

Научно-теоретический журнал

ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

5

2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. ШУХОВА

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК
БГТУ им. В.Г. ШУХОВА

№ 5, 2020 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

научно-теоретический журнал

К рассмотрению и публикации в НТЖ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» принимаются научные статьи и обзоры по фундаментальным и прикладным вопросам в области строительства, архитектуры, производства строительных материалов и композитов специального назначения, химических технологий, машиностроения и машиноведения, освещающие актуальные проблемы отраслей знания, имеющие теоретическую или практическую значимость, а также направленные на внедрение результатов научных исследований в образовательную деятельность.

Журнал включен в утвержденный ВАК Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

- 05.23.01** – Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)
- 05.23.03** – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)
- 05.23.05** – Строительные материалы и изделия (технические науки)
- 05.23.20** – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (архитектура)
- 05.23.21** – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура)
- 05.23.22** – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (технические науки)
- 05.23.22** – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура)
- 05.17.06** – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
- 05.17.11** – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (технические науки)
- 05.02.05** – Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки)
- 05.02.07** – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)
- 05.02.08** – Технология машиностроения (технические науки)
- 05.02.13** – Машины, агрегаты и процессы (по отраслям) (технические науки)

Все поступающие материалы проходят научное рецензирование (двойное слепое). Рецензирование статей осуществляется членами редакционной коллегии, ведущими учеными БГТУ им. В.Г. Шухова, а также приглашенными рецензентами – признанными специалистами в соответствующей отрасли знания. Копии рецензий или мотивированный отказ в публикации предоставляются авторам и в Минобрнауки России (по запросу). Рецензии хранятся в редакции в течение 5 лет.

Редакционная политика журнала базируется на основных положениях действующего российского законодательства в отношении авторского права, плагиата и клеветы, и этических принципах, поддерживаемых международным сообществом ведущих издателей научной периодики и изложенных в рекомендациях Комитета по этике научных публикаций (COPE).

Официальный сайт журнала: http://vestnik_rus.bstu.ru

Тел: +7 (4722) 30-99-77. E-mail: VESTNIK@intbel.ru.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 44446.

Online подписка: <http://www.akc.ru/itm/255810462/>

Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov

scientific and theoretical journal

Scientific articles and reviews on fundamental and applied questions in the field of construction, architecture, productions of construction materials and composites of a special purpose, chemical technologies, machine building and engineering science covering the current problems of branches of knowledge having the theoretical or practical importance and also directed to introduction of research results in educational activity are accepted to be considered and published in the journal.

The journal is included in the list for peer-reviewed scientific publications approved by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Science and Education of the Russian Federation, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of Sciences, for the degree of Doctor of Sciences, for scientific specialties and relevant branches of science:

- 05.23.01** – Building structures, constructions and facilities (technical sciences)
- 05.23.03** – Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting (technical sciences)
- 05.23.05** – Building materials and products (technical sciences)
- 05.23.20** – Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage (architecture)
- 05.23.21** – Architecture of buildings and structures. Creative concepts of architectural activity (architecture)
- 05.23.22** – Urban planning, rural settlement planning (technical sciences)

- 05.23.22** – Urban planning, rural settlement planning (architecture)
- 05.17.06** – Technology and processing of polymers and composites (technical sciences)
- 05.17.11** – Technology of silicate and refractory nonmetallic materials (technical sciences)
- 05.02.05** – Robots, mechatronics and robotic systems (technical sciences)
- 05.02.07** – Technology and equipment of mechanical and physical-technical processing (technical sciences)
- 05.02.08** – Engineering technology (technical sciences)
- 05.02.13** – Machines, units and processes (branch-wise) (technical sciences)

All arriving materials undergo scientific reviewing (double blind). Reviewing of articles is carried out by the members of editorial board, the leading scientists of BSTU named after V.G. Shukhov and by invited reviewers – recognized experts in the relevant branch of knowledge. Copies of reviews or motivated refusal in the publication are provided to the authors and to the Ministry of Science and Education of the Russian Federation (on request). Reviews are stored in the editorial office for 5 years.

The editorial policy of the journal is based on the general provisions of the existing Russian legislation concerning copyright, plagiarism and slander, and the ethical principles maintained by the international community of the leading publishers of the scientific periodical press and stated in the recommendations of the Committee on Publication Ethics (COPE).

Official website of the journal: http://vestnik_eng.bstu.ru
Tel.: +7 (4722) 30-99-77. E-mail: VESTNIK@intbel.ru
Subscription index in the united catalogue of "Press of Russia" – 44446.
Online subscription: <http://www.akc.ru/itm/2558104627/>

Главный редактор

Евтушенко Евгений Иванович, д-р техн. наук, проф., первый проректор, заведующий кафедрой технологии стекла и керамики Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Заместитель главного редактора

Уваров Валерий Анатольевич, д-р техн. наук, проф., директор инженерно-строительного института, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Члены редакционной коллегии

Айзенштадт Аркадий Михайлович, д-р хим. наук, проф., заведующий кафедрой композиционных материалов и строительной экологии Высшей инженерной школы, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (РФ, г. Архангельск).
Баженов Юрий Михайлович, академик РААСН наук, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии вяжущих веществ и бетона НИУ МГСУ (РФ, г. Москва).

Благоевич Деян, PhD, проф. Высшей технической школы по профессиональному образованию в Нише (Республика Сербия, г. Ниш).

Богданов Василий Степанович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Большаков Андрей Геннадьевич, д-р арх., проф., зав. каф. архитектурного проектирования Иркутского национального исследовательского технического университета (РФ, г. Иркутск).

Борисов Иван Николаевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии цемента и композиционных материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Братан Сергей Михайлович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Севастопольского государственного университета (РФ, г. Севастополь).

Везенцев Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., зав. каф. общей химии Белгородского государственного национального исследовательского университета (РФ, г. Белгород).

Глаголев Сергей Николаевич, д-р экон. наук, ректор Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Грабовый Петр Григорьевич, д-р экон. наук, проф., заведующий кафедрой организации строительства и управления недвижимостью, НИУ МГСУ (РФ, г. Москва).

Гридин Анатолий Митрофанович, д-р техн. наук, проф., Президент Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Давидюк Алексей Николаевич, д-р техн. наук, директор НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (РФ, г. Москва).

Дуюн Татьяна Александровна, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Ерофеев Владимир Трофимович, академик РААСН, д-р техн. наук, проф., декан архитектурно-строительного факультета, заведующий кафедрой строительных материалов и технологий, директор НИИ «Материаловедение» Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарёва (РФ, Республика Мордовия, г. Саранск).

Зайцев Олег Николаевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Академии строительства и архитектуры – структурное подразделение Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского (РФ, г. Симферополь).

Ильницкая Светлана Валерьевна, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектуры Государственного университета по землеустройству (РФ, г. Москва).

Козлов Александр Михайлович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Липецкого государственного технического университета (РФ, г. Липецк).

Леонович Сергей Николаевич, иностранный член академик РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии строительного производства Белорусского национального технического университета (Республика Беларусь, г. Минск).

Лесовик Валерий Станиславович, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Логачев Константин Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Мешерин Виктор Сергеевич, PhD, проф., директор института строительных материалов и заведующий кафедрой строительных материалов Дрезденского Технического Университета (Германия, г. Дрезден).

Меркулов Сергей Иванович, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства Курского государственного университета (РФ, г. Курск).

Павленко Вячеслав Иванович, д-р техн. наук, проф., директор института химических технологий, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Павлович Ненад, PhD, проректор по научной работе и издательской деятельности, проф. Машиностроительного факультета Государственного Нишского университета (Республика Сербия, г. Ниш).

Перькова Маргарита Викторовна, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Пивинский Юрий Ефимович, д-р техн. наук, проф., научный руководитель ООО «Научно-внедренческая фирма «КЕРАМБЕТ-ОГ-НЕУПОР» (РФ, г. Санкт-Петербург).

Потапов Евгений Эдуардович, д-р хим. наук, проф. МИРЭА – Российского технологического университета (РФ, г. Москва).

Рыбак Лариса Александровна, д-р техн. наук, проф. кафедры технологии машиностроения Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Савин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой мехатроники, механики и робототехники Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева (РФ, г. Орел).

Семенов Сергей Владимирович, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектурного и градостроительного наследия Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (РФ, г. Санкт-Петербург).

