предпочтений снижает ее стоимость в понимании покупателя до:

$$C_1 = F C_0 = F S_0 A. \quad (6)$$

Цена квартиры C , назначенная продавцом, по всей видимости, будет не меньше, чем C_0 , но явно больше, чем C_1 :

$$C_1 < C < C_0. \quad (7)$$

Сопоставляем эти экономические характеристики и приходим к очевидному соотношению:

$$\frac{C}{C_1} = \frac{SA}{FS_0A} = \frac{1}{F} \frac{S}{S_0} > 1, \quad (8)$$

где S — запрашиваемая продавцом цена за квадратный метр

Назовем это отношение коэффициентом переоценки. На цену, назначенную продавцом, влияют разнообразные факторы, носящие зачастую эмоционально-чувственный характер (имиджевые впечатления, репутационная составляющая, состав проживающей публики, вид из окна, культура обслуживания, благополучие района и т. п.) и не имеющие количественной оценки.

Цена квартиры, предполагаемая по нашей методике, наоборот, основана на тех же показателях, но утилитарно формализованных до простейших оценок. Разница между ценой продавца и ценой с учетом понижающего коэффициента отражает степень объективной адекватности цены, т. е. субъективной переоценки продавцом каждой конкретной квартиры, являющейся предложением на вторичном рынке.

Выводы:

1. Предложена методика комплексной оценки качественного уровня квартир на вторичном рынке жилья.
2. Методика основана на пофакторной формализованной оценке объективных показателей, доступной и понятной для рядового пользователя, не обладающего специальным знанием.
3. Полученное в результате численное значение индекса потребительских предпочтений для каждой квартиры дает возможность объективного и аргументированного выбора.
4. Предлагаемое использование коэффициента переоценки позволяет наглядно представить расхождение запросов продавца и возможностей покупателя квартиры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонтьева Л. Ю., Петракова С. В. Краткий анализ питерских сайтов недвижимости // Недвижимость: экономика, управление. 2003. № 6. С. 91—95.
2. Экономико-математические методы в примерах и задачах / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, Н. В. Концевая и др. ; под ред. А. Н. Гармаша. М. : НИЦ ИНФРА-М, 2014. 416 с.
3. Мырынюк А. Н. Анализ показателей доступности и комфортности жилья в России // Транспортное дело России. 2008. № 5. С. 50—53.
4. Саенко И. А., Ахметова Л. Р., Беличенко М. Ю. Безопасность, комфортность, надежность, доступность как потребительские характеристики при выборе жилищных условий // Молодой ученый. 2017. № 10. С. 85—88.
5. Езерский В. А., Монастырев П. В., Меркушева Н. П. Инструментальный подход к оценке потребительских качеств квартир на рынке недвижимости // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации-2017. Т. 2. С. 169—181.
6. Масленников А. М. К вопросу оценки старых зданий при их реконструкции // Недвижимость: экономика, управление. 2003. № 6. С. 47—49.
7. Калашикова Ю. С. Обоснование методики рейтинговой оценки качества функционирования транспортной системы города // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2010. № 20(39). С. 202—204.
8. Калашикова Ю. С. Особенности построения транспортных инфраструктур в составе линейно-протяженных градостроительных образований (на примере г. Волгограда) : автореф. дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2012.

9. Калашников С. Ю., Калашникова Ю. С. Особенности количественной оценки уровня качества проживания в крупном городе // Актуальные проблемы стратегии развития Волгограда. 2012. С. 48—51.

© Калашников С. Ю., Калашникова Ю. С., Шилова Е. В., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Калашников С. Ю., Калашникова Ю. С., Шилова Е. В. Обоснование методики рейтинговой оценки качественного уровня квартир в многоквартирных домах на вторичном рынке жилья // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 160—167.

Об авторах:

Калашников Сергей Юрьевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, kalashnikov@vstu.ru

Калашникова Юлия Сергеевна — канд. техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ikalashnikova.vgasu@gmail.com

Шилова Екатерина Владимировна — магистрант кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, katrinkashilova@mail.ru

Sergei Yu. Kalashnikov, Yuliya S. Kalashnikova, Ekaterina V. Shilova

Volgograd State Technical University

SUBSTANTIATION OF THE METHODOLOGY OF RATING ASSESSMENT OF THE QUALITY LEVEL OF APARTMENTS IN APARTMENT BUILDINGS IN THE SECONDARY HOUSING MARKET

The main indicators of evaluation criteria, which are key in the subjective assessment of consumers in the real estate market, are considered and systematized. The technique of possible estimation allowing to reveal and analyze preferences of the buyer is presented.

Key words: multi-criteria assessment, secondary housing, real estate, rating system.

For citation:

Kalashnikov S. Yu., Kalashnikova Yu. S., Shilova E. V. [Substantiation of the methodology of rating assessment of the quality level of apartments in apartment buildings in the secondary housing market]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 160—167.

About authors:

Sergei Yu. Kalashnikov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, kalashnikov@vstu.ru

Yuliya S. Kalashnikova — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ikalashnikova.vgasu@gmail.com

Ekaterina V. Shilova — Master's Degree student of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, katrinkashilova@mail.ru

УДК 711.142; 711.656

Н. В. Коростелева, В. А. Долганов, Д. И. Азизов

Волгоградский государственный технический университет

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ ОВРАЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛГОГРАДА

Развитие городов влечет за собой сокращение пригодных земель и выдвигает проблему изыскания новых, дополнительных земельных ресурсов для городского строительства. Резервным фондом являются так называемые «непригодные» территории, которые при проведении соответствующих мероприятий по инженерной подготовке могут быть использованы под различные виды строительства. К ним, в частности, относятся овражно-балочные территории. В статье проанализирована возможность развития городов за счет освоения овражных территорий. В частности, был проведен анализ овражных территорий Волгограда с целью определения возможности их использования под градостроительные цели. Доказано, что, используя такой территориальный резерв, можно создать компактное городское пространство, которое будет отвечать всем необходимым градостроительным, экономическим и социальным требованиям.

Ключевые слова: овражные территории, парки, жилищное строительство, транспортные и инженерные коммуникации.

Исторические особенности выбора месторасположения населенных пунктов привели к тому, что на сегодняшний день многие города располагаются на территориях с высокой степенью овражного расчленения. Причем в областях с наибольшим расчленением располагаются наиболее древние и крупные города.

Влияние овражно-балочной системы на формирование городской среды зависит от времени основания населенного пункта. При этом перспективы роста и направления развития у разных населенных мест во многом определяют переформирования рельефа. Например, такие города, как Москва и Нижний Новгород изначально закладывались с учетом их общественно-политического и экономического статуса, что в дальнейшем определило их развитие. В тех же случаях, когда значение поселения было незначительно или оно в силу изменения внешних условий теряло свое значение, то данное поселение, как правило, подстраивалось под рельеф. К таким населенным пунктам относятся сельские поселения, малые (например, г. Балашов) и уездные города (Брянск, Елабуга).

Однозначно можно говорить о том, что развитие любого населенного пункта от деревни до большого города в той или иной степени связано с особенностями рельефа, и в частности с овражно-балочной сетью [1]. Подобная связь, как правило, выражается либо в выборе определенных типов зданий и сооружений, учитывающих формы рельефа, либо практически полное его преобразование в соответствии с материально-техническими возможностями и потребностями города. Все населенные пункты по характеру и степени взаимодействия с овражно-балочной системой условно можно разделить на четыре типа [2, 3, 4, 5].

К первому типу относятся поселения, которые подчиняются рельефу. В них, как правило, все здания и сооружения располагаются в зависимости от

типологии и формы рельефа, и при их возведении он (рельеф) не преобразовывается вообще или с минимальными изменениями по объему и площади. К таким населенным пунктам в основном относятся небольшие поселки, исторически сложившиеся малые поселения, насчитывающие в своей истории несколько столетий или вновь построенные, дачные поселки или полевые станы, которые со временем превратились в населенные пункты с численностью до 2000 человек. Выбор их местоположения, как правило, определялся приближенностью к сельскохозяйственным угодьям. Размеры сооружений в них меньше или соразмерны оврагам. Так, отдельные гражданские постройки занимают площадь до 100 м², а инженерные сооружения — до 1000 м². В таких поселениях борьба с овражной эрозией не проводится из-за недостаточных материальных и технических ресурсов, что приводит к частичной перепланировке территорий данных населенных пунктов.

Ко второму типу относятся поселения, соподчиненные рельефу, т. е. большая часть строений в них вписана в овражно-балочный рельеф. В таких населенных пунктах уже на стадии проектирования большинства сооружений учитывались особенности рельефа, или строительство велось по исторически сложившимся схемам. При этом освоение овражных территорий часто производилась исходя из чисто практических соображений, основываясь на уже накопленном ранее строительном опыте. Овраги независимо от причин их образования выборочно используются для хозяйственных целей или подвергаются частичному преобразованию. В этом случае размеры сооружений, как правило, незначительно превышают или полностью соответствуют линейным размерам оврагов. Численность населения в таких поселениях варьируется от 100 до 200 тыс. человек. В качестве примера можно привести город Балашов и Чебоксары.

К третьему типу относятся поселения, которые при своем развитии подчиняют себе рельеф. Это, как правило, населенные пункты с населением до 500 тыс. человек, в которых при сооружении объектов происходит частичное преобразование рельефа на всей территории застройки или на значительной ее части. Размеры отдельных сооружений практически равны размерам оврагов, а их комплексы намного их превышают. К данной категории можно отнести Елабугу и Брянск, которые обладают достаточными ресурсами для преобразования рельефа.

Четвертый тип населенных пунктов — поселения, подавляющие рельеф. При их основании или в процессе развития в целом всего поселения или его части (например, крупного промышленного предприятия) не учитывались особенности овражно-балочной сети, и проводилось полное ее преобразование под нужды застройки. В таких случаях размеры сооружений, как правило, значительно превышают размеры овражных систем. Это характерно для крупнейших городов, таких как Москва, Киев, Нижний Новгород, Волгоград и др.

Следует отметить, что переходы между данными типами весьма условны, т. к. относительно само административное деление населенных пунктов, а также велика изменчивость плотности населения — при незначительном числе жителей площадь населенного пункта может быть значительной (населенные пункты с развитой промышленностью), и наоборот.

Можно с уверенностью говорить о том, что овражно-балочные системы, являющиеся одним из наиболее быстро развивающихся и видоизменяющихся

(переход оврагов в балки) элементов рельефа, играют важную роль в существовании любого населенного пункта. При этом связь между овражно-балочными системами и поселением претерпевает изменения, которые зависят от размеров населенного пункта и его развития.

На территории России существует большое количество городов, имеющих значительное число оврагов в границах городской черты [6]. Например, в Волгограде овраги до их частичной засыпки занимали 23 % городской площади. Скорость их роста достигала 7...8 м/год, что в 2 раза больше по сравнению с пригородом, где она оценивалась в 3...4 м/год [7]. В Новосибирске площадь городских оврагов составляет 10 % городской территории. Скорость их роста — 2...5 м/год; они ежегодно увеличивают не пригодную под использование площадь в среднем на 250 га. При этом, если рассматривать крупные города, то объем оврагов в общей площади территории городов составляет порядка 10...30 %. Совсем иная картина наблюдается в малых населенных пунктах: там данная цифра может достигать 50...60 % [8].

Овраги, расположенные на территории населенного пункта, создают, как правило, серьезные градостроительные проблемы. Во-первых, они вызывают расчленение городской территории, что приводит к усложнению планировочного решения и вызывает необходимость строительства различных сооружений для их соединения (путепроводов, мостов и т. п.). Во-вторых, при своем развитии они могут стать причиной разрушения зданий и сооружений, транспортных и инженерных коммуникаций. Кроме того, вынос грунта из оврагов может засорить русла рек и долин, которые расположены рядом с ними.

Но нельзя однозначно относить все овражно-балочные системы в границах населенных пунктов только к источнику проблем при развитии поселения. Во-первых, данные территории имеют высокий рекреационный потенциал, т. к. на них, как правило, сохраняется естественная растительность. Кроме того, данные системы обеспечивают проветривание городских территорий и положительно влияют на микроклимат прилегающих к ним кварталов. Помимо этого, овраги являются естественными дренажными системами и относятся к потенциальному резерву земель под строительство и создания транспортных артерий в городах [9, 10, 11].

В целом рациональность использования овражных территорий рассматривается уже на стадии формирования генерального плана города. Данные территории могут использоваться как зоны рекреационного назначения (парки различного назначения, аллеи и бульвары), как места хранения личных автомобилей горожан (гаражные кооперативы, многоуровневые парковки и т. п.), либо как зоны коммунально-складского и жилого назначения [12]. Но для того чтобы определить оптимальное градостроительное назначение оврага, необходимо рассмотреть их разновидность, т. к. от размеров, расположения оврага на территории города и ценности занимаемых земель будет зависеть метод его освоения.

Так, по размерам все овраги условно можно разделить на мелкие, средние и крупные (табл. 1).

Если рассматривать овражно-балочную систему Волгограда, то с учетом геометрических размеров основных объектов можно говорить о том, что в городе преобладают длинные (более 1000 м), средней ширины (50...100 м) и небольшой глубины (5...15 м) овраги и балки [13].

Т а б л и ц а 1

Классификация оврагов по размерам

Классификация	Параметры		
	длина, м	глубина, м	ширина, м
мелкие	10...300	5...15	5...50
средние	300...1000	10...30	50...100
крупные	> 1000	> 30	> 100

При небольшой глубине оврага (в пределах 2...2,5 м) его рекомендуется либо засыпать и в дальнейшем использовать эту территорию под строительство жилых зданий и сооружений либо в нем устраивать места для хранения автомобилей. При большой глубине их рекомендуется благоустраивать и располагать рекреационные объекты. При значительной глубине оврагов в нем можно разместить транспортные и пешеходные пути, инженерные коммуникации, складские сооружения и гаражи [14]. Но помимо геометрических размеров оврага важно учитывать крутизну склонов, которая также оказывает влияние на их перспективное освоение. Наиболее наглядно градостроительное использование оврагов в зависимости от их габаритов приведено в табл. 2 [14].

Т а б л и ц а 2

Виды градостроительного использования оврагов в зависимости от их характеристик

Овраги	Длина, м	Ширина, м	Глубина, м	Угол падения склона	Градостроительное использование
Мелкие	10...300	30...50	2...15	50...70	Строительство зданий, устройство скверов, проездов, строительство парковок и автостоянок, спортивных площадок
Средние: с пологими склонами	300...2000	50...100	10...30	10...40	Устройство парков, водоемов, прокладка магистрали, инженерных коммуникаций
с крутыми склонами				50...70	Строительство зданий, гаражей, устройство бульваров, съездов
Крупные: с пологими склонами	2000 и более	100...500	15...30 и более	10...20	Строительство зданий, гаражей на склонах, устройство парков, водоемов, прокладка магистрали, канализации, водосточных коллекторов
с крутыми склонами				30...60	Строительство гаражей, складов, устройство парков, водоемов, прокладка магистрали

Из табл. 2 видно, что только в неглубоких оврагах допускают устраивать такие места для хранения автотранспорта, как парковки и автостоянки. Так как в Волгограде очень остро стоит вопрос с изысканием территорий для размещения таких объектов, то овраги могут стать источником решения данной проблемы. К таким территориям в городе можно отнести: овраг Проломный, расположенный в Дзержинском районе, балки Найденова и Горная Поляна — в Кировском районе, Чапурниковская и Бирючья — в Красноармейском районе.

Так как в более глубоких средних и устьевых участках оврага с пологими склонами наиболее удобно создавать парки и сады, то для этих целей подходит основное количество овражных территорий Волгограда (в основном у них крутизна склонов составляет 0,3...0,4) [15].

При проектировании рекреационных объектов на данных территориях следует не забывать, что основным отличием парка, размещенным на склоне оврага, является фронтальность его композиции. Всю систему его визуальных коммуникаций создает и определяет наклонная поверхность. При нахождении наблюдателя на дне оврага его взгляд устремляется вверх, постепенно поднимаясь к вершине, переходя с одного горизонтального уровня на другой, поэтому именно такое раскрытие парка заставляет его рассматривать как последовательную серию картин, расположенных симметрично к главной оси движения, как правило, направленной в поперечном направлении к склону или по диагонали к нему.