Сиваченко Леонид Александрович, д-р техн. наук, проф., кафедры транспортных и технологических машин Белорусского-Российского университета (Республика Беларусь, г. Могилев).

Соболев Константин Геннадьевич, PhD, проф. Университета Висконсин-Милуоки (штат Висконсин, Милуоки, США).

Смоляго Геннадий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Строкова Валерия Валерьевна, проф. РАН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Фишер Ханс-Бертрам, Dr.-Ing., заместитель заведующего кафедрой "Строительные материалы" Баухаус-Университет Ваймар (Германия, г. Веймар).

Ханин Сергей Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Шаповалов Николай Афанасьевич, д-р техн. наук, проф. Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Шубенков Михаил Валерьевич, академик РААСН, д-р арх., проф., заведующий кафедрой градостроительства, проректор по образованию в области градостроительства и урбанистики Московского архитектурного института (государственная академия) (РФ, г. Москва).

Юрьев Александр Гаврилович, д-р техн. наук, проф., кафедры теоретической механики и сопротивления материалов (РФ, г. Белгород).

Яцун Сергей Федорович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета (РФ, г. Курск).

CHIEF EDITOR

Evgeniy I. Evtushenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

DEPUTY OF CHIEF EDITOR

Valery A. Uvarov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

MEMBER OF EDITORIAL BOARD

Arkadiy M. Ayzenshtadt, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Russian Federation, Arkhangelsk).

Elena A. Akhmedova, Corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Architecture, Professor, Samara State Technical University, Academy of Construction and Architecture (Russian Federation, Samara).

Yuriy M. Bazhenov, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (Russian Federation, Moscow).

Deyan Blagoevich, PhD, Professor, Higher Technical School of Professional Education in Nish (Republic of Serbia, Nish).

Vasily S. Bogdanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Ivan N. Borisov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey M. Bratan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Sevastopol State University (Russian Federation, Sevastopol).

Aleksandr I. Vezentsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod National Research University (Russian Federation, Belgorod).

Sergey N. Glagolev, Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Petr G. Graboviy, Doctor of Economic Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National research University) (Russian Federation, Moscow).

Anatoliy M. Gridchin, Doctor of Technical Sciences, Professor, President, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Aleksey N. Davidyuk, Doctor of Technical Science, Director NII ZHB named after A.A. Gvozdeva AO «NIC «Stroitel'stvo» (Russian Federation, Moscow).

Tatyana A. Duyun, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Vladimir T. Erofeev, Academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Institute "Materials Science", National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russian Federation, Republic of Mordovia, Saransk).

Oleg N. Zaytsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Russian Federation, Simferopol).

Svetlana V. Il'vitskaya, Doctor of Architecture, Professor, State University of Land Use Planning (Russian Federation, Moscow).

Aleksandr M. Kozlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Lipetsk State Technical University (Russian Federation, Lipetsk).

Sergey N. Leonovich, Foreign member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian National Technical University (Republic of Belarus, Minsk).

Valery S. Lesovik, Corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Konstantin I. Logachev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Victor S. Meshcherin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical University of Dresden (TU Dresden), Director of the Institute of Building Materials and head of the department of building materials (Germany, Dresden).

Sergei I. Merkulov, Corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kursk State University (Russian Federation, Kursk).

Vyacheslav I. Pavlenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Nenad Pavlovich, PhD, Vice-rector for Scientific Work and Publishing Activities, Professor, Mechanical Engineering Faculty State University of Nish (Republic of Serbia, Nish).

Margarita V. Per'kova, Doctor of Architecture, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Yuriy E. Pivinskii, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the "Research and development company" KERAMBET-OGNEUPOR" (Russian Federation, Saint Petersburg).

Evgeniy E. Potapov, Doctor of Chemical Sciences, Professor, MIREA – Russian Technological University (Russian Federation, Moscow).

Larisa A. Rybak, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Leonid A. Savin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev (Russian Federation, Orel).

Sergey V. Sementsov, Doctor of Architecture, Professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, Saint Petersburg).

Leonid A. Sivachenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian-Russian University (Republic of Belarus, Mogilev).

Konstantin G. Sobolev, PhD, Professor, University of Wisconsin-Milwaukee (USA).

Gennadiy A. Smolyago, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Valeriya V. Strokovaya, Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Hans Bertram Fischer, Dr.-Ing., Deputy Head of the Construction Materials Department, Bauhaus-University of Weimar (Bauhaus-Universität Weimar) (Germany, Weimar).

Sergey I. Khanin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Nikolai A. Shapovalov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Mikhail V. Spubenkov, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction, Doctor of Architecture, Professor, Moscow Institute of Architecture (State Academy) (Russian Federation, Moscow).

Aleksandr G. Yur'yev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey F. Yatsun, Doctor of Technical Sciences, Professor, Southwest State University (Russian Federation, Kursk).

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Володченко А.А. НЕАВТОКЛАВНЫЕ СИЛИКАТНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ	8
Абзалилова А.В., Строкова В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕНЕТРИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА	18
Горшкова Н.Г., Александров Д.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ МЕТОДОМ СТРУКТУРНЫХ ЧИСЕЛ	25
Гущин С.В., Семенов А.С., Shen С. МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ	31
Венслаускене Е.В. ДОРЕВОЛЮЦИОННОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА	44
Перькова М.В., Иванькина Н.А., Боровской А.Ю., Перькова А.Ю. АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ МЕЖМУНИЦИПАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА В ШЕБЕКИНСКОМ И БЕЛГОРОДСКОМ РАЙОНАХ	53
Аборас А.Ю., Скопинцев А.В. МОДЕЛИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В СТРУКТУРЕ ГОРОДСКИХ АКВАТОРИЙ	64
Монастырская М.Е., Песляк О. А. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КРУПНЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ФИНЛЯНДИИ: ПАРАДИГМЫ, РЕГУЛЯТИВНЫЕ ИНСТИТУТЫ, ТЕХНОЛОГИИ	77
Назарова А.Ю. СТРАТЕГИЯ СОХРАНЕНИЯ СИЛУЭТА ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)	91
Иголкин Н.В. ЦЕННОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПРОСТРАНСТВЕННО- ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ Г. МУРМАНСКА (1920-е – КОНЕЦ 1950-х гг.)	100
Ильвицкая С.В., Жица П. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ СЕРБСКИХ И РУССКИХ МОНАСТЫРЕЙ	113

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Курылева Е.А., Черных В.Н., Никулина Н.С., Вережников В.Н., Пугачева И.Н., Никулин С.С. ВЫДЕЛЕНИЕ ЭМУЛЬСИОННОГО КАУЧУКА ИЗ ЛАТЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛЕЙ ГИДРОКСИЛАМИНОВ	121
Везенцев А.И., Воловичева Н.А., Королькова С.В., Аль-Атея А.Т. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛЬ-НАДЖАФ (ИРАК)	128

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Герасимов М.Д., Любимый Н.С., Рязанцев В.Г. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИБРОПОГРУЖАТЕЛЕЙ С АСИММЕТРИЧНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ	135
---	-----

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volodchenko A.A. NON-AUTOCLAVE SILICATE COMPOSITES USING NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS AND CRYSTAL FILLER	8
Abzalilova A.V., Strokov V.V. USE OF A PENETRATING ADDITIVE TO INCREASE THE WATER RESISTANCE OF CONCRETE	18
Gorshkova N.G., Aleksandrov D.A. DESIGN AND CALCULATION OF ROAD SURFACE BY METHOD OF STRUCTURAL NUMBERS	25
Gushchin S.V., Seminenko A.S., Shen C. GLOBAL TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES	31
Venslauskene E.V. PRE-REVOLUTIONARY STREET LIGHTING IN SAINT PETERSBURG	44
Perkova M.V., Ivankina N.A., Borovskoy A.E., Perkova A.Y. ANALYSIS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE ON THE TERRITORY OF THE INTERMUNICIPAL NATURAL PARK IN THE SHEBEKINO AND BELGOROD DISTRICTS	53
Aboras A.Yu., Skopintsev A.V. MODELS OF ARCHITECTURAL FORMATION OF PUBLIC SPACES IN THE STRUCTURE OF URBAN WATER	64
Nazarova A.Yu. STRATEGY OF PROTECTING THE SILHOUETTE OF A HISTORICAL CITY: THE CASE OF SAINT-PETERSBURG	77
Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. URBAN PLANNING OF LARGE URBAN TERRITORIES IN FINLAND: PARADIGMS, REGULATORY INSTITUTIONS AND TECHNOLOGIES	91
Igolkin N.V. VALUE CHARACTERISTICS OF THE HISTORICAL SPATIAL PLANNING STRUCTURE OF MURMANSK (1920s – THE END OF 1950s).	100
Ilvitskaya S.V., Zica P. MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE OF THE SERBIAN AND RUSSIAN MONASTERIES	113

CHEMICAL TECHNOLOGY

Kuryleva E.A., Chernykh V.N., Nikulina N.S., Verezhnikov V.N., Pugacheva I.N., Nikulin S.S. ISOLATION OF EMULSION RUBBER FROM LATEX USING HYDROXYLAMINE SALTS	121
Vezentsev A.I., Volovicheva N.A., Korolkova S.V., Al-Ateya A.T. MATERIAL COMPOSITION OF CLAY FROM THE AL-NAJAF FIELD (IRAQ)	128

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Gerasimov M.D., Lubimyi N.S., Ryazantsev V.G. METHODOLOGY OF VIBRO LOADER DESIGN WITH ASYMMETRIC OSCILLATIONS	135
---	-----

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-8-17

Володченко А.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: alex-0904@mail.ru

НЕАВТОКЛАВНЫЕ СИЛИКАТНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Аннотация. При возведении зданий и сооружений применяют многие стеновые материалы, в число которых входят силикатные изделия различного функционального назначения. В традиционной технологии производства подобных материалов процесс твердения происходит за счет формирования кристаллической структуры в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Существуют различные способы модификации кристаллического сростка цементирующего вещества одним, из которых, является использование разного рода кристаллических затравок, в частности использования природных и синтетических гидросиликатов кальция. Задачей проведенных экспериментов явилось исследование возможности повышения эксплуатационных свойств неавтоклавных силикатных композитов за счет модификации структурообразования в системе «известь-нетрадиционное алюмосиликатное сырье», заключающиеся в кристаллохимическом регулировании процессов структурообразования синтетическим кристаллическим наполнителем $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (C-S-H). Установлено, что использование синтетического кристаллического наполнителя C-S-H, синтезированного гидротермальным синтезом в автоклаве при давлении 1 МПа и температуре 175 °С из смеси $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и кристаллического кремнезема при их соотношении равным $C/S=1$ в технологии неавтоклавных силикатных материалов на основе нетрадиционного алюмосиликатного сырья позволяет повысить эксплуатационные показатели получаемых изделий до 18 % и более. Оптимальное содержание CaO и кристаллического наполнителя C-S-H при которых обеспечиваются максимальные прочностные характеристики составляет 8 и 2,5 мас. % соответственно, что позволяет разработать оптимальные составы сырьевых смесей для технологии получения методом прессования высокопустотных неавтоклавных силикатных материалов на основе нетрадиционного алюмосиликатного сырья с пределом прочности при сжатии не менее 20 МПа и более, со средней плотностью изделий не более 2000 кг/м³.

Ключевые слова: неавтоклавные силикатные материалы, синтетические гидросиликаты кальция, кристаллические затравки, техногенное сырье, нетрадиционные глинистые породы

Введение. Одной из важнейших научных проблем современности является создание принципиально новых технологических решений в сфере энерго- и ресурсосбережения, рационального природопользования. Необходимо внедрение новых производств строительных материалов с минимальным воздействием на окружающую среду, которые позволят устойчиво развивать имеющуюся технологическую базу и реализовывать политику импортозамещения с целью повышения конкурентоспособности экономики регионов и страны в целом [1]. Согласно Указу Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» требуется увеличить объем жилищного строительства до 120 млн. квадратных метров в год. Увеличение объемов жилищного строительства сложная задача для отрасли промышленности строительных материалов. На строительном рынке распространены материалы низкого качества, ограничена номенклатура выпускаемых эф-

фективных изделий региональными предприятиями, используются нормативные документы, не учитывающие появление новых сырьевых ресурсов и материалов на их основе. В связи с этим в Российской Федерации необходимо создание производства широкой номенклатуры высококачественных энергосберегающих и конкурентоспособных строительных материалов. Таким образом, в рамках решения проблемы по увеличению номенклатуры выпускаемых строительных материалов, можно выделить следующие направления:

- улучшение и модернизация существующих и используемых в больших количествах строительных материалов, за счет использования традиционно применяемых, кондиционных сырьевых ресурсов со стабильными свойствами;
- разработка, исследование принципиально новых строительных материалов за счет применения ранее не используемого сырья.

В исследованиях, по возможности использования новых видов сырьевых ресурсов, для получения строительных материалов можно выделить

некоторые этапы. На первом этапе производится анализ сырья с последующей разработкой технологии получения строительных композитов на его основе [2–6]. Второй момент – это исследование в области повышения эффективности таких композитов, что может быть осуществлено за счет использования различных модификаторов структуры [7–10]. Здесь стоит отметить, что способы повышения эффективности строительных композитов на основе традиционных сырьевых ресурсов известны, установлены зависимости влияния различных модификаторов на их свойства. Однако, использование нетрадиционного природного и техногенного сырья в технологии производства строительных композитов, как правило, изменяет характер процессов структурообразования и, следовательно, и свойства готовых изделий [11–14]. В этом случае, с целью улучшения свойств таких композитов необходимы дополнительные исследования по установлению характера влияния различных модификаторов, так как, известные зависимости, апробированные на традиционных сырьевых ресурсах, могут оказаться не эффективными. В связи с этим помимо разработки технологии получения строительных композитов на новых видах сырьевых ресурсах, также необходимы исследования по определению оптимальных способов дальнейшего улучшения их характеристик.

При возведении зданий и сооружений применяют многие стеновые материалы, в число которых входят силикатные изделия различного функционального назначения. В традиционной технологии производства подобных материалов процесс твердения происходит за счет формирования кристаллической структуры в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$, которая, в зависимости от условий гидротермальной обработки, представлена в основном гидросиликатами кальция различной основности [15–16]. Существуют различные способы модификации кристаллического сростка цементирующего вещества одним, из которых, является использование разного рода кристаллических затравок, в частности использования природных и синтетических гидросиликатов кальция [17–20]. Исследования по повышению свойств строительных композитов синтетическими гидросиликатами кальция в основном связано с цементными системами, и материалами на их основе [18–19].

Для повышения прочностных показателей силикатных изделий может использоваться бой этого материала, а также определенного рода кристаллические затравки [21]. Использование боя может не давать разный эффект, т.к. он представляет поликомпонентную систему, состоящую из гидросиликатов кальция, с неизвестными

свойствами. Поэтому гидросиликаты кальция определенного состава лучше получать синтетическим путем.

Таким образом, с целью повышения эксплуатационных характеристик неавтоклавно силикатных композитов на основе нетрадиционного алюмосиликатного сырья, представленного глинистыми породами незавершенной стадии минералообразования, актуальным и на данный практически не изученным является вопрос использования в технологии их получения синтетических кристаллических наполнителей, представленных системой $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$.

Материалы и методы исследования. Для получения неавтоклавно силикатных материалов на основе алюмосиликатного сырья использовали в качестве вяжущего негашеную известь соответствующую ГОСТ 9179-2018.

Для разработки неавтоклавно силикатных материалов использовалось нетрадиционное алюмосиликатное сырье, представленное глинистой породой незавершенной стадии минералообразования региона Курской магнитной аномалии. По гранулометрическому составу данная порода относится к супеси ($\text{Ip}=6$).

Синтез кристаллического наполнителя $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (C-S-H) осуществляли в условиях повышенного давления и температуры из смеси Ca(OH)_2 и кремнезема. В качестве кремнезема выступал фракционированный кварцевый песок Вольского месторождения помолотый до удельной поверхности $300 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Изучение вещественного состава сырьевых компонентов, а также формируемого состава новообразований, полученных образцов проводилось при помощи методов рентгенофазового и дифференциально-термического анализов. Анализ микроструктуры полученных образцов на микро-, наноуровне проводили при помощи метода растрово-электронной микроскопии.