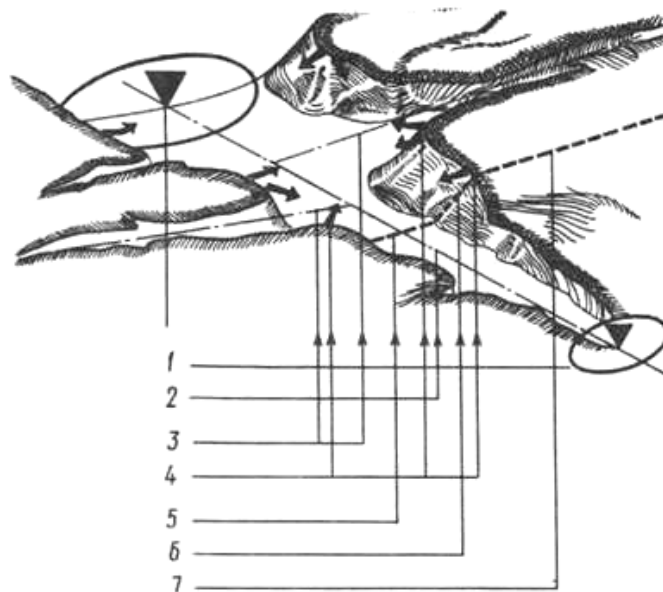


Рис. 1. Парки на овражных территориях: 1 — композиционные узлы; 2 — главная ось композиции; 3 — второстепенные оси композиции; 4 — бровки и видовые точки; 5 — днище оврага; 6 — склон оврага; 7 — верх оврага

Еще одной особенностью склонных парков является то, что основные сооружения в парках размещаются на наиболее широких ступенях, а крутые участки в основном свободны от застройки.

Характерной композиционной задачей таких парков является определение пространственной структуры склона, которая очень часто заключается в формировании системы террас. При этом основополагающая роль отводится бровкам, т. к. с них открывается вид вниз, формируются силуэтные линии ограничения видимости при восприятии парка снизу. Помимо этого, они вместе с наиболее крутыми участками склона определяют вид парка при его фронтальном рассмотрении. Основная цель ландшафтного архитектора при проектировании таких объектов с помощью ландшафтно-архитектурных средств — подчеркнуть ступенчатую структуру рельефа. И хотя при работе над композицией овражного парка желательно подчеркнуть естественный рельеф, основные усилия, как правило, направляются на обогащение исходных данных — смягчение слишком резких форм рельефа, расширение его пространства, озеленение, обводнение и т. д.

К другому варианту использования оврагов, располагающихся в пределах городской черты, можно отнести прокладку по их дну транспортных и инженерных коммуникаций. Данный метод позволяет создавать наиболее оптимальные условия с точки зрения безопасности движения, увеличивает скорость сообщения и снижает акустическое воздействие транспорта на прилегающие территории. В Волгограде в качестве примера можно привести пойму реки Царицы (расположенную между Центральным и Ворошиловским районами), по дну которой проложены пути скоростного трамвая и детской железной дороги и Банный овраг (проходящий по границам Центрального и Краснооктябрьского районов), по дну которого проходит железнодорожная ветка.

Следует отметить, что при прокладке инженерных коммуникаций не рекомендуется использовать глубокие овраги, т. к. могут возникнуть сложности в присоединении разводящих сетей к магистральным коллекторам из-за значительной разности отметок дна оврага и прилегающих территорий.

В Волгограде для размещения инженерных и транспортных коммуникаций подходят балки Найденова, Горная Поляна и овраг Капустный, расположенные в Кировском районе.

Если говорить о застройке как об одном из вариантов использования овражных территорий, то для этого необходимо предусматривать организацию рельефа, что вызывает полную или как минимум частичную деградацию естественных экосистем и сокращение биоразнообразия, поэтому данный метод подходит для территорий, не имеющих природной и исторической ценности.

К организации рельефа оврага, как правило, можно отнести его засыпку или террасирование склонов. Засыпку производят, используя избыточный грунт при выполнении вертикальной планировки прилегающих к оврагу территорий или за счет регулирования грунтов из реки. При этом необходимо обязательно предусматривать организацию дренажей, т. к. в последующем возможно повышение уровня грунтовых вод на соседних территориях.

Если на склонах располагаются здания, то применяется их террасирование. Этот процесс чаще всего комбинируется с укреплением поверхностного слоя, которое выполняется с помощью высадки деревьев, посева трав, укладки дерна, а иногда и с применением каменных материалов.

Из-за необходимости проведения данных работ строительство зданий и сооружений на данных территориях дороже на 25 % по сравнению с равнинными участками. Это обуславливается еще и тем, что применяются нети-

повые здания. В этих зданиях предъявляют повышенные требования к фундаментам: он должен выдерживать возможные оползневые явления и не зависеть от деформации верхних слоев грунта, т. е. быть достаточно прочным и иметь определенное заглубление.

Помимо удорожания строительства наблюдается децентрализация учреждений обслуживания, т. к. при больших уклонах сокращаются радиусы пешеходной доступности.

Но, несмотря на все отрицательные факторы, которые возникают при жилищном строительстве на овражных территориях, у данного вида есть ряд преимуществ. Во-первых, данные территории располагаются в сложившейся инфраструктуре, что делает их привлекательными для расселения горожан. Во-вторых, их освоение позволяет увеличить площадь жилой территории без увеличения границ города.

Наиболее оптимальным решением в этом случае может стать строительство на овражных территориях малоэтажной застройки. Данный вид имеет ряд преимуществ именно при строительстве на сложном рельефе. Помимо того, что малоэтажная застройка обладает повышенным комфортом проживания, она еще позволяет более гармонично и менее затратно вписаться в существующий рельеф. Кроме этого, для возведения таких домов не требуется использование мощных кранов, что облегчит их возведение в условиях сложного рельефа.

На сегодняшний день малоэтажное домостроение является весьма перспективным сегментом жилищного строительства, т. к. оно имеет более низкую себестоимость, что может ускорить решение жилищной проблемы населения страны.

Помимо этого, необходимо отметить экономическую выгоду комплексной малоэтажной застройки, которая заключается в снижении затрат строительства за счет централизации производства, транспортировки и доставки необходимых строительных материалов. Комплексная малоэтажная застройка позволит также ориентироваться на автономные локальные тепловые источники, для создания которых должны использоваться энергосберегающие материалы. Это позволит, с одной стороны, решить проблему дефицита энергетических мощностей при строительстве, а с другой — сэкономить значительные средства не только компаний, оказывающих коммунальные услуги, но, в первую очередь, и средства собственников жилья [16—19].

Выводы:

1. На сегодняшний день овражные территории Волгограда являются одним из основных его территориальных ресурсов. Проведя анализ базовых характеристик данных территорий, можно говорить о том, что наиболее целесообразно использовать их для строительства парковых объектов и жилой малоэтажной застройки.

2. Разбивка парков на овражно-балочных территориях, во-первых, позволит улучшить состояние благоустройства и озеленения города в целом, приблизив показатель озеленения к нормативным значениям, а во-вторых, создаст благоприятные условия для доступности данных объектов, т. к. овраги равномерно распределены по территории города.

3. Что касается малоэтажного строительства, то его возведение поможет уплотнить существующую застройку города и увеличить обеспеченность жителей жилищным фондом. Помимо этого, выразительные архитектурные

формы зданий, запроектированных на склонах оврагов, смогут разнообразить типичную застройку города, внести в нее новые планировочные акценты, избавив его жителей от гомогенной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихачева Э. А., Тимофеев Д. А. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М. : Медиа-ПРЕСС, 2002. 640 с.
2. Ковалев С. Н. Изучение овражной эрозии в городах // Инженерная география. Инженерно-геоморфологические аспекты : тез. докл. межгос. конф. Вологда, 1992. С. 13—15.
3. Ковалев С. Н. Овражно-балочная сеть в городских условиях // Тринадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов : докл. и крат. сообщ. Псков, 1998. С. 186—188.
4. Ковалев С. Н. Овражная эрозия на урбанизированных территориях // Эрозия почв и русловые процессы. 2001. Вып. 13. С. 55—84.
5. Ковалев С. Н. Функционирование овражно-балочных систем в городах и населенных пунктах // Двадцать третье пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов : докл. и крат. сообщ. Калуга, 2006. С. 40—46.
6. Сеньющенкова И. М., Потапов А. Д. Градостроительный потенциал овражно-балочных территорий // Известия вузов. Строительство. 2009. № 8. С. 95—100.
7. Дьяченко Н. П. Эколого-геоморфологическое состояние территории Волгоградской агломерации // Двадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов : докл. и крат. сообщ. Ульяновск, 2005. С. 159—160.
8. Баймуратова С. Х. Динамика освоения неудобных территорий в структуре крупного города (на примере города Уфы) : дис... канд. архитектуры. М., 2005.
9. Городков А. В., Сеньющенкова И. М. Экологические аспекты рационального использования неудобных территорий как территориальных резервов крупного города // Известия вузов. Строительство. 2005. № 2. С. 89—95.
10. Сеньющенкова И. М. Аэрация городских овражно-балочных территорий // Известия вузов. Строительство. 2010. № 3. С. 112—121.
11. Сеньющенкова И. М. Микроклиматические аспекты использования оврагов и балок как территориальных резервов исторических городов // ПГС. 2010. № 6. С. 80—81.
12. Дегтярев Б. М. Территориальный ресурс города // Ресурсо- и энергосбережение как фактор устойчивого развития городов и территорий. М. : РААСН, 2004.
13. Коростелева Н. В. Освоение овражных территорий крупных городов под объекты озеленения как способ улучшения благоустройства территории на примере г. Волгограда // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2016. Вып. 46(65). С. 153—162.
14. Коньшова О. В., Коростелева Н. В. Проблемы и пути освоения сложного рельефа города Волгограда // Ежегодная науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава и студентов ВолгГАСУ. Волгоград, 29—30 апреля 2014 г. С. 297—300.
15. Коростелева Н. В. Использование овражно-балочной сети для рекреационных целей на примере города Волгограда // Энергоэффективность, ресурсосбережение и природопользование в городском хозяйстве и строительстве: экономика и управление. Материалы III Международной науч.-техн. конф. Волгоград, 2016. С. 113—118.
16. Проблемные аспекты развития малоэтажного жилищного строительства России : монография / Под общей ред. академика МАИ В. С. Казейкина и проф. С. А. Баронина. М. : ИНФРА-М, 2011. 278 с.
17. Андросов А. Н., Баронин С. А. Маркетинг территориальных рынков малоэтажной жилой застройки. Тенденции и закономерности // Lambert Academic Publishing. Берлин, 2011.
18. Денисов Н. А. Обеспечение населения России жильем: история, современное состояние, пути решения жилищной проблемы // Уровень жизни населения регионов России. 2007. № 4.
19. Казейкин В. С. Практические аспекты реализации программы малоэтажного жилищного строительства «Свой дом» // Малоэтажное и коттеджное строительство. 2010. С. 20—21.

© Коростелева Н. В., Долганов В. А., Азизов Д. И., 2019

Поступила в редакцию
в январе 2019 г.

Ссылка для цитирования:

Коростелева Н. В., Долганов В. А., Азизов Д. И. Градостроительное освоение овражных территорий на примере г. Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 168—176.

Об авторах:

Коростелева Наталия Владимировна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, korostelevanv@mail.ru

Долганов Владимир Андреевич — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, dolgan1996@gmail.com

Азизов Дмитрий Игоревич — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, azizov011@gmail.com

Nataliya V. Korosteleva, Vladimir A. Dolganov, Dmitriy I. Azizov

Volgograd State Technical University

**TOWN-PLANNING DEVELOPMENT OF RAVINE TERRITORIES
ON THE EXAMPLE OF VOLGOGRAD**

Development of the cities involves reduction of suitable lands and puts forward problem of research of new, additional land resources for urban development. Reserve fund are so-called “unsuitable” territories which, when holding the relevant activities for engineering training, can be used under different types of construction. Ravine and beam territories, in particular, concern to them. In article the possibility of development of the cities due to development of ravine territories is analyzed. In particular the analysis of ravine territories of the city of Volgograd for the purpose of definition of possibility of their use under the town-planning purposes has been carried out. It is proved that using such territorial reserve it is possible to create compact city space which will answer all necessary town-planning, economic and social requirements.

Key words: gully areas, parks, house construction, transport and engineering communications.

For citation:

Korosteleva N. V., Dolganov V. A., Azizov D. I. [Town-planning development of ravine territories on the example of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 168—176.

About authors:

Nataliya V. Korosteleva — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, korostelevanv@mail.ru

Vladimir A. Dolganov — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, dolgan1996@gmail.com;

Dmitriy I. Azizov — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, azizov011@gmail.com

УДК 711.58(470.45)

В. А. Толмачева, О. А. Антюфеева

Волгоградский государственный технический университет

ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЦЕНТРЫ В ГОРОДАХ ЛИНЕЙНОЙ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА

В статье предложена классификация общественных центров городов по назначению и планировочной структуре. Объектом исследования являются общественные центры Волгограда. Разработана концепция формирования взаиморасположенных и взаимодействующих градостроительных систем городских общественных центров города с учетом существующих объектов общегородского значения.

Ключевые слова: общественный центр, градостроительство, архитектура, линейный город, реновация.

Общественный центр — это средоточие деловой и общественной жизни населения города. Он является узловым элементом планировочной структуры города, также значительна роль общественных центров в организации транспортных и пешеходных коммуникаций.

Общественные центры различного иерархического ранга дислоцируются в наиболее благоприятных природных и планировочных условиях основных зон города и пространственно связаны с общегородским ядром. Они могут быть размещены компактно, линейно или даже дискретно. Особую актуальность представляет изучение формирования общественных центров в городах с линейной планировочной структурой [1]. Если в городах с компактной планировкой общественный центр размещается, как правило, в географическом центре города, то в городах с линейной планировкой этот вопрос представляет специфическую проблему для проектировщиков. Целью настоящей статьи является определение наиболее эффективных градостроительных решений по размещению общественных центров в городах с линейной планировочной структурой на примере Волгограда. На основе экспериментального проектирования авторами изучены характерные особенности планировки территории общественных центров различного уровня.

В современных условиях мировой глобализации по мере роста города растет и его центр [2]. В мегаполисах невозможно размещение на единой площади всех основных административных и общественных зданий, поэтому композиционное построение городского центра мегаполиса становится более сложным и пространственно развитым, общественный центр сформирован группами из нескольких площадей, связанных между собой или объединенных магистралью [3].

На современном этапе развития российских городов формируются общественно-деловые территории без однозначной, в отличие от специализированных центров, функциональной направленности. По своей социальной притягательности и пространственному масштабу эти территории могут претендовать на статус элементов системы центра города [4]. При создании современных общественных центров необходим комплексный подход к проектированию, который опирается на всестороннее исследование территории и

жизни горожан. При таком подходе планирование пространства, зонирование, размещение различного типа инфраструктуры отталкиваются от понимания особенностей и потенциала территории и от социальной востребованности [5].

Анализ российских мегаполисов с линейной планировочной структурой позволил выделить особенности пространственного размещения общественных центров. В курортных городах (Сочи) центр формируется, как правило, сплошной непрерывной полосой вдоль набережной или главной улицы (рис. 1). Для промышленных городов с линейной планировочной структурой (Волгоград) характерен дискретный (расчлененный) центр (рис. 2). Он представляет собой сложную систему взаимосвязанных общественных пространств. Центральные, наиболее интенсивно освоенные участки, почти полностью заняты административно-общественными функциями. По направлению к периферии района эти функции размещаются, концентрируясь вдоль транспортных магистралей.



Рис. 1. Непрерывный полосовой центр на примере г. Сочи



Рис. 2. Расчлененный центр на примере г. Волгограда

Система расчлененных центров состоит из разнообразных городских территорий: парковые ансамбли, спорткомплексы, системы городских площадей, разделенных застройкой, бульварами [6]. Главными элементами системы общественных центров Волгограда являются исторический центр города и композиционно-пространственные узлы (архитектурные доминанты, градостроительные ансамбли, площади), районные общественные центры, транспортные магистрали. Следует отметить специфику планировочной организации Волгограда, в структуру которого включены территории многочисленных объектов военной истории [7]. Это обстоятельство позволяет подчеркнуть своеобразие облика города и его архитектурную идентичность.