Исходную сырьевую смесь для формирования образцов получали в результате смешивания исходных компонентов (вяжущее, нетрадиционное алюмосиликатное сырье и кристаллический наполнитель C-S-H) в лабораторной вибромельнице, обеспечивающей равномерное распределение и смешивание компонентов. Готовую сухую смесь увлажнением необходимым количеством воды. С целью гашения CaO смесь помещали в герметичную емкость. Формование образцов-цилиндров осуществляли на гидравлическом прессе (давление прессования 20 МПа). После формирования образцы-цилиндры помещали в пропарочную камеру с целью их тепловлажностной обработки при атмосферном давлении при следующих условиях: температурный режим $90\text{--}95^\circ\text{C}$; длительность выдерживания составила 9 часов.

Результаты исследования и их обсуждение.

Задачей проведенных экспериментов явилось исследование возможности повышения эксплуатационных свойств неавтоклавных силикатных композитов за счет модификации структурообразования в системе «известь-нетрадиционное алюмосиликатное сырье», заключающиеся в кристаллохимическом регулировании процессов структурообразования синтетическим кристаллическим наполнителем C-S-H, и, как следствие, повышение свойств неавтоклавных силикатных композитов строительного назначения.

Исходя из анализа вещественного состава, используемого в данной работе нетрадиционного алюмосиликатного сырья установлено, что

данное сырье характеризуется наличием высокодисперсных компонентов: глинистые минералы (каолинит и монтмориллонит), а также смешанослойные соединения на их основе, также присутствует мелкодисперсный кварц, характеризующийся наличием дефектов поверхности и кристаллической решетки.

Синтетический кристаллический наполнитель представленный системой $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ был получен путем гидротермального синтеза в автоклаве при давлении 1 МПа и температуре 175 °С из смеси Ca(OH)_2 и кристаллического кремнезема при их соотношении раным C/S=1. Синтезированные гидросиликаты кальция представляют собой кристаллические длиноволокнистые волокна диаметром 30–40 нм (рис. 1).

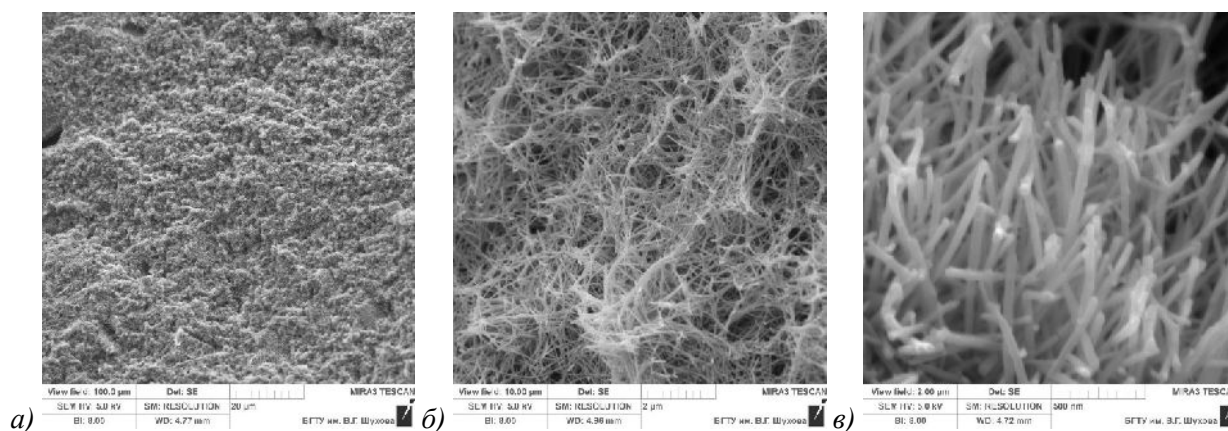


Рис. 1. Микроструктура синтезированного кристаллического наполнителя C-S-H, РЭМ:
а – $\times 1000$; б – $\times 10000$; в – $\times 50000$

Результаты рентгенофазового анализа (рис. 2) синтезированных гидросиликатов кальция свидетельствуют о присутствии низкоосновных

гидросиликатов кальция C-S-H (I) – рефлексы – 5,3, 2,8, 3,07, 2,1 Å.

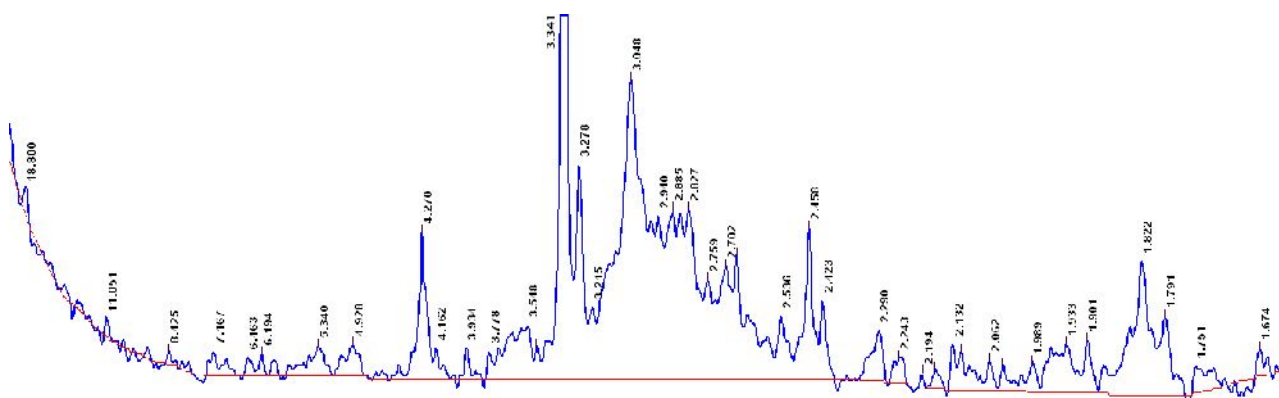


Рис. 2. Рентгенограмма синтезированного кристаллического наполнителя C-S-H

Стоит отметить, что по литературным источникам известно, что в связи с плавным подъемом температуры, в процессе гидротермальной обработки изменяется растворимость комонетнтов (SiO_2 и Ca(OH)_2), в результате чего непрерывно изменяется состав жидкой фазы и соответственно состав формируемых новообразований в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Так, на первых этапах гидротермальной обработки смеси Ca(OH)_2 и

кристаллического кремнезема образуются двухосновные гидросиликаты кальция C_2SH , а с увеличением температуры и длительности гидротермальной обработки образуются преимущественно низкоосновные гидросиликаты кальция группы CSH. Таким образом, исходя из исходного соотношения C/S=1 и присутствия на рентгенограмме (рис. 2) рефлексов – 3,9; 3,548; 3,28; 2,8; 2,7; 2,0–2,2 Å вероятно в синтезированном

кристаллическом наполнителе в небольшом количестве присутствуют в двухосновные гидросиликаты кальция – C_2SH (А).

Исходя из дифференциально-термического анализа на кривых ДТА по эндотермическому

эффекту в районе $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ и экзотермическому эффекту при $863\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно судить о том, что синтезированная система $CaO-SiO_2-H_2O$ преимущественно состоит из низкоосновных гидросиликатов кальция переменного состава (рис. 3).

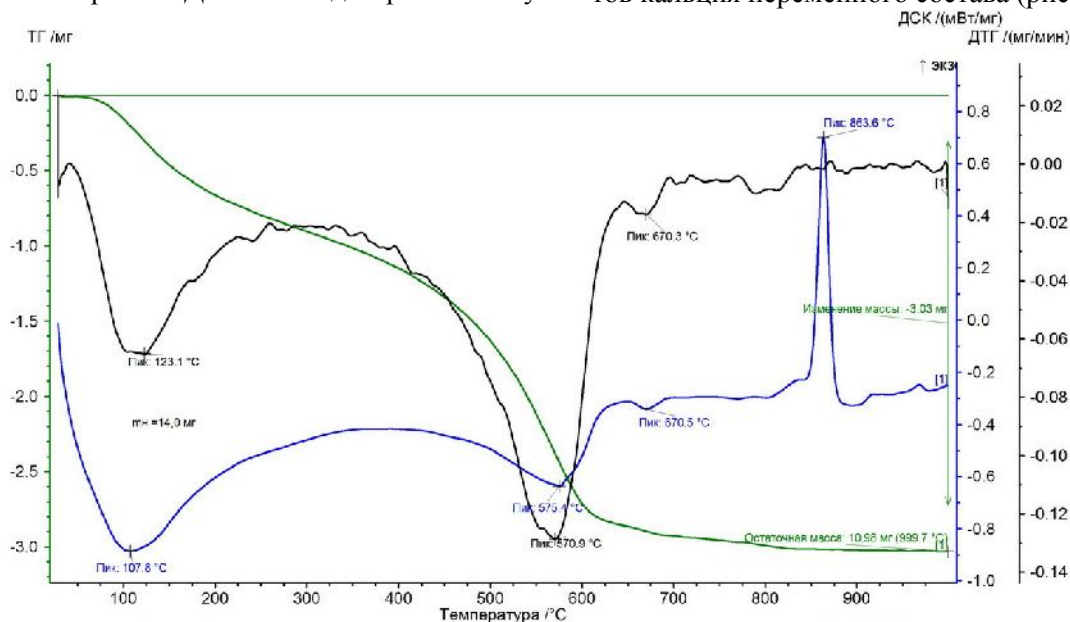


Рис. 3. Деривотограмма синтезированного кристаллического наполнителя С-S-H

Количество негашеной извести в сырьевой смеси в данном эксперименте составило 6, 8, 10 мас. %. Синтетический кристаллический модификатор вводился в количестве 1, 3, 6 мас. %. Влажность сырьевой смеси составила 10 мас. %.

После тепловлажностной обработки при атмосферном давлении, образцы хранились в естественных условиях, после чего были определены их эксплуатационные характеристики (рис. 4).

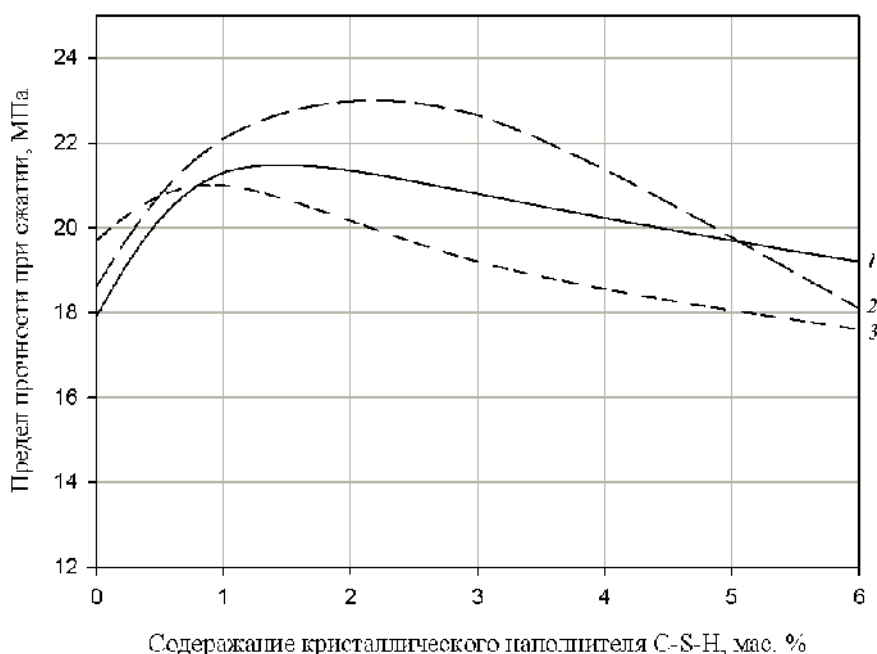


Рис. 4. Влияние кристаллического наполнителя на свойства полученных образцов:
1 – содержание CaO 6 мас. %; 2 – содержание CaO 8 мас. %; 3 – содержание CaO 10 мас. %

Увеличение в сырьевой смеси доли синтезированного кристаллического наполнителя С-S-H (рис. 4) в количестве до 2,5 мас. % повышает показатель предела прочности на сжатие образцов (содержание CaO – 6 мас. %) с 17,9 до 21 МПа,

стоит отметить, что при увеличении содержания в сырьевой смеси кристаллического наполнителя с 3 до 6 % происходит снижение прочностных показателей изделий с 21 МПа до 19,2 МПа. В об-

разцах с содержанием СаО 8 мас. % при увеличении содержания доли кристаллического наполнителя в количестве до 3 мас. % значение показателя предела прочности при сжатии повышается от 18,6 до 22,5 МПа, а при дальнейшем увеличении доли кристаллического наполнителя С-S-H происходит снижение прочностных показателей. Прирост прочности для образцов с содержанием СаО 10 мас. % оказался наименьшим и составил 6 % при содержании кристаллического наполнителя С-S-H в количестве 1 мас. %. Таким образом, содержание кристаллического наполнителя С-S-H в количестве 1–3 мас. %, обеспечивает

прирост прочностных показателей неавтоклавно- силикатных материалов на основе алюмосиликатного сырья до 18 %, оптимальное содержание СаО в сырьевой смеси при этом составляет 8 мас. %.

С целью определения общего влияния на эксплуатационные характеристики изделий содержания СаО и кристаллического наполнителя С-S-H был поставлен эксперимент по методу математического планирования эксперимента. Данные для проведения экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные для эксперимента методом математического планирования

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
СаО, мас. %	x_1	4	8	12	4
Кристаллический наполнитель С-S-H, мас. %	x_2	0,5	3	5,5	6

После анализа и обработки исходных данных были получены математические уравнения регрессии, описывающие изменения показателя

предела прочности при сжатии, а также показателя водостойкости и средней плотности.

Уравнения регрессии имеют вид:

$$R_{сж} = 22,41 - 1,75 \cdot x_2 - 2,42 \cdot x_1^2 - 1,5 \cdot x_2^2$$

$$\rho = 1879,43 - 42,51 \cdot x_1 - 45,84 \cdot x_2 - 7,644 \cdot x_1^2 - 7,644 \cdot x_2^2 + 3,75 \cdot x_1 \cdot x_2$$

$$K_{раз} = 0,802 - 4,06 \cdot 10^{-2} \cdot x_1^2 - 5,06 \cdot 10^{-2} \cdot x_2^2$$

После обработки имеющихся уравнений регрессии были построены графические зависимости

свойств неавтоклавно- силикатных материалов от содержания СаО и кристаллического наполнителя С-S-H (рис. 5).

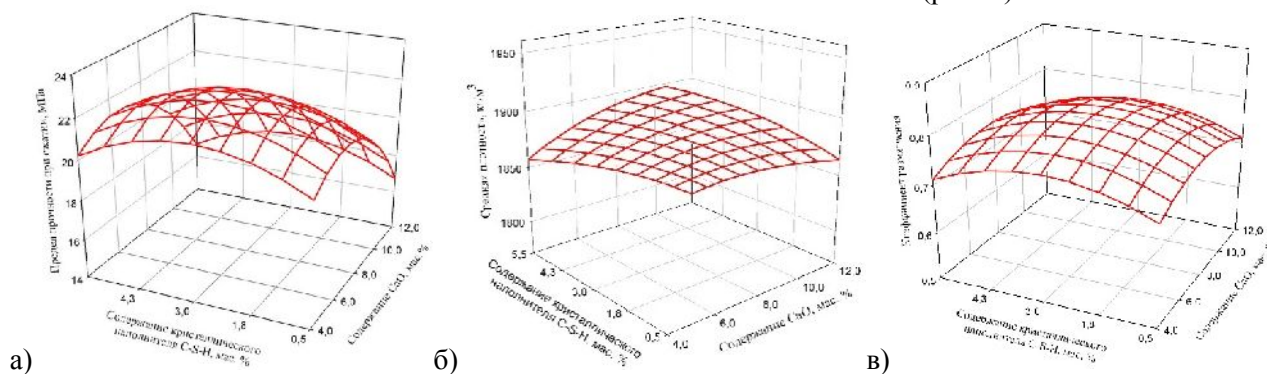


Рис. 5. Номограммы зависимости свойств неавтоклавно- силикатных материалов от содержания СаО и кристаллического наполнителя С-S-H:

а – номограмма зависимости предела прочности при сжатии; б – номограмма зависимости показателя средней плотности; в – номограмма зависимости коэффициента размягчения

Средняя плотность образцов (рис. 5, б) понижается с увеличением содержания СаО с 1960 кг/м³ до 1890 кг/м³. Введение в сырьевую смесь кристаллического синтетического наполнителя С-S-H снижает этот показатель до 1850 кг/м³.