Городская структура Волгограда, за исключением отдельных частей города (центр и ряд других), отличается «рыхлостью» и недостаточной связанностью [1]. В настоящий момент в городе наблюдается замедление развития общественных центров. Мало новых открытых городских пространств, мно-

гие общественные пространства, сформировавшиеся в советский период, утрачивают значимость в силу отсутствия современных актуальных функций. В то же время для Волгограда, имеющего протяженную линейную планировочную структуру, эти территории имеют огромный потенциал с позиции градостроительной организации, функционального наполнения, востребованности городскими жителями, историко-культурной ценности. В связи с этим очевидна необходимость комплексного исследования урбанизированных и природных компонентов городской среды, влияющих на устойчивость развития общественных центров, а также разработки направлений их реновации и дальнейшего развития. В качестве рабочей гипотезы предлагается создание системы взаимосвязанных общественных пространств — ландшафтно-градостроительных модулей, формируемых из узлов концентрации общественной активности, и компонентов природного ландшафта (прибрежная полоса Волги, поймы малых рек, овраги, зеленые массивы).

В процессе исследования планировочной структуры Волгограда были выделены следующие узловые элементы системы общественных центров (рис. 3):

1. Сквер «Лесогород» и пойма реки Ельшанка в Советском районе Волгограда, соединяющая Первую продольную магистраль и Ельшанскую набережную.

2. Сквер им. Саши Филиппова в Ворошиловском районе Волгограда. Общественный центр относится к локальным образованиям, представляет собой компактный планировочный узел.

3. Аллея Героев в Центральном районе Волгограда, соединяющая набережную им. 62-й Армии и площадь Павших Борцов. Это центральный ансамбль города — ядро системы общественных пространств города [6].

4. Проспект Metallургов в Краснооктябрьском районе Волгограда, соединяющий Первую и Вторую продольные магистрали. Общественный центр имеет линейную конфигурацию, свое начало он берет от Первой продольной магистрали и заканчивается на пересечении со Второй продольной магистралью.

5. Площадь Дзержинского и парк в поселке Нижний Тракторный в Тракторозаводском районе Волгограда. Общественный центр относится к расчлененным планировочным пространствам (территорию разделяет Волгоградский тракторный завод).

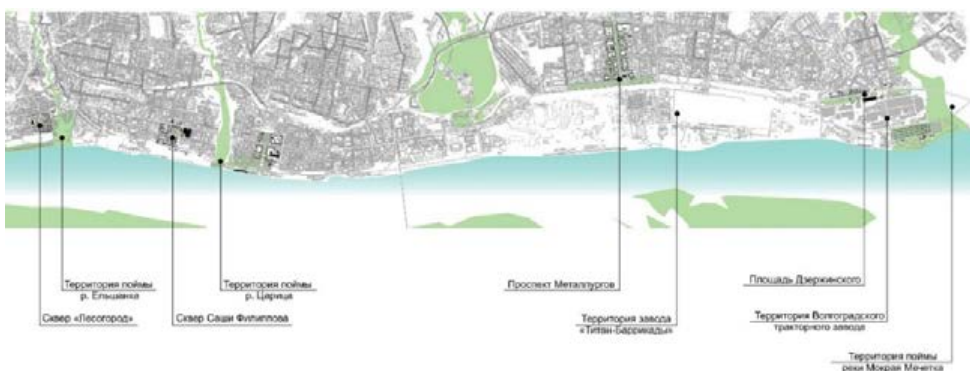


Рис. 3. Градостроительная система общественных центров Волгограда. Автор — В. А. Толмачева

Сквер по улице Карла Маркса в Советском районе Волгограда (рис. 4) преобразился в ландшафтный комплекс «Лесогород» в 2016 г. Общая площадь территории составляет 13 га. «Лесогород» украсили рябины и ели, розарий, «сухой» фонтан и детский игровой комплекс. Недалеко от сквера находится пойма реки Ельшанки (рис. 4), которая располагается на стыке Ворошиловского и Советского районов. Территория свободна от застройки, рядом расположены жилые массивы, а также объекты культового назначения, магазины. Вместе с тем природная пойменная территория находится в неудовлетворительном состоянии, отсутствует ландшафтно-сформированный выход к акватории. Территория нуждается в джентрификации [9].



Рис. 4. Композиционная схема общественного центра в Советском районе Волгограда. Сквер «Лесогород» и пойма реки Ельшанка. Автор — В. А. Толмачева

Сквер Саши Филиппова расположен в Ворошиловском районе Волгограда (рис. 5). Он был заложен в 1966 г. и посвящен юному герою Сталинграда. Сквер окружен застройкой, спроектирован как замкнутая композиция, образующая зеленый «карман», включенный в застройку квартала и выходящий одной стороной на ул. им. Циолковского, другой стороной примыкает к ТЦ «Ворошиловский». Территория характеризуется насыщенным пешеходным и транспортным потоками. План сквера строится по одной центральной оси. Центр композиции сквера подчеркнут монументом. Главная широкая аллея необходима для массового пешеходного транзита; более узкие и изолированные дорожки достаточно тенистые, с удобными местами отдыха — для прогулочного движения. Территория сквера находится в 500 м от набережной р. Волги, но выхода к реке пока не имеет. Предлагается формирование линейной эспланады от сквера к набережной.



Рис. 5. Композиционная схема общественного центра Ворошиловского района Волгограда. Сквер им. Саши Филиппова. Автор — В. А. Толмачева

В застройке группы центральных площадей Волгограда увековечена память об исторических битвах за Царицын и Сталинград. Исходя из этого замысла, центр Волгограда складывается из площади Павших борцов и набережной, соединенных Аллеей Героев (рис. 6) и разместившихся по главной композиционной оси, направленной перпендикулярно к берегу Волги [10]. Такая сильная, регулярная, лаконичная композиция центра, связанная с набережной и обращенная к широким завожским просторам, отвечает значению города, его протяженности и масштабам.

Общественный центр представлен в виде центральной эспланады, застройки ул. Мира с курдонерами, кварталами университетов педагогического и технического, площадью Ленина с музеем Сталинградской битвы. Известный волгоградский исследователь архитектуры Сталинграда Ю. В. Янушкина, характеризуя композиционные особенности формирования городской структуры Сталинграда, отмечает: «Все композиционные построения подчеркивают принцип линейной организации пространственной структуры центра города» [11].

Проспект Metallургов находится в Краснооктябрьском районе Волгограда (рис. 7), свое начало берет у площади Metallургов от пересечения с проспектом им. В. И. Ленина и заканчивается на пересечении с улицей Маршала Еременко. Строгость архитектуры, хорошая организация движения транспорта, широкие тротуары, зеленые насаждения подчеркивают парадность проспекта, ведущего к центру района. Проспект находится в 1 км от набережной р. Волги, но выхода к акватории не имеет. Общественный центр развивается от площади Metallургов, которая является композиционным центром данного района.



Рис. 6. Композиционная схема центральных ансамблей исторического общественного центра Волгограда. Автор — В. А. Толмачева



Рис. 7. Композиционная схема общественного центра в Краснооктябрьском районе Волгограда. Автор — В. А. Толмачева

Предзаводские площади стали в условиях советского промышленного города не только крупными городскими узлами, к которым подходят магистрали, ведущие из жилых районов, но и центрами общественной жизни людей. Они располагаются перед отдельными крупными промышленными предприятиями, например, перед Тракторным заводом Волгограда. Характерным примером является ансамбль на площади Дзержинского в Тракторозаводском районе (рис. 8). В другом элементе общественного центра района — поселке Нижний Тракторный — вдоль берега Волги расположилась набережная, затем зеленая зона парка и жилая застройка. Архитектурно-композиционные решения продиктованы пространственно-территориальными особенностями местности и планировочной структурой прилегающей территории. Здесь размещается Дворец культуры и техники, который стал в 1950—1970 гг. главной концертной площадкой района. Следует отметить, что в настоящее время уровень благоустройства этой части общественного центра района невысок.



Рис. 8. Композиционная схема общественного центра Тракторозаводского района Волгограда. Площадь им. Дзержинского и поселок Нижний Тракторный. Автор — В. А. Толмачева

Среди основных проблем системы городских общественных центров Волгограда необходимо выделить следующие: искажение первоначального пространственно-планировочного решения, несовершенство организации общественных функций; проблемы архитектурно-художественного характера; ландшафтно-архитектурные проблемы. Многие общественные территории не имеют выхода к акватории реки Волги (за исключением Центрального района).

Примером решения данных проблем может служить концепция реновации части Тракторозаводского района, разработанная при участии авторов (ООО «НИИПИ «Росстройпроект») (рис. 9).



Рис. 9. Планировочная схема Тракторозаводского района Волгограда с развитием системы общественных центров. Авторский коллектив — ООО НИиПИ «Росстройпроект»

Проектом предусмотрено формирование новых общественно-деловых зон на бывших производственных территориях ВГТЗ. При этом планируется выход к набережной р. Волги нового общественного центра Тракторозаводского района. Новый общественный центр включает ул. Дзержинского, которая переходит в предзаводскую площадь. Восточную сторону площади образуют проходные завода, отсюда по направлению к Волге следует аллея, фланкируемая объектами общественно-делового назначения.

Аллея проходит вдоль поселка Нижний Тракторный к парку и набережной, образуя непрерывную пешеходную цепь открытых пространств.

Общим для рассмотренных решений является формирование поперечных пешеходных связей общественного пространства с приречными ландшафтами. Система общественных пространств города может формироваться на основе существующих узлов социокультурной активности и элементов ландшафтного каркаса города (поймы малых рек, овраги, балки), что позволяет обеспечить сбалансированное соотношение природных и антропогенных элементов на уровне городских структур и предложить пути перспективного развития общественных пространств города [8]. В целях повышения экологической оптимизации городской среды рекомендуется соотношение озелененных и застроенных общественных центров от 60/40 до 70/30.

Проведенное исследование позволило сделать следующие общие выводы:

1. Система общественных центров городов с линейной планировочной структурой имеет свою специфику и отличия от городов с компактной планировочной структурой, что представляет собой самостоятельную проблему в теории градостроительства.

2. Система общественных центров для линейных городов представляет собой взаимосвязанную цепочку общественно-деловых зон, соединенных меж-

ду собой продольными транспортными магистралями, что позволяет создать оптимальные условия транспортного обслуживания центра (доставка грузов, перемещение людей, организация автостоянок). Отдельными элементами этой системы являются историческое ядро и районные общественные центры, которые имеют развитую пространственно-планировочную структуру.

3. Историческое ядро как специфическая социальная и территориальная структура крупного города является его главным социокультурным узлом со сложной пространственной организацией. В состав исторического ядра входят ансамбли проспектов, улиц, площадей, бульваров, аллей и набережных. Большим преимуществом исторического общественного центра Волгограда является его связь с рекой и формирование пешеходных выходов — аллей и улиц к р. Волге.

4. Для совершенствования градостроительной организации системы сформировавшихся общественных пространств Волгограда предлагается ландшафтное развитие этих территорий в сторону главной природной доминанты — р. Волги. Новые связи районных общественных центров с прибрежными зонами и градостроительная организация этих поперечных коммуникаций позволит улучшить экологическое состояние городской среды, а также сформировать пешеходную систему мегаполиса, обеспечивающую создание удобных, изолированных от транспорта пешеходных зон. С этой целью формируются аэрационные коридоры, визуальные раскрытия (висты) на речные пейзажи, озеленение пешеходных улиц и аллей.

Таким образом, система общественных центров города с линейной планировочной структурой будет территориально расширяться по поперечным направлениям путем выхода на прилегающие малоосвоенные участки, реконструкции и джентрификации бывших промышленных территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Антюфеев А. В., Птичникова Г. А.* Линейный город. Градостроительная система «Большой Волгоград». Волгоград : ВолГТУ, 2018. 196 с.
2. *Монастырская М. Е.* Урбанистические проблемы глобализации в теоретическом архитектурно-градостроительном дискурсе // Градостроительство и архитектура. 2016. С. 85—90.
3. *Doxiadis C.* On Linear Cities. *Town Planning Review*. 1967. Vol. 38. № 1. Pp. 35—42.
4. *Жуковский Р. С.* Формирование общественно-деловых субцентров крупных и крупнейших городов (на примере городов Западной Сибири : автореф. дис... канд. арх. АлтГТУ им. И. И. Ползунова. Барнаул, 2018. 32 с.
5. *Tufek-Memisevic T., Stachura E.* A linear city development under contemporary determinants. *Housing Environment by Cracow University of Technology*. URL: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-052d5671-bbd9-47d9-99d4-63b4c464a16c>
6. *Етеревская И. Н.* Региональные принципы проектирования городских общественных пространств: монография. Волгоград : ВолГТУ, 2018. 122 с.
7. *Антюфеев А. В., Птичникова Г. А., Антюфеева О. А.* Градостроительные основы определения границ объектов военной истории (достопримечательное место «Территория музея-заповедника «Сталинградская битва») // Пром-Инжиниринг : труды II Международной науч.-техн. конф. Челябинск: ЮУрГУ, 2016. С. 558—562. URL: <http://icie-rus.org/issues/ICIE-2016RU.pdf>
8. *Етеревская И. Н.* Основные направления ландшафтно-градостроительной реновации городских общественных пространств (на примере г. Волгограда) // Вестник ВолГАСУ. 2016. Вып. № 46(65). С. 211—219.
9. *Антюфеев А. В., Птичникова Г. А., Антюфеева О. А.* Эколого-градостроительная реконструкция и джентрификация прибрежных территорий крупных городов: проблемы и решения // Энергоэффективность, ресурсосбережение и природопользование в городском хозяйстве

и строительстве : экономика и управление : материалы III Международной науч.-техн. конф. Волгоград, 20—25 мая 2016 г. Волгоград : ВолГАСУ, 2016. С. 145—150.

10. *Птичникова Г. А.* Образ города-героя языком сталинского ампира: послевоенное восстановление Сталинграда // Социология города. 2010. № 1. С. 28—37.

11. *Янушкина Ю. В.* Архитектура Сталинграда 1925—1961 гг. Образ города в культуре и его воплощение : учеб. пособие / Волгоград : ВолГАСУ, 2014. 201 с.

© *Толмачева В. А., Антюфеева О. А., 2019*

*Поступила в редакцию
в январе 2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Толмачева В. А., Антюфеева О. А. Общественные центры в городах линейной планировочной структуры на примере города Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 177—186.

Об авторах:

Толмачева Валерия Алексеевна — магистрант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, urbanistika_14@mail.ru

Антюфеева Ольга Алексеевна — канд. архит., доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, urbanistika_14@mail.ru

Valeriya A. Tolmacheva, Ol'ga A. Antyufeeva

Volgograd State Technical University

COMMUNITY CENTERS IN THE CITIES OF LINEAR PLANNING STRUCTURE ON THE EXAMPLE OF VOLGOGRAD CITY

This article proposes the classification of urban public centers, their functions and planning structures. The objects of this research are Volgograd public centers. The author designed conception of development mutually situated and interacting systems of urban public centers, taking into account existing urban fabric.

Key words: urban planning, architecture, community center, urban public center, renovation.

For citation:

Tolmacheva V. A., Antyufeeva O. A. [Community centers in the cities of linear planning structure on the example of Volgograd city]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 177—186.

About authors:

Valeriya A. Tolmacheva — Master's Degree student of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, urbanistika_14@mail.ru

Ol'ga A. Antyufeeva — Candidate of Architecture, Docent of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, urbanistika_14@mail.ru

УДК 711.46+712.03

Н. А. Ястребова, Т. Н. Лиманская

Волгоградский государственный технический университет

**УНИКАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
В СТРУКТУРЕ ВНУТРЕННЕГО ТУРИЗМА (НА ПРИМЕРЕ ОЛЬХОВСКОГО РАЙОНА,
П. ГОСКОНЮШНЯ)**

В статье рассматривается возможность развития внутреннего туризма путем организации посещений объектов и мест историко-культурного и природного значения. В статье раскрывается проблема охраны и сохранения объектов культурного наследия Волгоградской области. Исследуется проблема признания существующего монастыря как единого архитектурно-градостроительного объекта, обладающего свойствами и признаками объекта культурного наследия. Существующее состояние монастыря базируется на сохранении отдельных построек (в том числе руинизированных и археологических). Территория обладает историко-культурной ценностью целиком, куда могут быть включены, помимо объектов и построек, элементы культурного и природного ландшафта, которые находятся в Ольховском районе, Каменнобродском сельском поселении, п. Госконюшня.

К л ю ч е в ы е с л о в а: монастырь, объекты культурного наследия, туризм, особо охраняемые природные территории, памятники природы.

Важным средством для включения наследия в мировые информационные, экономические и политические потоки, а также стратегии устойчивого развития является именно туризм. В последнее время туризм рассматривается как самое эффективное средство массовой востребованности и доступности культурных ценностей. Одним из наиболее эффективных средств потребления культурного наследия является культурно-познавательный или культурный туризм [1].

Объектами культурного наследия (ОКН) регионального значения принято считать объекты, обладающие историко-архитектурной, художественной, научной и мемориальной ценностью, имеющие особое значение для истории и культуры субъекта Российской Федерации.

Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (последняя редакция от 23.07.2008, с изм. от 17.12.2009) является базовым законом в области сохранения, использования и государственной охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры). В соответствии с Федеральным законом № 73-ФЗ введена классификация категорий историко-культурного значения, а также виды физического сохранения ОКН. Вместе с тем объекты недвижимости, к которым относятся архитектурные постройки и градостроительные комплексы, нуждаются не только в охране, но и в проработке вариативной части развития ОКН. Согласно законодательству ОКН могут использоваться в туристско-экскурсионных, экспозиционно-выставочных и других культурно-просветительных целях только в объеме, обеспечивающем сохранность памятников, их территорий и окружающей их градостроительной или иной природной среды [2].

Сегодняшнее понимание культурного наследия включает не только памятники культуры и истории, но и окружающую их природную и территори-

альную среду, уникальные историко-ландшафтные территории, инженерные сооружения, нравственные и эстетические идеалы, нормы и образцы поведения, языки, диалекты и говоры, национальные традиции и обычаи, исторические топонимы, фольклор, художественные промыслы и ремесла, включая, таким образом, как материальные (физические), так и нематериальные (духовные) компоненты [3].

Существует множество определений материального (физического) культурного наследия. Воспользуемся общепринятым определением Конвенции ЮНЕСКО по защите всемирного культурного наследия 1972 г. Статья 1 данной Конвенции классифицировала понятие культурного наследия по трем категориям:

1) **памятники**: архитектурные сооружения, работы монументальной скульптуры или живописи, элементы или структуры археологического происхождения, наскальная живопись, пещерные жилища, а также объекты, имеющие комбинацию данных черт и представляющие выдающуюся универсальную ценность с точки зрения истории, искусства или науки;

2) **группы зданий (построек)**: группы отдельно стоящих или связанных между собой зданий, которые вследствие своей архитектуры, своей гомогенности (однородности) или своего места в ландшафте представляют выдающуюся универсальную ценность с точки зрения истории, искусства или науки;

3) **объекты**: объекты, созданные человеком или комбинированные творения природы и человека, а также территории, включающие археологические объекты, которые имеют исключительную ценность с исторической, архитектурной, этнологической или антропологической точек зрения.

Интенсивное развитие туризма в большинстве стран мира в последние годы активно содействовало пересмотру отношения к природному и культурному наследию. Оно все чаще трактуется не только как материальный базис названной сферы бизнеса, но и как духовная ценность, как предпосылка формирования респектабельного имиджа стран и их регионов [4, 5, 6].

Следует отметить, что туризм превратился в значимое социально-политическое и экономическое явление, которое оказывает существенное влияние на политику ряда государств и регионов. Интенсивное развитие туризма в большинстве стран мира в последние годы активно содействовало пересмотру отношения к природному и культурному наследию. Оно все чаще трактуется не только как материальный базис названной сферы бизнеса, но и как духовная ценность, как предпосылка формирования респектабельного имиджа стран и их регионов. Из некогда преимущественно декоративного и периферийного элемента жизни общества наследие все более зримо трансформируется в базовую ценность современной цивилизации [7].

Среди большого количества разновидностей туризма следует отметить религиозный туризм. Данный вид туризма имеет два основных направления. Это религиозный туризм экскурсионно-познавательной направленности и паломнический туризм. В первом случае туристов интересуют главным образом экскурсии с посещением монастырей, храмов, музеев и выставок. Эти туристы могут быть, а могут и не быть приверженцами той религии, объекты которой посещают, а также могут быть вообще людьми нерелигиозными. Следует отметить, что религиозная тематика довольно часто является составляющей комбинированных туров культурно-познавательной направленности [8].

С древних времен монастыри играли роль крупнейших ремесленных и промысловых центров и возрождают эту традицию сегодня, что дает возможность также организовать практические мастер-классы по различным ремеслам, практиковавшимся или практикующимся в том или ином монастыре [9].

Данные цифры говорят о росте интереса российских граждан к отдыху в родной стране, при этом преобладают следующие виды отдыха: в 2007 г. из общего числа внутренних туристов 45 % выбирали пляжный отдых, 30...40 % — экскурсионно-познавательный туризм, 20...25 % — природный туризм.

Отечественный и зарубежный опыт доказывает, что туризм является комплексным социальным явлением, которое заключается в человеческой потребности путешествовать, познавать новое, отдыхать и создавать условия для постоянного развития и реализации этой потребности.

Именно с целью регулирования этой деятельности в 1996 г. был принят Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации». Закон придает юридическое значение туризму и определяет его как «временные выезды (путешествия) граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства с постоянного места жительства в лечебно-оздоровительных, рекреационных, познавательных, физкультурно-спортивных, профессионально-деловых, религиозных и иных целях без занятия деятельностью, связанной с получением дохода от источников в стране (месте) временного пребывания»¹.

Государственная деятельность в области охраны культурного наследия представлена в Федеральном законе от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов РФ», и основной ее задачей в сфере культурного наследия является обеспечение сохранности объектов культурного наследия всех видов и категорий, включая осуществление их государственной охраны, сохранения, использования и популяризации в соответствии с законодательством. Данный закон ввел целый ряд важных новых понятий и норм, предопределяющих регламентацию охраны, сохранения и использования объектов культурного наследия. Однако его полноценное практическое использование требовало разработки и утверждения нескольких подзаконных актов, в частности Положений о Едином государственном реестре объектов культурного наследия, о государственной историко-культурной экспертизе объектов культурного наследия и др. К сожалению, все эти акты до сих пор остаются в стадии разработки².

Данная тема обусловлена привлечением внимания к объектам историко-культурного наследия регионального значения Ольховского района, а также ее практической важностью для развития туризма на данной территории.

Основная идея заключается в создании вокруг объектов культурного наследия религиозного и историко-культурного значения охранной территории с особым статусом и регламентируемым режимом предпринимательской деятельности. В градостроительном кодексе РФ (ГК РФ) применяется термин

¹ Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 03.08.2018)

² Федеральная целевая программа «Культура России (2012—2018 гг.)» URL: <http://kulturnoe-nasledie.ru/>

«градостроительный регламент земельного участка» (ГК РФ ст. 36.1), а согласно земельному кодексу РФ (ЗК РФ) градостроительный регламент устанавливается для каждой территориальной зоны» (ЗК РФ ст. 85.2). Территориальные зоны следует определять в документах территориального планирования на уровне разработки генерального плана городского округа, городского или сельского поселения, они отражаются на карте-схеме функционального зонирования территории, а «земельный участок» формируется в процессе градостроительного проектирования, включающего разработку проектов планировки, межевания территорий и градостроительных планов земельных участков [13].

На территории Волгоградской области в разные периоды располагалось большое количество монастырей, их расположение зависело от уровня освоения земель.

Организация туристических маршрутов, включающих историко-культурные объекты и территории, предназначенных для паломников и туристов любого вероисповедания, повысит уровень привлекательности территории и объектов.

Высокий уровень автомобилизации населения будет способствовать развитию внутреннего туризма. Выбранный объект имеет привлекательную существующую дорожно-транспортную инфраструктуру и находится в стадии развития, имеет съезд на региональную трассу Р-228 «Сызрань — Саратов — Волгоград», примыкающую к федеральной автомобильной дороге Р-22 «Каспий» (в прошлом М6: Москва — Тамбов — Борисоглебск — Волгоград — Астрахань).

Госконюшня — поселок в составе Ольховского муниципального района Волгоградской области, входит в Каменнобродское сельское поселение. Предположительно основан в первой половине XX в. Территориально располагается между селами Каменный Брод и Михайловка в долине Иловли в некотором отдалении от реки, в 7 км юго-западнее села Каменный Брод. По генеральному плану поселок располагается в охранный зоне Памятника природы Регионального значения «Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь». Согласно схеме функционального зонирования п. Госконюшня находится в жилой зоне, в состав которой входят: «Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский мужской монастырь» 1860 г., «Церковь Свято-Троицкой Каменнобродской Троицкой женской обители», основанной в 1863 г., «Братская могила Советских воинов, погибших в период Сталинградской битвы», 1942—1943 гг., 1967 г., «Святые источники», «Дубовая аллея». За пределами населенного пункта в зоне особо охраняемых природных территорий располагаются Монастырские пещеры.

Площадь поселка составляет 10,4 га. Численность населения — 12 человек.

Памятник природы регионального значения «Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь» создан с целью сохранения уникального природного комплекса — ландшафта с большим разнообразием видов меловой флоры, занесенных в Красную книгу Волгоградской области, и остатков дубравы с деревьями 300—400-летнего возраста. Площадь особо охраняемых природных территорий достигает 179 га.

Каменнобродский Свято-Троицкий мужской монастырь расположен в поселке Госконюшня вблизи от села Каменный брод Ольховского района

Волгоградской области. Святая обитель началась с образования здесь в 1860 г. женской общины монахинь-золотошвей, которые славились на Дону. Надворный советник, помещик Петр Иванович Персидский выделил надел 455 десятин из своей земли для основания обители со старым дубовым лесом, позже эта земля будет подарена церкви его женой³.

Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский мужской монастырь — православный монастырь Урюпинской епархии Русской православной церкви, а также одноименный региональный памятник природы (Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь по документам), расположенный в Ольховском районе Волгоградской области неподалеку от села Каменный Брод. При советской власти многие строения монастыря были разрушены и вместо них построены конюшни, но сейчас ведется реконструкция храмов. Количество монахов и трудников колеблется от 10 до 20 человек⁴.

Монастырь имеет свое развитое подсобное хозяйство. На территории, прилегающей к монастырю, растут лекарственные травы и вековые дубы с величиной крон у некоторых более 20 м, высотой 15 м и диаметром стволов 2 м. Примерный их возраст колеблется в пределах от 300 до 400 лет. На территории монастыря имеются целебные источники, содержащие в своей воде сероводород, натрий, радон. Одним из них является источник Иоанна Божьего, где в 1999 г. была построена деревянная закрытая купальня⁵.

Актуальность темы связана с необходимостью присвоения статуса объекта культурного наследия Белогорскому Свято-Троицкому Каменнобродскому мужскому монастырю. Для этого требуется проведение работ региональными органами охраны объектов культурного наследия, муниципальными органами охраны объектов культурного наследия по выявлению и государственному учету объектов, обладающих признаками объекта культурного наследия в соответствии со ст. 3 настоящего Федерального Закона. Порядок проведения работ по выявлению объектов, обладающих признаками объекта культурного наследия, и государственному учету объектов, обладающих признаками объекта культурного наследия, устанавливается федеральным органом охраны объектов культурного наследия. Организация проведения работ по выявлению объектов, обладающих признаками объекта культурного наследия, может осуществляться также иными заинтересованными физическими или юридическими лицами. Работы по выявлению объектов, обладающих признаками объекта культурного наследия, за исключением объектов археологического наследия, могут осуществляться физическими или юридическими лицами самостоятельно в соответствии с государственными программами, а также по заказам физических или юридических лиц за счет средств заказчика. Работы по выявлению объектов археологического наследия осуществляются в соответствии со ст. 45.1 настоящего Федерального закона.

³ URL: http://wiki-org.ru/wiki/Каменно-Бродский_Свято_Троицкий_Белогорский_монастырь

⁴ Там же.

⁵ Постановление от 7.10.2010 № 1616 «О памятнике природы регионального значения „Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь“ в границах Ольховского муниципального района Волгоградской области».

Федеральный орган охраны объектов культурного наследия, муниципальный орган охраны объектов культурного наследия, физическое или юридическое лицо вправе направить в региональный орган охраны объектов культурного наследия заявление о включении объекта, обладающего признаками объекта культурного наследия, в реестр с приложением сведений о местонахождении объекта (адреса объекта или при его отсутствии описания местоположения объекта) и его историко-культурной ценности⁶.

В настоящее время статус объекта культурного наследия имеют следующие объекты: Церковь Свято-Троицкой Каменнобродской Троицкой женской обители и Братская могила советских воинов, погибших в период Сталинградской битвы.

На территории памятника природы регионального значения «Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь» располагаются Монастырские пещеры, которые имеют признаки объекта археологического наследия. В 2002 году был открыт для посещений паломников первый ярус Каменнобродских пещер. Пока для посещений открыта лишь малая часть подземелий. Первый ярус представляет собой пещерный комплекс общей протяженностью около 200 м. Сегодня работу по исследованию и расчистке второго яруса ведут специалисты-спелеологи и сами монахи⁷.

Объекты археологического наследия считаются выявленными объектами культурного наследия со дня их обнаружения лицом, получившим разрешение (открытый лист) на проведение работ по выявлению и изучению объектов археологического наследия.

Выявленные объекты археологического наследия включаются в перечень выявленных объектов культурного наследия решением регионального органа охраны объектов культурного наследия в течение трех рабочих дней со дня поступления сведений об объекте археологического наследия в порядке, установленном п. 11 ст. 45.1 настоящего Федерального закона.

При сборе исходных данных выяснилось, что по факту Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь располагается на территории охранной зоны объекта культурного наследия церкви Свято-Троицкой Каменнобродской Троицкой женской обители.

В пределах границ «Белогорский Свято-Троицкий монастырь» все работы подлежат согласованию с федеральным исполнительным органом, специально уполномоченным в сфере сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного наследия.

Присвоение статуса объекта культурного наследия необходимо в связи с неполным количеством объектов, наделенных данным статусом. На исследуемой территории, помимо Церкви Свято-Троицкой Каменнобродской Троицкой женской обители и Братской могилы советских воинов, погибших в период Сталинградской битвы на территории п. Госконюшня, располагается Свято-Троицкий Белогорский мужской монастырь, возникший в результате исторических событий и представляющий собой ценность с точки зрения ис-

⁶ URL: http://wiki-org.ru/wiki/Каменно-Бродский_Свято_Троицкий_Белогорский_монастырь

⁷ Постановление от 7.10.2010 № 1616 «О памятнике природы регионального значения „Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь“ в границах Ольховского муниципального района Волгоградской области».

тории, архитектуры, искусства и социальной культуры. Также на территории памятника природы регионального значения «Белогорский Свято-Троицкий Каменнородский монастырь» располагаются монастырские пещеры, которые имеют признаки объекта археологического наследия, но данного статуса не имеют. В табл. отображается возможность комплексного восприятия всех объектов, располагающихся на территории п. Госконюшня (рис. 1).

Объекты п. Госконюшня

№	Основная типология	Дата создания	Наименование объекта
1	Памятник архитектуры и градостроительства	1863 г.	Церковь Свято-Троицкая Каменнородской Троицкой женской обители
2	Памятник истории	1942—1943 гг., 1967 г.	Братская могила советских воинов, погибших в период Сталинградской битвы
3	Памятник природы	2010 г.	«Белогорский Свято-Троицкий Каменнородский монастырь»
4	Памятник архитектуры и градостроительства	1860 г.	Белогорский Свято-Троицкий Каменнородский мужской монастырь
5	Памятник археологии	Не установлена	Монастырские пещеры



Рис. 1. Схема проектного предложения развития и ограничений использования территорий п. Госконюшня Каменнородского сельского поселения Ольховского муниципального района Волгоградской области

Земельный участок, на котором расположен предлагаемый объект культурного наследия — Белогорский Свято-Троицкий Каменнородский мужской монастырь, отмежеван только в границах монастыря, все выше перечисленные объекты не имеют границ защитной зоны и могут быть установлены

на расстоянии 200 метров от линии внешней стены. В настоящее время на объекты археологического наследия защитная зона не устанавливается. В связи с этим авторами научного исследования предложено следующее:

1) рассматривать монастырь как сложный историко-ландшафтный территориальный комплекс с целостной системой уникальных взаимосвязанных компонентов;

2) установить зоны охраны для компонентов выявленного комплекса: мемориальной зоны (Братская могила советских воинов, погибших в период Сталинградской битвы); зоны охраны уникальных природных объектов (сероводородный, родники, радоновые источники (гидрологические памятники природы); дубовой аллеи (ботанический памятник природы) и зоны археологических объектов (монастырские пещеры);

3) сформировать туристический маршрут, предусматривающий развитие пешеходных маршрутов от Белогорского Свято-Троицкого мужского монастыря к дубовой аллее, сероводородному, питьевому, радоновому источнику, а также к монастырским пещерам.