Использование синтезированного кристаллического наполнителя С-S-H в технологии неавтоклавно- силикатных материалов на основе не традиционного алюмосиликатного сырья позволяет повысить значение коэффициента размягчения с 0,7 до 0,8 (рис. 5, в), что может расширить области использования данного материала.

Снижение прочностных показателей неавтоклавных силикатных материалов при введении в сырьевую смесь синтетического кристаллического наполнителя в количестве более 3 мас. %, а также небольшой прирост прочности, при содержании СаО 10 мас. %, можно объяснить формированием нерациональной микроструктуры получаемых композитов. Так, оптимальной с точки зрения микроструктуры композитов, является синтез новообразований, представленных преимущественно низкоосновными гидросиликатами кальция. Введение в сырьевую смесь синтетического кристаллического наполнителя С-S-H, в том числе при повышенном расходе СаО, способствует увеличению в микроструктуре материала кристаллической фазы, в том числе вероятно представленной высокоосновными гидросиликатами кальция. Формирование новообразований с нерациональным соотношением между низкоосновными и высокоосновными гидросиликатами

кальция вероятно и способствует уменьшению прочностных показателей изделий.

При исследовании микроструктуры образца контрольного состава, наблюдается присутствие кристаллической слабокристаллизованной сетки из новообразований (рис. 6, а). В образцах с добавлением синтетического кристаллического наполнителя С-S-H подобная структура новообразований имеет более окристаллизованный вид в общей массе которой распределены кристаллы синтетического С-S-H (рис. 6, б), выполняющие роль подложки интенсифицирующей процесс синтеза новообразований, в том числе на ранних стадиях твердения. Это может способствовать сокращению времени изотермической выдержки изделий при сохранении требуемых показателей и, как следствие, снижению энергозатрат при неавтоклавном способе производства.

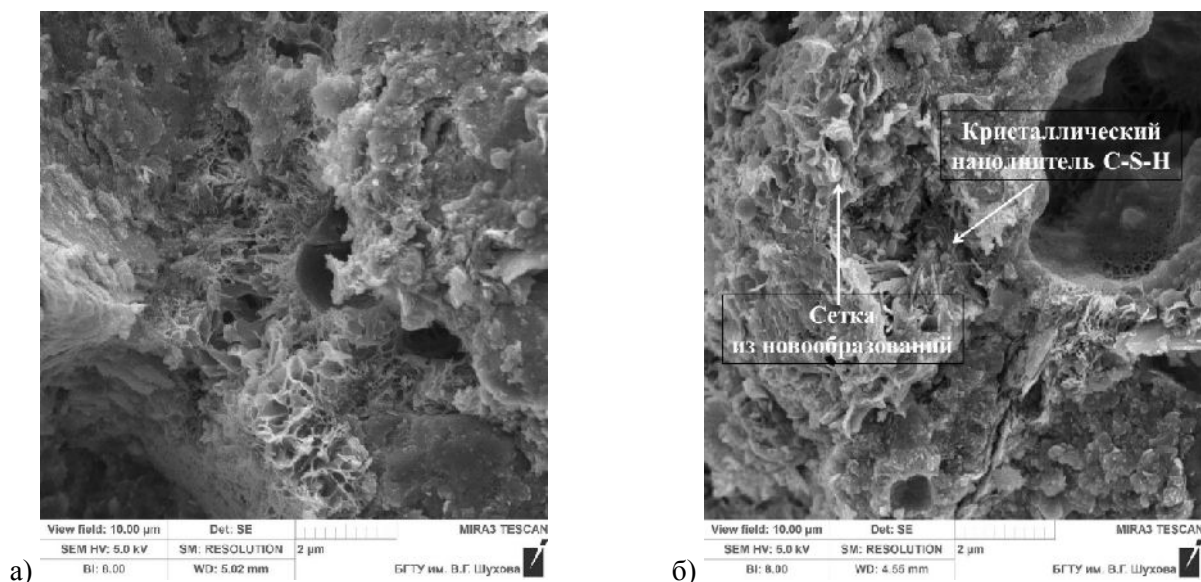


Рис. 6. Влияние синтетического кристаллического наполнителя на микроструктуру образца с 8 мас. % СаО: а – контрольный состав; б – содержание С-S-H – 3 мас. %

Волокнистое строение синтетического кристаллического наполнителя С-S-H способствует микроармированию цементирующего вещества, что в совокупности с интенсификацией процессов структурообразования также способствует повышению прочностных характеристик и водостойкости изделий.

По данным дифференциально-термического анализа (рис. 7) в образцах с добавлением полученного синтетического кристаллического наполнителя С-S-H отмечается увеличение в системе «известь-нетрадиционное алюмосиликатное сырье» более окристаллизованных новообразований, представленных преимущественно низкоосновными гидросиликатами кальция.

На кривой ДТА (рис. 7, а) контрольного образца (содержание СаО – 10 мас. %) присутствует широкий сдвоенный экзотермический эффект в районе 900–921 °С, свидетельствующий о формировании плохо кристаллизованных низкоосновных гидросиликатов кальция. В образцах с содержанием кристаллического наполнителя С-S-H в количестве 6 мас. % отмечается присутствие более острого экзотермического эффекта при 894 °С, свидетельствующего о формировании в материале более окристаллизованных новообразований представленных низкоосновными гидросиликатами кальция, обеспечивающих более высокую прочность и водостойкость готовых изделий.

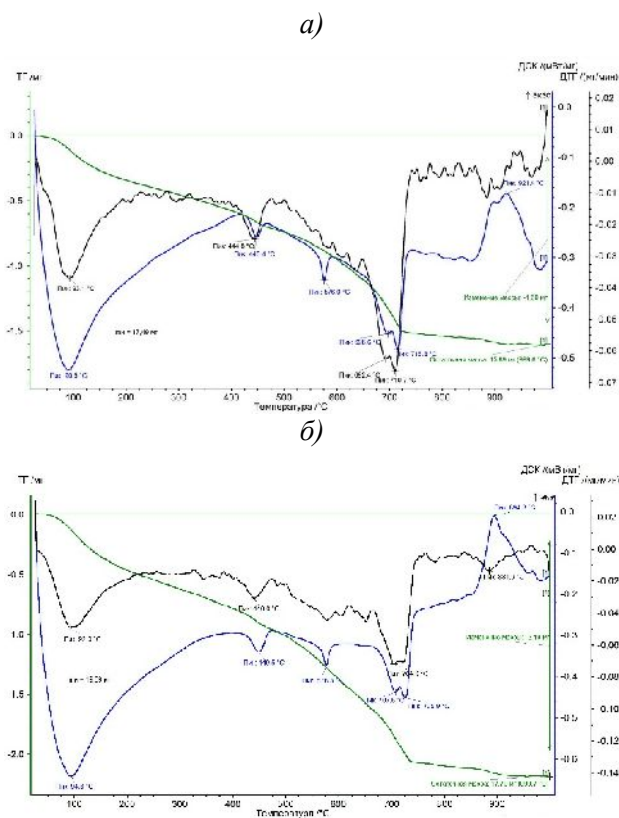


Рис. 7. Деривотограммы образцов с содержанием CaO – 10 мас. %:

а – контрольный состав;
б – содержание C-S-H 6 – мас. %

Закключение. Таким образом, использование синтетического кристаллического наполнителя C-S-H, синтезированного гидротермальным синтезом из смеси $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и кристаллического кремнезема при их соотношении раным C/S=1 в технологии неавтоклавных силикатных материалов на основе нетрадиционного алюмосиликатного сырья позволяет повысить эксплуатационные показатели получаемых изделий до 18 % и более. Оптимальное содержание CaO и кристаллического наполнителя C-S-H при которых обеспечиваются максимальные прочностные характеристики составляет 8 и 2,5 мас. % соответственно

Повышение прочностных показателей обеспечивается за счет кристаллохимического модифицирования системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ на основе нетрадиционного алюмосиликатного сырья синтетическим кристаллическим наполнителем C-S-H, представленного преимущественно низкоосновными гидросиликатами кальция переменного состава, которые выполняют роль кристаллической подложки, что позволяет ускорить процесс синтеза новообразований всей системы в целом. Синтезированные гидросиликаты кальция имеют волокнистое строение (диаметр волокна 30-40 нм) которое будет способствовать увеличению как прочности кирпича-сырца, так и готовых изделий за счет микроармирования структуры композита. Повышение сырьевой

прочности композитов позволит выпускать высокоэффективные высокопустотные силикатные изделия неавтоклавного твердения.