Территории при объектах, обладающих признаками историко-культурного наследия (Белогорский Свято-Троицкий мужской монастырь), нуждаются в развитии качества прилегающей среды. Сохранение прилегающих ландшафтов обеспечит преемственность и образно-визуальные впечатления, полученные современниками при посещении мест, в которых существовали предыдущие поколения. Жемчужинами историко-культурного маршрута, безусловно, являются: комплекс Белогорского Свято-Троицкого Каменнобродского мужского монастыря, Церковь Свято-Троицкой Каменнобродской Троицкой женской обители, основанной в 1863 г., Святые источники и дубовая аллея. Каменнобродский Свято-Троицкий монастырь, изрядно пострадавший в период борьбы с верой и последующим осквернением, нуждается в профессиональной помощи молодого поколения архитекторов и градостроителей. Одним из вариантов вовлечения в созидательный процесс активного освоения историко-культурного потенциала области является восстановление реставрационной и живописной практик студентов архитектурных и строительных специальностей, существовавших в предыдущие десятилетия. В подобной деятельности следует опираться на тесное взаимодействие с музеями, архивами, учреждениями культуры и образования, которые могут выступить партнерами в деле восстановления традиционных ремесел, в организации рекламы экскурсий и проектирования средовых компонентов на прилегающих территориях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Notzke C. Indigenous tourism development in southern Alberta, Canada: Tentative engagement // *Sustainable Tourism*. 2004. № 12(1). Pp. 29—54.
2. Селиванова Н. В., Ястребова Н. А. Планировочные особенности станиц Усть-Медведицкая и Усть-Хоперская как типичных военно-казачьих поселений // *Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура*. 2017. Вып. 48(67). С. 184—193.
3. Ястребова Н. А. Основные этапы урбанизации Волгоградской области // *Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура*. 2017. Вып. 48(67). С. 194—204.
4. Birtwistle M. Genealogy tourism // *Niche Tourism*. 2013. Pp. 59.
5. Быкасов Д. С. Организационно-экономические основы рекреационного туризма в регионе : дис... канд. экон. наук. М., 2008.
6. Актуальные проблемы туризма: ежегод. сб. науч. тр. / И. В. Зорин (отв. ред.) и др. // Рос. междунар. акад. туризма. М. : Сов. спорт, 2000. 228 с.

7. *Александрова А. Ю.* Международный туризм : учеб. пособие для вузов. М. : Аспект Пресс, 2001. 464 с.
8. *Севан О. Г.* Монастыри — культурные и духовные центры России и Европы. История и современность. М. : М-во культуры РФ, 2003.
9. *Серебряная В. В.* Культурное зодчество Волгоградской области. Волгоград : Издатель, 2002.

© *Ястребова Н. А., Лиманская Т. Н., 2019*

*Поступила в редакцию
в январе 2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Ястребова Н. А., Лиманская Т. Н. Уникальные объекты культурного наследия Волгоградской области в структуре внутреннего туризма (на примере Ольховского района, п. Госконюшня) // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 187—195.

Об авторах:

Ястребова Наталья Александровна — канд. архит., доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, yas_na71@mail.ru

Лиманская Татьяна Николаевна — магистрант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, tanya-13limanskaya@mail.ru

Natalia A. Yastrebova, Tatiana N. Limanskaya

Volgograd State Technical University

UNIQUE OBJECTS OF THE CULTURAL HERITAGE OF THE VOLGOGRAD REGION IN THE STRUCTURE OF INTERNAL TOURISM (ON THE EXAMPLE OF OLKHOVSKY DISTRICT, V. GOSKONYUSNYA)

The article considers the possibility of developing domestic tourism by organizing visits to sites and places of historical, cultural and natural significance. The article reveals the problem of the protection and preservation of cultural heritage in the Volgograd region. The problem of recognizing an existing monastery as a single architectural and town-planning facility possessing the attributes of an object of cultural heritage is investigated. The current state of the monastery is based on the preservation of individual buildings (including ruinized and archaeological). The territory has a historical and cultural value as a whole, where, in addition to objects and buildings, elements of the cultural and natural landscape, which are located in the Olkhovsky district, the Kamennobrodsky rural settlement, v. Goskonyusnya.

Key words: monastery, objects of cultural heritage, tourism, specially protected natural areas, natural monuments.

For citation:

Yastrebova N. A., Limanskaya T. N. [Unique objects of the cultural heritage of the Volgograd region in the structure of internal tourism (on the example of Olkhovsky District, v. Goskonyusnya)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 187—195.

About authors:

Natal'ya A. Yastrebova — Candidate of Architecture, Docent of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, yas_na71@mail.ru

Tatiana N. Limanskaya — Master's Degree student of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, tanya-13limanskaya@mail.ru

УДК 744:378.4

Н. В. Мензелинцева, Н. Ю. Ермилова, О. В. Проценко, О. Н. Маринина

Волгоградский государственный технический университет

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ ПО ДИСЦИПЛИНАМ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Рассмотрены основные проблемы, возникающие у иностранных студентов в процессе изучения графических дисциплин в российских вузах. Предложены рекомендации по совершенствованию данного процесса.

К л ю ч е в ы е с л о в а: иностранные студенты, графические дисциплины, высшее образование, проблемы обучения, преподаватель вуза, компетенции преподавателя.

В соответствии с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» одним из ведущих направлений государственной политики в области образования является повышение его международного статуса и создание условий для привлечения иностранных граждан в российские образовательные учреждения. В целевых ориентирах концепции отмечено, что к 2020 г. увеличение доли иностранных студентов должно составить до 5 % от общего числа обучающихся в российских вузах, а доход от их обучения — не менее 10 % от объема финансирования системы образования. Это обеспечит не только рост конкурентоспособности российского образования, но и позиционирование России как одного из лидеров в области экспорта образовательных услуг¹.

С каждым годом контингент иностранных студентов в России увеличивается. Так, на начало 2017/18 учебного года число обучающихся в Российской Федерации иностранных граждан составило 291 тыс. человек по сравнению с 153,8 тыс. человек на начало 2010/11 учебного года². Среди причин, по которым иностранцы выбирают именно нашу страну, отмечаются следующие:

высокое качество образования при невысокой стоимости обучения (стоимость обучения для иностранных граждан в российских вузах не отличается от платы за образование для российских студентов);

близкое расположение (что особенно актуально для студентов из СНГ);

возможность получить профессию, которой не обучают в родной стране;

государственная программа, позволяющая получить место в университете России;

преимущество поколений (когда родители или родственники прошли обучение в России или есть русские корни);

интерес к России, к русской культуре и истории, русской экзотике и др.

Иностранные студенты приезжают в российские университеты с определенной образовательной базой, обусловленной образовательно-воспитательными

¹ О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года : распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 08.08.2009) // Собрание законодательства РФ. 2008. № 47. Ст. 5489.

² О Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации на 2019—2025 годы: указ Президента РФ от 31.10.2018 г. № 622. URL: <http://www.consultant.ru>.

системами своих стран, которые, как правило, могут существенно отличаться от российской системы образования. Так, некоторые дисциплины, изучаемые в России, могут отсутствовать в школьных программах других иностранных государств. В связи с этим российские вузы предлагают довузовскую подготовку для иностранных студентов. В программы довузовского обучения иностранных граждан включены дисциплины математического и естественно-научного циклов, изучаемые в российских общеобразовательных учреждениях, что дает возможность привести начальный уровень знаний иностранных учащихся к уровню знаний российских школьников.

Иностранные студенты, обучающиеся в Институте архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета на подготовительном факультете для иностранных граждан и особенно на первом курсе выбранной специальности кроме дисциплин общеобразовательного (инженерного) профиля (русский язык, физика, математика, химия, информатика, страноведение), обязательно осваивают и дисциплины графического цикла: черчение, начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика. Данные дисциплины относятся к сложным, вызывающим у большинства студентов определенные трудности в их усвоении, а успеваемость по этим дисциплинам оставляет зачастую желать лучшего. Вместе с тем освоение дисциплин графического профиля не только необходимо, но и крайне важно для будущего строителя, архитектора, дизайнера. Именно эти дисциплины одними из первых развивают такие способности личности, как пространственное воображение и проективное видение, логику и конструктивно-геометрическое мышление, способность к анализу и синтезу графических моделей пространства, геометрических линий, форм и их отношений.

В целях выявления уровня базовых (остаточных) знаний и готовности к освоению новых знаний и умений по дисциплинам графического профиля преподаватели кафедры «Инженерная графика, стандартизация и метрология» ИАиС ВолгГТУ ежегодно проводят опрос студентов первого курса. В опросе принимают участие не только студенты — граждане иностранных государств, но и студенты — граждане Российской Федерации, так как проблема графической подготовки будущих специалистов (бакалавров) по-прежнему остается актуальной для российских технических вузов [1—6]. Данный опрос проводится исключительно для общей информативности преподавателей кафедры в целях уделения ими повышенного внимания и оказания педагогической помощи и поддержки студентам, имеющим нулевой или низкий уровень знаний по графическим дисциплинам.

Приведем результаты опроса иностранных студентов в 2018 г. В опросе принимали участие студенты — граждане иностранных государств: Узбекистана, Туркменистана, Казахстана, Ирака, Иордании, Палестины и др. Возраст опрошиваемых студентов — от 18 до 24 лет, большая часть из них — представители мужского пола, девушки приезжают учиться гораздо реже. Предлагаем к рассмотрению вопросы и полученные на них наиболее характерные ответы.

Степень владения русским языком как иностранным

По ответам студентов, на «отлично» может общаться и читать текст очень малая часть учащихся, в основном приехавших из Белоруссии, Украины, Молдавии, Армении.

На «хорошо» владеют русским языком студенты из стран бывшего СНГ: Узбекистана, Азербайджана, Казахстана, Грузии. Хорошо общаются на русском языке и студенты, приехавшие из Афганистана и Вьетнама. Сюда можно отнести и ту часть студентов, которые прошли довузовскую подготовку в университете и освоили язык на достаточно хорошем уровне.

На «удовлетворительно» владеет русским языком основная часть обучающихся студентов из Ирака, Йемена, Иордании, Палестины, Нигерии. В их число входят и студенты, прошедшие языковые курсы на подготовительном факультете, но недостаточно хорошо освоившие язык.

Изучали ли графические дисциплины до поступления в вуз?

Дисциплину «Черчение» изучали выпускники школ Узбекистана на родном языке. Черчение изучали студенты, предварительно обучавшиеся на факультете довузовской подготовки, т. к. оно введено в программу обучения.

На протяжении какого времени изучали графические дисциплины?

В Узбекистане школьники изучают черчение два года. Выпускники факультета довузовской подготовки изучали данную дисциплину один семестр.

Испытываете ли вы трудности с изучением графических дисциплин в вузе?

При ответе на этот вопрос студенты разделились на три группы. Первая группа, в которой опрашиваемые почти не испытывают трудностей, — это студенты, изучавшие черчение и хорошо владеющие русским языком. Во вторую группу вошли студенты, изучавшие черчение, но освоившие русский язык на низком уровне и, следовательно, испытывающие некоторые затруднения. Проблемы у данной группы возникают в основном из-за сложностей с переводом специальной терминологии. Очень большие трудности испытывают члены третьей группы — студенты, не изучавшие черчение и имеющие низкий уровень языковых знаний.

Как преодолеваете эти трудности? Кто помогает?

Первая группа опрошенных студентов посещает плановые консультации по дисциплине и самостоятельно справляется с возникающими трудностями. Вторая группа посещает плановые консультации и обращается за помощью к соотечественникам и русским однокурсникам. Третья группа иностранных студентов не в состоянии преодолеть эти трудности самостоятельно, поэтому посещают дополнительные индивидуальные консультации педагогов.

Анализ и обобщение проведенных опросов, психолого-педагогической литературы по рассматриваемой тематике [7—13] и многолетний опыт преподавания дисциплин графического цикла позволил выявить основные проблемы, возникающие у иностранных студентов при изучении графических дисциплин.

Прежде всего, одной из самых главных проблем, влияющих на эффективность обучения иностранных студентов дисциплинам графического профиля, является языковой барьер. Эта проблема также четко обозначена и в ряде других исследований [10—17]. Иностранные студенты, обучающиеся в России, получают высшее образование на неродном языке в условиях иной социокультурной и учебно-профессиональной среды, поэтому успешность обучения студентов — иностранных граждан в значительной степени определяется их уровнем владения русским языком. Для студентов, не владеющих русским языком в вузах, предусмотрен этап довузовской подготовки. Вместе с тем, как отмечают коллеги из Алтайского государственного университета

имени И. И. Ползунова, большая часть иностранных студентов, поступивших в университет, приходится на выходцев из Казахстана, Таджикистана, Узбекистана и других стран СНГ, которые минуют этап довузовской подготовки и сразу зачисляются на первый курс. Связано это с тем, что данные студенты, как считается, в какой-то мере владеют русским языком. И если в 90 % случаях студенты из Казахстана оказываются нашими соотечественниками, проживающими за границей, и действительно владеют русским языком в совершенстве, то многие студенты из Таджикистана, Узбекистана, Туркменистана часто не могут не только общаться на нем, но и читают со словарем [10]. Аналогичная ситуация складывается и в ИАиС ВолгГТУ.

Особенно языковой барьер сказывается на лекциях, так как темп донесения учебного материала, принятый в российских вузах, для иностранных студентов слишком высок. Кроме этого, студенту-иностранцу легче воспринимать печатный текст, чем слушать и понимать устную речь. Отсюда неполное восприятие лекционного графического материала, потеря единства и логических связей между отдельными положениями, в результате чего снижается внимание к речи преподавателя и постепенно исчезает мотивация к посещению занятий. Студенты пытаются использовать современные мобильные устройства, что в условиях острого дефицита аудиторного времени становится малоэффективным. Так как восприятие информации в форме традиционной лекции по графическим дисциплинам вызывает у иностранных студентов большие трудности, то необходимо применение интегративных подходов к обучению. Например, использование мультимедийных электронных средств, современных компьютерных технологий, элементов технического рисования (моделирования), полихромной визуализации плоскостных и объемных геометрических объектов и др. Отмечено, что применение на лекциях мультимедийных презентаций расширяет комплекс средств наглядности, а также вызывает интерес и благоприятную реакцию студенческой аудитории. Текст лекции с использованием мультимедийных средств обучения — четкий, стилистически однородный, хорошо воспринимаемый, есть возможность использования цвета, выделения фрагментов курсивом и подчеркиванием, варьированием размера. При этом, как отмечают исследователи, возможна подача учебно-методического материала сразу на двух языках: русском и, например, английском. Дублирование на английском языке позволяет иностранным студентам лучше понимать содержание изучаемого материала и одновременно улучшать знание русского языка. Применение этих инструментов позволяет не только привлекать внимание к наиболее важным моментам в материале лекции, но и способствует более четкому структурированию учебного материала: по способу подачи текста студенты могут узнавать характер информации (определения, законы, следствия законов, выводы и т. д.) [7, 13, 14]. Однако считаем, что применять второй язык для перевода текста надо крайне осторожно, как отметим ниже, необходимо учитывать специфику языка графики.

Особенно внимательно следует подойти и к разработке для иностранных студентов учебных и методических материалов по дисциплинам графического профиля. Интерес представляет создание специального компьютерного мультимедийного сетевого ресурса, где вербальные средства подачи материала заменены на визуальные. При разработке такого ресурса для обучения

студентов-иностранцев основное внимание необходимо обратить на наглядность, наполнив его значительным количеством иллюстративного материала, представленного в виде гипертекстовых ссылок, и точность текстовых формулировок. Мультимедийные разработки позволят иностранному студенту развить навык самостоятельной работы и самому управлять процессом обучения, имея возможность повторно просматривать учебный материал. Вовлечение в учебный процесс компьютерных технологий и максимальное использование их возможностей является перспективным направлением повышения эффективности и качества процесса обучения иностранных студентов, в том числе и по дисциплинам графического профиля [8].