Полученные результаты исследований позволяют разработать оптимальные составы сырьевых смесей для технологии получения методом прессования высокопустотных неавтоклавных силикатных материалов с пределом прочности при сжатии не менее 20 МПа и более, со средней плотностью изделий не более 2000 кг/м³. Использование синтетического кристаллического наполнителя C-S-H в технологии неавтоклавных силикатных материалов на основе нетрадиционного алюмосиликатного сырья способствует улучшению водостойкости материала и, как следствие, позволяет рассмотреть вопрос об использовании полученного материала в помещениях с повышенной влажностью, что может расширить области использования данного материала. Внедрение результатов исследований позволит использовать местную сырьевую базу, увеличить номенклатуру строительных материалов, а также создать предприятия в рамках малого и среднего бизнеса не требующие больших капитальных вложений.

Источник финансирования: Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-00185).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Фомина Е.В. Новая парадигма проектирования строительных композитов для защиты среды обитания человека // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. №10. С. 1241–1257. doi: 10.22227/1997-0935.2019.10.1241-1257
2. Fediuk R., Mosaberpanah M., Lesovik V., Baranov A.. Link of self-compacting fiber concrete behaviors to composite binders and superplasticizer // Journal of Advanced Concrete Technology. 2020. Vol. 18(3). Pp. 67–82. doi: 10.3151/jact.18.67
3. Lesovik V.S. Leshchev S.I., Ageeva M.S., Alfimova N.I. Zeolite-containing terra-silicea as a component of composite binders // Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp.136-141. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.974.136>
4. Fediuk R.S., Yevdokimova Yu.G., Smoliakov A.K., Stoyushko N.Yu., Lesovik V.S. Use of geonics scientific positions for designing of building composites for protective (fortification) structures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 221. 012011. doi: 10.1088/1757-899X/221/1/012011
5. Володченко А.Н., Строкова В.В. Разработка научных основ производства силикатных автоклавных материалов с использованием глинистого сырья // Строительные материалы. 2018. №

9. С. 25-31. doi: https://doi.org/10.31659/0585_430X-2018-763-9-25-31

6. Фролова М.А., Морозова М.В., Айзенштадт А.М., Тutyгин А.С. Алюмосиликатное вяжущее на основе сапонит содержащих отходов алмазодобывающей промышленности // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 68–70.

7. Pukhareno Yu.V., Letenko D.G., Nikitin V.A., Morozov V.I. Obtaining the nanomodifier for cement composites based on the «dealtom» carbon nanotubes // Materials Physics and Mechanics. 2017. Vol. 31. Pp. 59–62.

8. Fomina E.V., Lesovik V.S., Kozhukhova, N.I., Chulenyov, A.S. Role of solutions when metamorphic transformations in construction composites // Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 168–174. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.974.168>

9. Alfimova N.I., Shadskiy E.E., Lesovik R.V., Ageeva M.S. Organic-mineral modifier on the basis of volcanogenic-sedimentary rocks // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10(24). Pp. 45131–45136.

10. Murtazaev S-A.Y., Zaurbekov Sh.Sh. A.Kh., Saydumov M.S., Murtazaeva T.S-A., Khadzhiev M.R., .Impact of technogenic raw materials on the properties of high-quality concrete composites // Advances in Engineering Research. 2018. Vol. 177. Pp.275-279. doi: 10.2991/isees-18.2018.53.

11. Лесовик В.С., Абсиметов М.В., Елистраткин М.Ю., Поспелова М.А., Шаталова С.В. К вопросу изучения особенностей структурообразования композиционных вяжущих для неавтоклавных газобетонов // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2. № 3. С. 41–47.

12. Лесовик В.С., Алексеев С.В., Бессонов И.В., Вайсера С.С. Управление структурой и свойствами акустических материалов на основе пеностеклокомпозигов // Строительные материалы. 2018. №6. С. 41–44. doi: 10.31659/0585-430X-2018-760-6-41-44

13. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Glagolev E.S. On the issue of reducing

the energy intensity of the silicate composites production with the unconventional aluminosilicate raw materials use // Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 20–25. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.20

14. Володченко А.А., Лесовик В.С. К вопросу влияния комплексного вяжущего на свойства неавтоклавных силикатных композитов с использованием нетрадиционного сырья // Современные наукоемкие технологии. 2018. №12 (2) С.173-178. doi: 10.17513/snt.37298

15. Danielle Klimesch, Abhi Ray. Evaluation of phases in a hydrothermally treated CaO-SiO₂-H₂O system // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2002. Vol. 70(3). Pp. 995–1003. doi: 10.1023/A:1022289111046.

16. Bernstein S., Thomas Karl Fehr. The formation of 1.13 nm tobermorite under hydrothermal conditions: 1. The influence of quartz grain size within the system CaO-SiO₂-D₂O // Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials. 2012. Vol. 58 (2–3). Pp. 84–91. doi: 10.106/j.pcrystgrow.2012.02.006.

17. Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Мороз М.Н., Троянов И.Ю., Володин В.М., Суздальцев О.В. Наногидросиликатные технологии в производстве бетонов // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 88–91.

18. Людвиг Х.-М., Дрессель Д. Синтетические гидраты силиката кальция в сборных железобетонных конструкциях // СРП Международное бетонное производство. 2011. № 5. С. 42–46.

19. Овчаренко Г.И., Ибе Е.Е., Садрашева А.О., Викторов А.В. Контактная прочность цементной фазы С-С-Н с добавками // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 8 (716). С. 48–57.

20. Кривобородов Ю.Р., Еленова А.А. Применение микродисперсных добавок для ускорения твердения цемента // Строительные материалы. 2016. №9. С. 65–67.

21. Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н. Твердение вяжущих при повышенных температурах. М.: Стройиздат, 1965. 253 с.

Информация об авторах

Володченко Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: alex-0904@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 13.04.2020

© Володченко А.А., 2020

Volodchenko A.A.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

E-mail: alex-0904@mail.ru

NON-AUTOCLAVE SILICATE COMPOSITES USING NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS AND CRYSTAL FILLER

Abstract. In the construction of buildings and structures, many wall materials are used, including silicate products of various functional purposes. In traditional production technology of such materials, the hardening process occurs due to the formation of a crystal structure in the $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ system. There are various ways to modify the crystalline growth of the cementing substance, one of which is the use of various kinds of crystal seedings, in particular the use of natural and synthetic calcium hydrosilicates. The purpose of the experiments is to study the possibility of improving the performance properties of non-autoclave silicate composites by modifying the structure formation in the "lime-non-traditional aluminosilicate raw materials" system, which consists in the crystal-chemical regulation of the structure formation processes with a synthetic crystal filler $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (C-S-H). The use of synthetic crystalline filler C-S-H synthesized by hydrothermal synthesis in an autoclave at a pressure of 1 MPa and a temperature of 175 °C from a mixture of Ca(OH)_2 and crystalline silica in a ratio different $\text{C/S}=1$ in the technology of non-autoclave silicate materials on the basis of alternative aluminium raw material allows to increase the operational indicators resulting products to 18 % or more. The optimal content of CaO and crystal filler C-S-H at which the maximum strength characteristics are provided is 8 % and 2,5 %, respectively, which allows to develop optimal compositions of raw materials for the technology of producing high-density non-autoclave silicate materials based on non-traditional aluminosilicate raw materials with a compressive strength of at least 20 MPa and more, with an average product density of no more than 2000 kg/m³.

Keywords: non-autoclave silicate materials, synthetic calcium hydrosilicates, crystal seedings, man-made raw materials, non-traditional clay rocks.