Уровень языковой подготовки, требуемый для получения специальности по профилю вуза, складывается из двух составляющих: изучение русского языка с преподавателем-предметником и изучение специальной терминологии с преподавателем, ведущим цикл графических дисциплин. Данная проблема усугубляется тем, что дисциплины графического профиля являются дисциплинами с очень специфической терминологией, которую необходимо не только освоить, но и научиться применять при решении различных графических задач. Исследователи отмечают, что для раскрытия значений изучаемых терминов дисциплины могут применяться различные методы: перевод, толкование на родном и иностранном языке (дефиниция), догадка по контексту (языковая и речевая наглядность), наглядная семантизация путем демонстрации предметов, действий, картин, графиков, чертежей, обозначаемых данным словом (предметная и образная наглядность), мнемотехники и т. п. [7]. Для решения этой проблемы можно, например, разработать словарь (тезаурус, глоссарий) специальных терминов по дисциплине, составленного преподавателем. Структурировать словарь удобно по темам и предлагать его изучение в качестве предварительной подготовки к лекции, при этом аудиторная работа будет проходить более результативно. Вторым решением может являться привлечение другого иностранного языка (например, английского) для пояснений, раскрытия значений и характеристик термина. Однако, как предостерегают исследователи, использование перевода термина или понятия на родной язык студента, особенно в таких дисциплинах, как графических, следует прибегать в крайних случаях, когда других способов нет. Основным недостатком перевода термина на родной язык является возможное несовпадение семантических полей и их ближайших аналогов в родном языке обучаемых. Например, аббревиатуру государственного стандарта — ГОСТ — иностранные студенты зачастую путают со словом «гость». При этом и перевод данного термина может иметь несколько вариантов [7].

Как показывают проведенные кафедрой ИГСИМ опросы, другим немаловажным фактором, снижающим качество графического образования иностранных студентов, является, как правило, отсутствие у них базовых чертежных знаний и умений. И это проблема не только студентов — граждан иностранных государств, но и российских студентов. Выведение за рамки учебных планов общеобразовательных учреждений России дисциплины черчения привело к крайне низкому уровню графической подготовки учащихся, отсутствию у них элементарных представлений о пространственных геометрических формах и способности изображения их на плоскости, что особенно отчетливо проявляется при изучении на первом курсе вузов начертательной

геометрии и инженерной графики [3, 4]. Многие иностранные студенты, так же как и российские, если с большей частью изучаемых в российских вузах дисциплин (физика, химия, математика, информатика) знакомы со школы, то с графическими дисциплинами сталкиваются впервые. Преподаватели Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого отмечают, что, не имея базовых чертежных навыков, студенты из дальнего зарубежья и Средней Азии встречаются с огромными проблемами в изучении геометро-графических дисциплин. Студенты из Китая, Индии, Вьетнама, имеющие 12-летнее среднее образование, легче справляются с проблемами и приобретают инструментальные навыки. Это связывается с наличием в школах этих стран такого предмета, как каллиграфия, а также объясняется особенностями национального характера (прилежание, старательность). Студенты из стран ОДКБ (Армения, Белоруссия, Казахстан, Киргизия, Таджикистан) и Монголии имеют огромное преимущество: они не только лучше владеют русским языком, но и прослеживается сильное влияние в их подготовке еще советской графической школы [7].

Еще одной существенной проблемой, влияющей на качество графической подготовки иностранных студентов, можно отметить трудоемкость дисциплин графического цикла при сохранении тенденции к сокращению учебного времени, выделяемого на графическое образование в технических вузах.

В условиях новой государственной образовательной политики, направленной на повышение качества российского образования и решение, в том числе задач геополитической конкурентоспособности России в сфере образования³, сама педагогическая система должна меняться, гибко учитывая интересы и потребности иностранных студентов. В этой связи интересно мнение коллег из Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана о формировании на этапе изучения общеобразовательных дисциплин, в первую очередь, таких, как начертательная геометрия и инженерная графика, отдельных групп из иностранных студентов по 6—8 человек [13].

Качество и эффективность процесса обучения иностранных студентов во многом зависит от преподавателя вуза, его профессионального мастерства и наличия у него необходимых компетенций. Прежде всего, в работе с иностранными студентами преподаватель должен иметь высокий уровень *коммуникативной компетенции*. Она включает в себя умение свободно говорить, понимать иностранный язык, а также письменно изъясняться. Отмечено, что для большинства иностранных студентов английский язык не является родным, поэтому они часто разговаривают с сильным акцентом, что может создавать барьер для понимания. Именно по этой причине навык слушания и понимания разговорной речи у преподавателя является особенно важным. Нельзя обойти стороной и навык устной речи (четкого проговаривания) у самого преподавателя. Для иностранных студентов способность понимать речь преподавателя является одним из главных факторов в удовлетворенности процессом обучения. Непонимание речи преподавателя создает барьер для

³ Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2013—2020 годы : распоряжение Правительства РФ от 15.05.2013 № 792-р // Собрание законодательства РФ. 2013. № 21. Ст. 2671.

коммуникации и сильно снижает мотивацию к обучению. Педагогу необходимо также обладать *социокультурной компетенцией*, а именно знать, уметь и владеть способностью решения различных проблем социально-культурного характера, которые часто возникают при общении с иностранными студентами. В рамках этой компетенции преподаватель должен иметь хорошее представление о национально-психологических особенностях студентов, которые помогают строить учебный процесс таким образом, чтобы активно задействовать сильные и нивелировать слабые стороны студентов, а также обходить подводные камни [18].

Преподаватель-предметник, ведущий цикл графических дисциплин, должен обладать также и высоким уровнем профессиональной компетентности. Именно от его педагогического мастерства зависит успешность освоения дисциплин графического профиля иностранными студентами. Преподаватель на языке графики, преодолевая проблемы иноязычной коммуникации, должен передать студентам знания о методах построения графических изображений пространственных форм на плоскости и способах решения задач геометрического характера по заданным изображениям этих форм; научить студентов-иностранцев изображать на плоскости различные сочетания геометрических образов, а также производить их исследования и измерения, допуская преобразования графических изображений, дать навыки анализа и синтеза пространственных форм и отношений между ними на основе их геометрических моделей и графических изображений. В связи с этим в образовательную среду высшей технической школы необходимо внедрять инновационные технологии преподавания графических дисциплин, новые формы и методы планирования и организации процесса обучения иностранной аудитории.

В заключение отметим, что изучение проблем графической подготовки иностранных студентов в российских вузах представляет собой комплексную задачу, решение которой позволит повысить качество и эффективность процесса обучения иностранных граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бегутова Г. П., Тарановская Е. А. Пути решения проблемы эффективности обучения графическим дисциплинам в высших учебных заведениях и повышение качества подготовки технических специалистов. URL: http://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf4/1.pdf
2. Мусиенко О. А. Развитие профессиональной компетентности студентов строительных специальностей при обучении графическим дисциплинам : автореф. дис... канд. пед. наук. Омск, 2007. 22 с.
3. Ермилова Н. Ю. Проблемы графического образования студентов архитектурно-строительных специальностей // Новые идеи нового века — 2015 : материалы XV Международной науч. конф. : в 3 т. Хабаровск : ТГОУ, 2015. Т. 2. С. 352—357.
4. Мензелинцев Н. В., Ермилова Н. Ю., Маринина О. Н. Значение и роль олимпиад по черчению в графическом образовании школьников и студентов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 44(63). Ч. 2. С. 189—199.
5. Совершенствование методики преподавания начертательной геометрии студентам архитектурно-строительных специальностей / Н. В. Мензелинцев и др. // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 583—594.
6. Малькова Н. Ю. Графическая подготовка в техническом университете // Ползуновский альманах. 2014. № 2. С. 171—172.
7. Афанасьева И. Б., Князева Е. В. Обучение иностранных студентов дисциплинам геометро-графического цикла // Современное машиностроение : Наука и образование : материалы VI Международной науч.-практ. конференции / Под ред. А. Н. Евграфова и А. А. Поповича. СПб. : Политехн. ун-т, 2017. С. 2—15.

8. Белоенко Е. В. Особенности преподавания графических дисциплин иностранным студентам // Методология обучения и повышения эффективности академической, социокультурной и психологической адаптации иностранных студентов в российском вузе : теоретические и прикладные аспекты : Материалы Всероссийского семинара. Т. 1. Томск : ТПУ, 2008. С. 94—95.
9. Проценко О. В. Особенности обучения иностранных студентов в российских вузах // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : материалы V Всерос. науч.-техн. конф. молодых исследователей (с междунар. участием), 23—28 апр. 2018 г., Волгоград / ВолгГТУ ; под общ. ред. Н. Ю. Ериловой. Волгоград, 2018. С. 385—387.
10. Малькова Н. Ю., Шишкова И. Л. Графическая подготовка иностранных студентов в техническом университете // Ползуновский альманах. 2015. № 2. С. 131—132.
11. Хвалица Е. А. Оценка качества знаний иностранных студентов по инженерной графике // Личность, семья и общество : вопросы педагогики и психологии : сб. статей XXII Международной науч.-практ. конф. Новосибирск : СибАК, 2013. URL: <https://sibac.info/conf/pedagog/xxxii/33938>
12. Проблемы изучения начертательной геометрии иностранными студентами и опыт их решения / Д. Б. Амирул и др. // Молодежный научный форум : Технические и математические науки : электр. сб. статей по материалам XLIII студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. М. : МЦНО, 2017. № 3(43). URL: [http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/3\(43\).pdf](http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/3(43).pdf)
13. Серегин В. И., Воронова, И. С. Особенности преподавания графических дисциплин студентам факультета международных образовательных программ // Современные тенденции развития науки и технологий : сб. научных трудов по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. 31 октября 2015 г. : в 10 ч. Ч. IX. № 7—9. С. 133—138.
14. Петров П. А. Специфика подготовки иностранных студентов инженерным дисциплинам в сельскохозяйственных вузах // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11(42). Ч. 3. С. 83—85.
15. Обучение иностранцев в России: проблемы и перспективы : Международный межвузовский науч.-методич. семинар. 5 мая 2011 г. / Н. В. Гужова и др.; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. Нижний Новгород : ННГАСУ, 2011. 100 с.
16. Капезина Т. Т. Проблемы обучения иностранных студентов в российском вузе // Наука. Общество. Государство. 2014. № 1(5). С. 1—10. URL: esj.pnzgu.ru
17. Козулина А. П. Современные проблемы подготовки иностранных студентов к обучению в российских вузах // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15213>
18. Рахимов Т. Р. Ключевые компетенции преподавателя в рамках организации процесса обучения иностранных студентов в российском вузе // Вестн. Том. гос. ун-та. 2012. № 365. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klyuchevye-kompetentsii-prepodavatelya-v-ramkahorganizatsii-protsesta-obucheniya-inostrannyh-studentov-v-rossiyskom-vuze>

© Мензелинцева Н. В., Ерилова Н. Ю., Проценко О. В., Маринина О. Н., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Проблемы подготовки иностранных студентов в российских вузах по дисциплинам графического профиля / Н. В. Мензелинцева, Н. Ю. Ерилова, О. В. Проценко, О. Н. Маринина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 196—204.

Об авторах:

Мензелинцева Надежда Васильевна — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, menzelintseva_nv@mail.ru

Ерилова Наталья Юрьевна — канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, n.y.ermilova@yandex.ru

Проценко Оксана Владимировна — старший преподаватель кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

Маринина Ольга Николаевна — канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, day.meednight@gmail.com

**Nadezhda V. Menzelintseva, Natal'ya Yu. Ermilova, Oksana V. Protsenko,
Ol'ga N. Marinina**

Volgograd State Technical University

PROBLEMS OF GRAPHIC TRAINING OF FOREIGN STUDENTS IN RUSSIAN UNIVERSITIES

The main problems encountered by foreign students in the process of studying graphic disciplines in Russian universities are considered. Recommendations for improving this process are proposed.

Key words: foreign students, graphic disciplines, higher education, learning problems, university teacher, teacher competencies.

For citation:

Menzelintseva N. V., Ermilova N. Yu., Protsenko O. V., Marinina O. N. [Problems of graphic training of foreign students in Russian universities]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 196—204.

About authors:

Nadezhda V. Menzelintseva — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, menzelintseva_nv@mail.ru

Natal'ya Yu. Ermilova — Candidate of Pedagogic Sciences, Docent, Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, n.y.ermilova@yandex.ru

Oksana V. Protsenko — Senior Lecturer of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Ol'ga N. Marinina — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, day.meednight@gmail.com

УДК 504.064.2.001.18

Н. М. Рашевский, Б. Х. Санжапов, В. Р. Барихашвили

Волгоградский государственный технический университет

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В статье рассмотрен подход к визуализации данных мониторинга атмосферного воздуха. Приведен обзор зарубежных и отечественных показателей качества воздуха. Описан программный модуль для расчета и визуализации значений показателя качества воздуха.

Ключевые слова: мониторинг атмосферного воздуха, показатели качества воздуха, визуализация данных.

В последние десятилетия значительно выросла актуальность задачи информирования граждан о загрязнении атмосферного воздуха. За рубежом были созданы информационные ресурсы, позволяющие гражданам узнать концентрации загрязняющих веществ в различных районах города, значения показателей качества воздуха и рекомендации о поведении. В России также появляются и развиваются подобные ресурсы. В статьях [1, 2, 3] приведен обзор зарубежных Интернет-ресурсов, информирующих граждан о загрязнении воздуха, рассмотрены некоторые показатели качества воздуха, выделены основные проблемы отечественных аналогов. В данной статье проведен дополнительный обзор показателей качества воздуха — зарубежного DAQI и отечественного ИЗА, а также описан подход к визуализации данных экологического мониторинга с помощью геоинформационных технологий с использованием индекса качества воздуха AQI.

Показатель качества воздуха DAQI

Daily Air Quality Index (DAQI) — индекс качества воздуха, используемый в Великобритании¹. Индекс принимает значения от 1 до 10, а шкала разделена на четыре интервала: низкий, средний, высокий и очень высокий. Каждому интервалу соответствуют рекомендации о поведении граждан, при этом для людей, чувствительных к загрязнению воздуха, выдаются особые рекомендации.

Индекс основан на значениях концентрации пяти загрязняющих веществ: озон O_3 , диоксид азота NO_2 , диоксид серы SO_2 , мелкодисперсная пыль $PM_{2,5}$ и PM_{10} . Период измерения концентрации веществ варьируется от 15 минут до 24 часов в зависимости от вещества.

Система нормирования ИЗА

ИЗА — комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей, представляющий собой сумму концентраций выбранных загрязняющих веществ в долях ПДК (в соответствии с ПД 52.04.186-89²). Используется в России и ряде стран СНГ.

¹ UK-AIR: Air Information Resource / Pollution forecast. 2018. URL: <http://www.scottishairquality.co.uk/latest/forecast>

² ПД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=10899#0>

В зависимости от значения ИЗА уровень загрязнения воздуха определяется следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Шкала значений ИЗА

Уровень загрязнения атмосферного воздуха	Значения ИЗА
Низкий	меньше или равен 5
Повышенный	5...7
Высокий	7...14
Очень высокий	больше или равен 14

Комплексный индекс загрязнения атмосферы не имеет цветовой шкалы для представления результатов, а также не дает рекомендаций для различных групп граждан. Данная методика используется информационными ресурсами Москвы и Санкт-Петербурга³.

Сравнение методик

Был проведен сравнительный анализ показателей качества воздуха с учетом показателей, описанных в статьях [1 и 2].

Таблица 2

Сравнение показателей качества воздуха

Критерий	AQI	ИЗА	AQNI	DAQI	CAQI
Наличие цветовой шкалы	Да	Нет	Да	Да	Да
Количество учитываемых веществ	5	6	5	5	3...6
Количество градаций вреда здоровью	6	4	4	4	5
Цифровая шкала	0...500+	0...14+	1...10+	1...10	0...100
Период измерения	1 час, 8 часов, 24 часа (в зависимости от вещества)	8...24 часа	Измерение каждый час, расчет за 3 часа.	От 15 минут до 24 часов (в зависимости от вещества)	Час, день, год
Описания последствий для здоровья по категориям	Есть	Нет	Есть	Есть	Есть

Показатель качества воздуха AQI

Одним из наиболее используемых в мире показателей качества атмосферного воздуха является Air Quality Index (AQI)⁴. Индекс качества атмо-

³ Система мониторинга атмосферного воздуха в Москве / Мосэкомониторинг. URL: <http://www.mosecom.ru/air/>

Атмосферный воздух Экологический портал Санкт-Петербурга / Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=53>

⁴ Environment Protection Authority Victoria / Calculating a station air quality index. URL: <http://www.epa.vic.gov.au/your-environment/air/air-pollution/air-quality-index/calculating-a-station-air-quality-index>

сферного воздуха рассчитывается на основе индексов концентрации 5 загрязняющих веществ: O_3 , взвешенные частицы (PM), оксид углерода CO, диоксид серы SO_2 , диоксид азота NO_2 .

В данной методике значения показателя качества воздуха варьируются от 0 до 500 и разделены на шесть интервалов. Каждому интервалу соответствуют рекомендации для различных групп граждан.

Т а б л и ц а 3

Шкала значений индекса AQI

Уровень воздействия на здоровье	Числовое значение
Хороший	0...50
Умеренный	51...100
Вредный для чувствительных групп	101...150
Вредный	151...200
Очень вредный	201...300
Опасный	301...500

Значение индекса AQI рассчитывается по следующей формуле:

$$I_p = \frac{I_{hi} - I_{lo}}{C_{hi} - C_{lo}}(C - C_{lo}) + I_{lo} \quad (1)$$

где I_p — значение индекса загрязнения; C — усредненная концентрация загрязняющего вещества; C_{hi} — верхняя граница интервала, внутри которого находится значение C_p ; C_{lo} — нижняя граница интервала, внутри которого находится значение C ; I_{hi} — значение AQI, соответствующее C_{hi} ; I_{lo} — значение AQI, соответствующее C_{lo} .

Информация, необходимая для расчета AQI, собирается регулярно (5 раз в неделю).

Порядок расчета AQI для определенной территории следующий:

1. Определение самой высокой за период.
2. Округление результатов.
3. Нахождение интервала таблицы AQI, в который попадает полученное значение концентрации.
4. Вычисление значения индекса по формуле (1).
5. Округление полученного числа до целых.

Диаграммы процессов

Для решения проблемы информирования граждан о результатах мониторинга загрязнения атмосферного воздуха был разработан модуль визуализации, который может быть использован в работе городских комитетов по экологии.

Представленная модель отражает механизм осуществления процесса визуализации данных. На входе имеются текстовые данные. Все процессы происходят под управлением методик расчета и отображения.

На рис. 1 представлена декомпозиция основного блока, включающего в себя подпроцессы обработки данных, расчета обработанных данных, отображения карты и архивации расчетных данных.

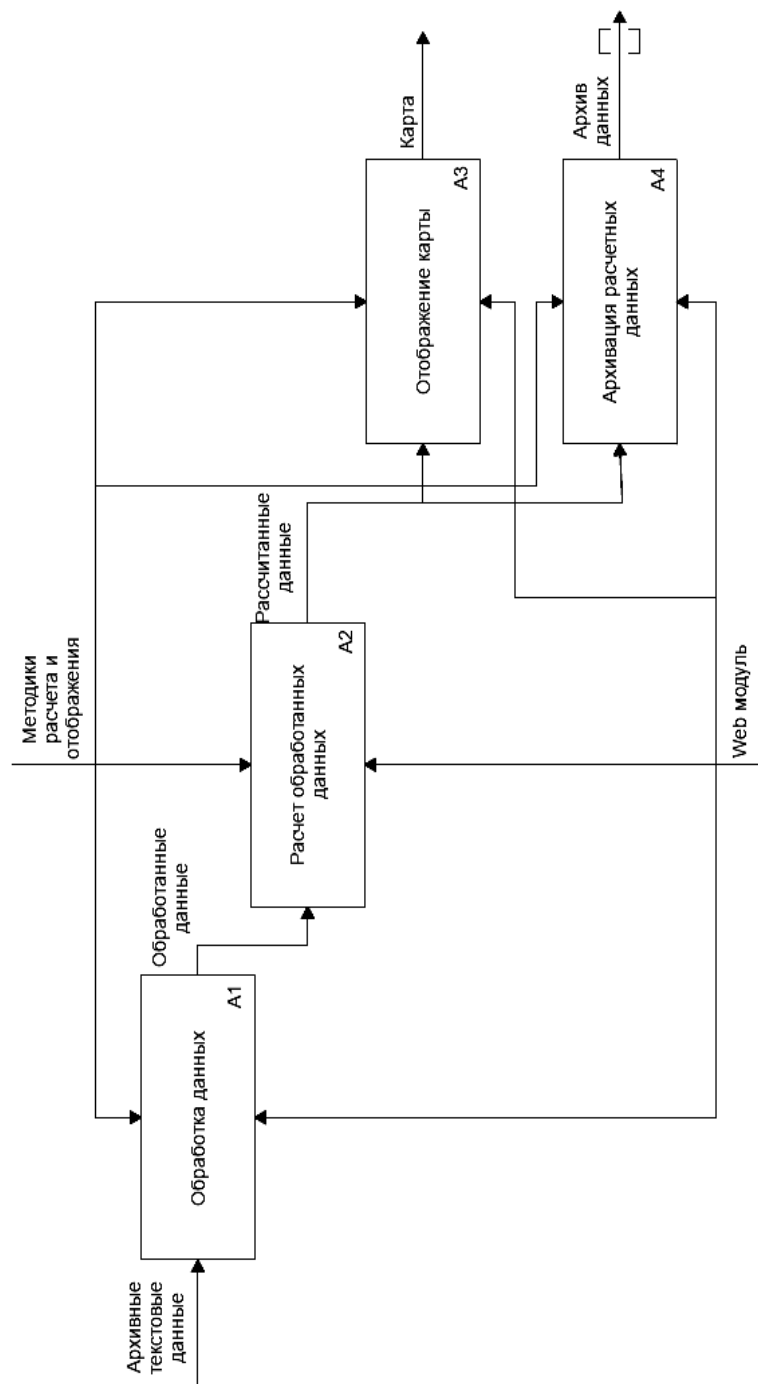


Рис. 1. Декомпозиция блока «визуализация результатов экологического мониторинга атмосферного воздуха»

В подпроцессе «обработки данных» извлекаются необходимые для расчетов данные по веществам из архивных текстовых файлов формата csv. Каждому веществу соответствует свой файл, имеющий структуру, представленную в табл. 1. Файл представляет собой таблицу, содержащую значения среднечасовой концентрации за каждый час каждого дня. Значения коэффициентов унифицированы, мг/м³.

Т а б л и ц а 4

Пример структуры файла вещества

Дни\Часы	1	2	...	24
1	0,05	0,07	...	0,05
2	0,06	0,07	...	0,06
3	0,04	0,05	...	0,06
4	0,06	0,07	...	0,07
5	0,05	0,07	...	0,04
...	...	...	...	...
29	0,06	0,07	...	0,07
30	0,04	0,05	...	0,06
31	0,07	0,06	...	0,05

В блоке «расчет обработанных данных» после поступления новых данных производится их расчет.

В подпроцессе «отображение карты» на вход поступают рассчитанные данные для их визуализации на карте.

Также после всех расчетов производится подготовка файлов к дальнейшему хранению в подпроцессе «архивация данных». Они хранятся на сервере в виде архива, содержащего файлы с уже рассчитанными данными. Доступ осуществляется по требованию пользователя.

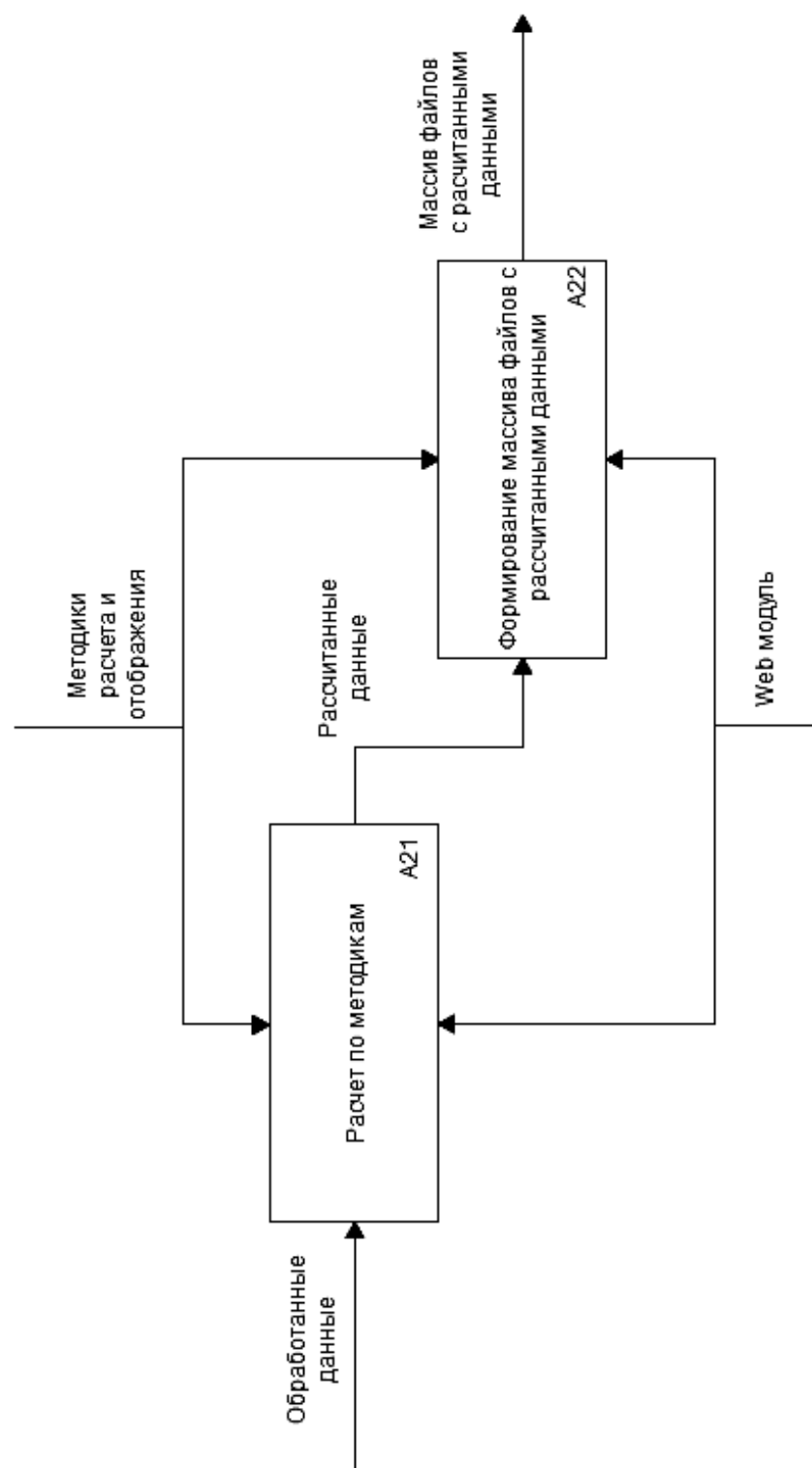
Процесс «расчет обработанных данных» состоит из двух блоков: «расчет по методикам» и «формирование массива файлов с рассчитанными данными». В первом производится расчет индексов загрязнения воздуха атмосферы по всем доступным в данном модуле методикам. Рассчитанные данные поступают на вход во второй подпроцесс. Файлы распределяются по соответствующим папкам.

Реализация возможна несколькими способами, один из них — использование «Google Карты» и языки программирования PHP, JavaScript.

Точки на карте отображаются в местах размещения постов экологического мониторинга. Для удобной настройки и для использования модуля в разных областях страны на сервере существует файл настроек, в котором хранятся начальные координаты карты, путь к текстовым файлам с данными мониторинга, путь к папке хранения результатов рассчитанных данных, координаты точек (постов) отображения, координаты областей, визуализируемый метод по умолчанию.

Модуль предполагает его доработку в виде добавления дополнительных методик расчета. Разработчику необходимо написать класс для расчета по методике и изменить файл настроек.

Пользователь выбирает методику из верхнего меню, изображенного на рис. 3.



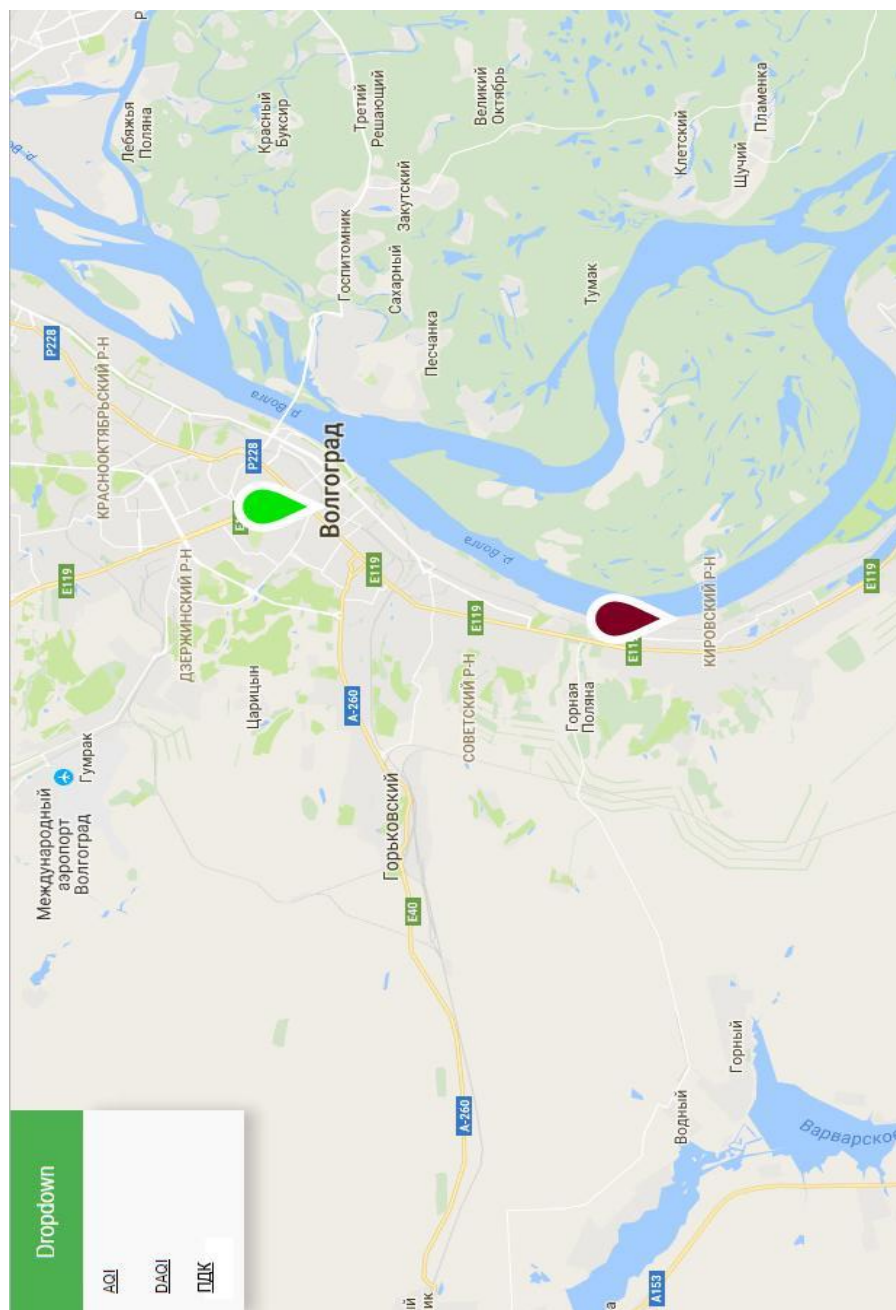


Рис. 3. Результат работы модуля

Помимо визуализации индексов качества воздуха возникает необходимость отображения карт концентраций загрязняющих веществ, полученных от систем моделирования рассеивания загрязняющих веществ [4—8]. Другой способ реализации — использование программы QGIS⁵. Ее преимущество в том, что она находится в свободном доступе и не требует дополнительных лицензий и разрешений.

Основные возможности программы:

- 1) компоновка карт;
- 2) добавление слоя координатной сетки;
- 3) редактирование и визуализация данных карт OpenStreetMap;
- 4) анализ данных.

Программа позволяет настраивать различные слои удобные пользователю, также есть возможность использование карты свободного доступа «OpenStreetMap».

На рис. 4 приведен фрагмент использования программы QGIS для визуализации карты концентраций, полученной в программном комплексе CALPUFF.

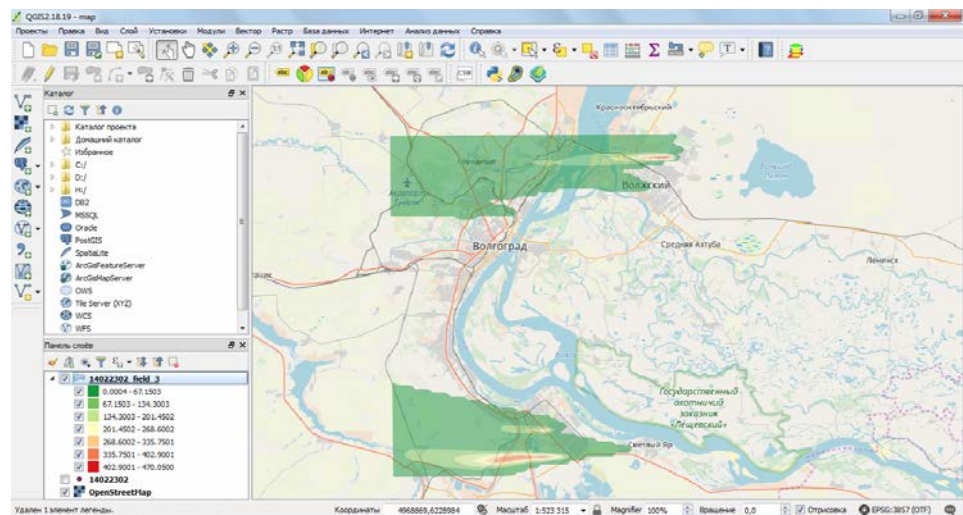


Рис. 4. Результат использования QGIS

Настройка слоев имеет большой функционал — возможность выбора цвета для каждого слоя, а также настройки прозрачности.

Данные загрязняющих веществ загружаются вручную, QGIS автоматически их преобразовывает в точки, по полученным данным возможно построить контур для более понятного анализа.

С помощью встроенного модуля QGIS2Web⁶ программа позволяет автоматически генерировать карту для встраивания на веб-сайт.

В данной статье предложена реализация подхода к информированию граждан о состоянии атмосферного воздуха с помощью визуализации значе-

⁵ Welcome to the QGIS project! URL: <https://www.qgis.org/en/site/>

⁶ Web Mapping with QGIS2Web QGIS Tutorials and Tips / Ujaval Gandhi. URL: https://www.qgistutorials.com/en/docs/web_mapping_with_qgis2web.html

ний показателя качества атмосферного воздуха AQI. Был проведен сравнительный анализ методик оценки качества воздуха, из которого следует, что методика ИЗА, используемая в России, недостаточно информативна для понятия различным категориям пользователей.



Рис. 5. Использование модуля QGIS2Web

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санжапов Б. Х., Сеницын А. А., Рашевский Н. М. Представление результатов мониторинга атмосферного воздуха в системе поддержки принятия решений при обеспечении экологической безопасности города // Известия ВолгГТУ. Сер.: Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. 2016. № 6(185). С. 40—44.
2. Санжапов Б. Х., Сеницын А. А., Рашевский Н. М. Подходы к информированию населения о результатах мониторинга загрязнения атмосферного воздуха // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 44(63). Ч. 2. С. 166—177.
3. Sanzhapov B. Kh., Rashevskij N. M., Sinicyn A. A. Analysis of Availability of Data Sets Necessary for Decision Making in Air Quality Assessment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 262 : International Conference on Construction, Architecture and Technology Safety (ICCATS 2017) (21—22 September, 2017, Chelyabinsk, Russian Federation) : Conference Proceedings. 2017. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/262/1/012187/pdf>
4. Dresser A. L., Huizer R. D. CALPUFF and AERMOD Model Validation Study in the Near Field: Martins Creek Revisited // Air & Waste Management Association. Pp. 647—659. URL: 10.3155/1047-3289.61.6.647
5. Elbir T. A GIS based decision support system for estimation, visualization and analysis of air pollution for large Turkish cities // Atmospheric Environment. № 38 Pp. 4509—4517.
6. Abdul-Wahab S. A., Fadlallah S. O. A study of the effects of vehicle emissions on the atmosphere of Sultan Qaboos University in Oman // Atmos Environ. № 98. Pp. 158—167.
7. Yu H., Stuart A. L. Impacts of compact growth and electric vehicles on future air quality and urban exposures may be mixed : Sci Total Environ. 2017. Pp. 148—58.
8. Lee H., Yoo J., Kang M. Evaluation of concentrations and source contribution of PM 10 and SO 2 emitted from industrial complexes in Ulsan. Korea : interfacing of the WRF CALPUFF modeling tools. Atmos Pollut Res. Pp. 664—676.

© Рашевский Н. М., Санжапов Б. Х., Барихашвили В. Р., 2019

Поступила в редакцию
в ноябре 2018 г.

Ссылка для цитирования:

Рашевский Н. М., Санжапов Б. Х., Барикхашвили В. Р. Визуализация результатов экологического мониторинга атмосферного воздуха // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 1(74). С. 205—214.

Об авторах:

Рашевский Николай Михайлович — старший преподаватель кафедры математики и информационных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, rashevsky.n@gmail.com

Санжапов Булат Хизбуллович — д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой математики и информационных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, sbkh@mail.ru

Барикхашвили Виталий Робизонович — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, vitaliy1994@mail.ru

Nikolay M. Rashevskiy, Bulat K. Sanzhapov, Vitaliy R. Barikhashvili

Volgograd State Technical University

VISUALIZATION OF RESULTS OF ECOLOGICAL MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR

An approach to visualization of data of ecological monitoring of atmospheric air is discussed in this paper. A review of domestic and foreign air quality indexes is shown in this paper. A program module for calculation and visualization of air quality index values is described in the paper.

Key words: atmospheric air monitoring, air quality indexes, visualization of data.

For citation:

Rashevskiy N. M., Sanzhapov B. Kh., Barikhashvili V. R. [Visualization of results of ecological monitoring of atmospheric air]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2019, iss. 1, pp. 205—214.

About authors:

Nikolai M. Rashevskii — Senior Lecturer of Mathematic and Information Technology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, rashevsky.n@gmail.com

Bulat Kh. Sanzhapov — Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor, the Head of Mathematic and Information Technology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sbkh@mail.ru

Vitaliy R. Barikhashvili — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, vitaliy1994@mail.ru

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета» **включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.**

Библиографические сведения о публикациях в журнале, пристатейные списки литературы и полные тексты статей представлены в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)** на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru.

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура» входит в базу данных **Ulrich's Periodicals Directory** американского издательства Bowker, являющуюся самой крупной базой, описывающей мировой поток сериальных (периодических и продолжающихся) изданий. Активно используется научными учреждениями для анализа мирового потока сериальных изданий.

Серия включена в базу данных **DOAJ — Directory of Open Access Journals** (Директория журналов открытого доступа) научной библиотеки университета г. Лунд (Швеция), www.doaj.org, обеспечивающую открытый доступ к полнотекстовым материалам научных и академических журналов на различных языках, поддерживающих систему контроля качества публикуемых статей.

Требования к оформлению статей и сопроводительных материалов. Статью необходимо представить на электронном носителе и в распечатанном виде (2 экз.) в сопровождении заполненного автором *лицензионного договора* (2 экз.) (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/ld-blank.pdf>), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/pdsog.pdf>), *выписки из протокола* заседания кафедры и одной *рецензии*. К статьям прилагается экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати. Все сопроводительные документы представляются на бумажных носителях в оригинале.

В *отдельном файле помещаются сведения об авторах* на русском и английском языках, а также кириллицей и латиницей в полном соответствии с данными в заполненном бланке *анкеты* (см. выше): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы; наименование и код научной специальности (по Номенклатуре), по которой автор проводит диссертационное исследование; почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.

В статье приводятся: *индекс УДК*; на русском и английском языках: *фамилия и инициалы автора, заглавие, аннотация* (на русском языке до 500 знаков, на английском — от 500 знаков до целой страницы), *ключевые слова*. Текст статьи завершается личной подписью автора (соавторов).

Объем статьи — от 10 с. установленного формата «Вестника» (см. ниже), включая название, аннотации, ключевые слова, текст, таблицы, рисунки, библиографический список. Последняя страница считается полной независимо от фактического заполнения.

Оригинал статьи должен быть набран с помощью пакета программ *Microsoft Office (Word 2003)*; шрифт *основного текста* — Times New Roman (Сур) № 11 (11 пунктов). Параметры страницы — поля, см: верхнее — 3,7; нижнее — 4,5; левое — 2,0; правое — 6,0; переплет — 0, поля зеркальные. Расстояние от края до верхнего колонтитула, см — 3,0, от края до нижнего колонтитула — 3,7. Абзацный отступ равен 0,75 см. Межстрочный интервал одинарный. Автоматически устанавливаются переносы (не более 4 подряд в одном абзаце). Автоматически устанавливается запрет висячих строк.

Для *набора формул* используется редактор формул *Microsoft MathType 5*; по умолчанию устанавливаются размеры шрифта для одно- и двухстрочных формул: обычного — 11 пт, крупного и мелкого индекса — соответственно 8 и 6 пунктов, крупного и мелкого символа — соответственно 16 и 11 пунктов. Греческие и русские буквы набираются прямым шрифтом, латинские — курсивом. Если написание в формулах отличается от традиционного, автор должен сделать соответствующие пометки на полях распечатанной статьи, при этом греческие буквы обводятся красным карандашом, готические — синим. Формулы выключаются в левый край с абзацным отступом. Запись формулы выполняется автором с использованием всех возможных способов упрощения и не должна содержать промежуточные преобразования.

Векторные рисунки, сохраненные в формате WMF, *растровые* — в TIF или BMP; *графики и диаграммы*, построенные в *Microsoft Excel*, а также *рисунки*, созданные в *Corel Draw 12* или *AutoCAD 2006* и сохраненные в оригинальном формате, дополнительно помещаются на электронный носитель отдельными файлами. Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи. Кроме того, *иллюстрации* обязательно присылаются распечатанными на отдельных листах формата A4 в масштабе 1:1, в пригодном для сканирования виде. Размер шрифта текста в рисунках — 9-10 пт. *Подписи к рисункам* выполняются непосредственно в тексте статьи шрифтом Times № 10 (10 пт), *экспликация* в подрисуночной подписи — Times № 9 (9 пт). Для сжатия больших файлов использовать архиваторы *Arj* и *WinZip*, *WinRAR*.

Цветные и черно-белые фотографии присылать в оригинальном виде с подписями на обороте. Цифровые фотографии выполнять с разрешением не менее 300...600 dpi, присылать в электронном виде в любом графическом формате, кроме .jpg.

Текст *таблиц* набирается шрифтом Times New Roman (Сур) № 10 (10 пунктов).

Пристатейные *библиографические списки* размещаются после основного текста статьи.

В библиографическом списке приводится *только* цитируемая в статье литература. Библиографический список должен состоять не менее чем из 15 статей в научных журналах, из них 8 — иностранные. Источники группируются в списке в порядке упоминания в тексте. Ссылки на источники приводятся в тексте в квадратных скобках (запрещается использовать ссылки-сноски для указания источников). В библиографическую запись включаются только основные элементы библиографического описания (ГОСТ 7.0.5–2008). Разделительные знаки «тире» между областями опускаются. Шрифт Times New Roman (Сур) № 9 (9 пунктов). Язык библиографических записей соответствует языку описываемых источников. Анонимные источники (законы, СНиПы, ГОСТы, интернет-сайты и т.п.) приводятся в подстрочной ссылке. Нумерация подстрочных ссылок статьи — сквозная.

Авторы статей несут всю полноту ответственности за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, нанесенный публикацией статьи. Редакция исходит из того, что, *в соответствии с законодательством в части авторского права, автор, направляя статью в редакцию, полностью соглашается с условиями редакции и, следовательно, только сам лично несет ответственность за использование в тексте статьи материалов третьих лиц и соблюдение их авторских прав*. Все права автора и вся полнота его ответственности сохраняются и после публикации статьи в журнале.

Статьи проверяются на оригинальность с помощью системы «Антиплагиат». Требуемая оригинальность — не менее 80 %.

Порядок рецензирования. Статьи обсуждаются редколлегией, рецензии, поступившие в сопроводительных материалах, учитываются. Статьи могут быть направлены редакцией на дополнительную внутреннюю или внешнюю экспертизу (рецензирование) и опубликованы только при положительном заключении. Имена авторов и рецензентов друг другу не сообщаются. Копия заключения предоставляется автору.

Статьи, не отвечающие изложенным требованиям, редколлегией не принимаются. Материалы, не принятые к опубликованию, авторам не высылаются.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста. Корректуре статей авторам не предоставляется. Согласование редакционных и авторских изменений текста статьи (переписка, тел. переговоры) производится за счет автора.

Гонорар за опубликование статьи не выплачивается, плата за публикацию статей с аспирантов не взимается.

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОГО НОМЕРА ЗАВЕРШАЕТСЯ ЗА 3 МЕСЯЦА ДО ПЛАНИРУЕМОГО ВЫХОДА В СВЕТ.

Примерный график выпуска серии «Строительство и архитектура» — март (прием статей до 1 декабря); июнь (прием статей до 1 марта); сентябрь (прием статей до 1 июня); декабрь (прием статей до 1 сентября).

Тематические рубрики

Строительные конструкции, здания и сооружения. Основания, фундаменты, подземные сооружения. Строительная механика. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Строительные материалы и изделия. Гидротехническое строительство. Гидравлика и инженерная гидрология. Технология и организация строительства. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда в строительстве. Инновации в строительном производстве, интенсификация, энергосбережение и энергоэффективность. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. Градостроительство. Теория развития города. Управление инвестиционно-градоостроительной деятельностью. Экологические проблемы градостроительства. Информационные технологии в строительстве и архитектуре. Научно-методический раздел. Организация высшего образования в области строительства и архитектуры. Методика преподавания дисциплин строительного и архитектурного направлений в вузе. Хроника.

Подробная информация о журнале представлена на сайте ВолгГТУ <http://vgasu.ru/publishing/journals/> (сразу после подписания выпуска в печать на сайте публикуются титул и содержание; через месяц со дня выхода очередного номера из печати на сайте размещается его полнотекстовый файл).

Статьи направлять по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. А-215а. (8442)-96-98-65. E-mail: sk0522@yandex.com (ответственный секретарь журнала Калиновский Сергей Андреевич).

Уточнить условия публикации статей и приобретения очередного номера журнала можно по тел. (8442)-96-98-65 у ответственного секретаря редколлегии журнала Калиновского Сергея Андреевича.

За консультацией по вопросам подготовки авторского оригинала статьи к печати обращаться по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. В-210, редакционно-издательский отдел ВолгГАСУ. Тел. (8442)-96-98-28. E-mail: mariapes@mail.ru.

Вниманию читателей и авторов!
«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета»
выходит в одной серии

«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (4 выпуска в год).
Подписной индекс по каталогу «Пресса России» 85343,

Уважаемые читатели и авторы!
С марта 2019 г. нумерация выпусков журнала изменена.
Настоящий выпуск — первый в 2019 году, имеет сквозной номер 74
(с учетом издаваемых до 2008 г. серий журнала),
является 55-м в рамках единственной издаваемой на сегодня серии «Строительство и архитектура»

По вопросу приобретения ранее вышедших номеров журнала
обращаться по тел. 8-(844-2)-96-98-65 к отв. секретарю редколлегии *С. А. Калиновскому* (каб. А-215а)

По вопросам публикации статей в научно-теоретическом журнале
«СОЦИОЛОГИЯ ГОРОДА»

обращаться к гл. редактору Б.А. Навроцкому по тел. 8-8442-96-99-25.

Подписаться на журнал можно по каталогу «Пресса России», подписной индекс **29507**
и по Интернет-каталогу на сайте агентства «Книга-Сервис», подписной индекс **Е 29507**.

*Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук,
утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.*

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство **ПН № ФС77-71951 от
13.12.2017**, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, включен в базу РИНЦ (www.elibrary.ru).
Подробная информация о журнале на сайте ВолГАСУ по адресу: <http://vgasu.ru/publishing/journals/>

Научное издание

**ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

**Серия: Строительство и архитектура
2019. Выпуск 1(74)**

Редактор *Н. В. Юдина*
Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*
Компьютерный дизайн обложки *О. Ю. Мелешин*
Информационно-библиографическое обслуживание *Е. В. Подшивалина*

Дата выхода в свет 18.03.2019. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная
Гарнитура Times New Roman. Цена свободная
Уч.-изд. л. 9,6. Усл. печ. л. 18,9. Тираж 500 экз. Заказ № 246

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»
Типография ИАиС

Адрес издателя: 400005, г. Волгоград, пр-т им. В. И. Ленина, 28
Адрес типографии: 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1