REFERENCES

1. Lesovik V.S., Fomina E.V. The new paradigm of designing construction composites to protect the human environment [Novaya paradigma proektirovaniya stroitel'nykh kompozitov dlya zashchity sredy obitaniya cheloveka]. Vestnik MGSU. 2019. Vol. 14. No. 10. Pp. 1241–1257. doi: 10.22227/1997-0935.2019.10.1241-1257 (rus).
2. Fediuk R., Mosaberpanah M., Lesovik V., Baranov A. Link of self-compacting fiber concrete behaviors to composite binders and superplasticizer. Journal of Advanced Concrete Technology. 2020. Vol. 18(3). Pp. 67–82. doi: 10.3151/jact.18.67
3. Lesovik V.S., Leshchev S.I., Ageeva M.S., Alfimova N.I. Zeolite-containing terra-silicea as a component of composite binders. Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 136–141. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.974.136>
4. Fediuk R.S., Yevdokimova Yu.G., Smoliakov A.K., Stoyushko N.Yu., Lesovik V.S. Use of geonics scientific positions for designing of building composites for protective (fortification) structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 221. 012011. doi: 10.1088/1757-899X/221/1/012011/
5. Volodchenko A.N., Strokova V.V. Development of scientific bases for production of silicate autoclave materials using clay raw materials [Razrabotka nauchnykh osnov proizvodstva silikatnykh avtoklavnykh materialov s ispol'zovaniem glinistogo syr'ja]. Construction Materials. 2018. No 9. Pp. 25–31. doi: https://doi.org/10.31659/0585_430X-2018-763-9-25-31 (rus)
6. Frolova M.A., Morozova M.V., Aizenshtadt A.M., Tutygin A.S. An aluminum-silicate binder on the basis of saponite-containing waste of diamond industry [Aljumosilikatnoe vjashushhee na osnove saponitsoderzhashhih othodovalmazodobyvajushhej promyshlennosti]. Construction Materials. 2017. No. 7. Pp. 68–70. (rus)
7. Pukhareno Yu.V., Letenko D.G., Nikitin V.A., Morozov V.I. Obtaining the nanomodifier for cement composites based on the «dealtom» carbon nanotubes. Materials Physics and Mechanics. 2017. Vol. 31. Pp. 59–62.
8. Fomina E.V., Lesovik V.S., Kozhukhova N.I., Chulenyov A.S. Role of solutions when metasomatic transformations in construction composites. Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. Pp. 168–174. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.974.168>
9. Alfimova N.I., Shadskiy E.E., Lesovik R.V., Ageeva M.S. Organic-mineral modifier on the basis of volcanogenic-sedimentary rocks. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10(24). 45131–45136.
10. Murtazaev S-A.Y., Zaurbekov Sh.Sh. A.Kh., Saydumov M.S., Murtazaeva T.S-A., Khadzhiev

M.R., .Impact of technogenic raw materials on the properties of high-quality concrete composites. *Advances in Engineering Research*. 2018. Vol. 177. Pp. 275–279. doi: 10.2991/isees-18.2018.53.

11. Lesovik V.S., Absimetov M.V., Elistratkin M.Yu., Pospelova M.A., Shatalova S.V. For the study of peculiarities of structure formation of composite binders for non-autoclaved aerated concrete [K voprosu izucheniya osobennostej strukturoobrazovaniya kompozicionnyh vyazhushchih dlya neavtoklavnyh gazobetonov]. *Construction Materials and Products*. 2019. Vol. 2. No. 3. Pp. 41–47. (rus)

12. Lesovik V.S., Alekseev S.V., Bessonov I.V., Vaisera S.S. Control of the structure and properties of acoustic materials on the basis of foam glass composites [Upravlenie struktur i svoystvami akusticheskikh materialov na osnove penosteklokompozitov]. *Construction Materials*. 2018. No. 6. Pp. 41–44. doi: 10.31659/0585-430X-2018-760-6-41-44. (rus)

13. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Glagolev E.S. On the issue of reducing the energy intensity of the silicate composites production with the unconventional aluminosilicate raw materials use. *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 974. Pp. 20–25. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.20

14. Volodchenko A.A., Lesovik V.S. To the question of the influence of complex binder on the properties of non-autoclave silicate composites with the using non-traditional raw materials [K voprosu vliyaniya kompleksnogo vyazhushchego na svoystva neavtoklavnyh silikatnyh kompozitov s ispol'zovaniem netradicionnogo syr'ya]. *Modern high technologies*. 2018. No. 12(2). Pp. 173–178. (rus)

15. Danielle Klimesch, Abhi Ray. Evaluation of phases in a hydrothermally treated $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$

system. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2002. Vol. 70(3). Pp. 995–1003. doi: 10.1023/A:1022289111046.

16. Bernstein S., Thomas Karl Fehr. The formation of 1.13 nm tobermorite under hydrothermal conditions: 1. The influence of quartz grain size within the system $\text{CaO-SiO}_2\text{-D}_2\text{O}$. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*. 2012. Vol. 58 (2–3). Pp. 84–91. doi: 10.106/j.pcrystgrow.2012.02.006.

17. Kalashnikov V.I., Erofeev V.T., Moroz M.N., Troyanov I.Yu., Volodin V.M., Suzdal'tsev O.V. Nanohydrosilicate Technologies in Concrete Production [Nanogidrosilikatnye tekhnologii v proizvodstve betonov]. *Construction Materials*. 2014. No. 5. Pp. 88–91. (rus)

18. Lyudvig Kh-M., Dressel' D. Synthetic calcium silicate hydrates in precast concrete structures [Sinteticheskie gidraty silikata kal'ciya v sbornyyh zhelezobetonnyh konstrukciyakh]. *CPI Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo*. 2011. No. 5. Pp. 42–46 (rus).

19. Ovcharenko G.I., Ibe E.E., Sadrasheva A.O., Viktorov A.V. Contact strength of c-s-h cement phase with additives [Kontaktная prochnost' cementnoj fazy S-S-H s dobavkami]. *News of higher educational institutions. Construction*. 2018. No. 8 (716). Pp. 48–57. (rus)

20. Krivoborodov Yu.R., Elenova A.A. The Use of Micro-Disperse Additives for Accelerating Cement Hardening [Primenenie mikrodispersnyh dobavok dlya uskoreniya tverdeniya cementa]. *Construction Materials*. 2016. No. 9. Pp. 65–67. (rus)

21. Butt Yu.M., Rashkovich L.N. Binder hardening at elevated temperatures [Tverdenie vyazhushchih pri povyshennyh temperaturah]. M.: Strojizdat. 1965. 253 p. (rus)

Information about the authors

Volodchenko, Alexander A. PhD, Assistant professor. E-mail: volodchenko.aa@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 13.04.2020

Для цитирования:

Володченко А.А. Неавтоклавные силикатные композиты с применением нетрадиционного сырья и кристаллического наполнителя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-8-17

For citation:

Volodchenko A.A. Non-autoclave silicate composites using non-traditional raw materials and crystal filler. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2020. No. 5. Pp. 8–17. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-8-17

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-18-24

Абзалилова А.В., Строкова В.В.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕНЕТРИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА¹

Аннотация. Проникновение влаги в капиллярно-пористую структуру бетона приводит к развитию коррозионных процессов, образованию высолов, снижению прочности и последующему разрушению цементно-песчаного композита. При этом повышенная влажность конструкции является благоприятной средой для развития различных биоповреждений (плесени, грибов, лишайников), что, в свою очередь, приводит как к снижению эксплуатационных характеристик сооружения, так и потере эстетического вида фасада здания. В связи с этим большой интерес представляет исследование возможности повышения водонепроницаемости бетона путем уплотнения его структуры. В статье рассмотрено влияние пенетрирующей добавки на физико-механические характеристики мелкозернистого бетона и фибробетона. Установлено, что введение пенетрирующей добавки в состав цементно-песчаных композитов приводит к заполнению капиллярно-пористой структуры материалов нитевидными игольчатыми новообразованиями, что позволяет увеличить их сопротивляемость воздействию влаги, а именно повысить марку по водонепроницаемости, уменьшить глубину проникновения воды в структуру бетона, увеличить контактный угол смачивания поверхности материала. Также отмечено, что одновременное введение в состав бетона пенетрирующей добавки и фиброволокна позволяет не только повысить водонепроницаемость композита, но и улучшить гидрофобные показатели за счет придания материалу иерархической структуры поверхности.

Ключевые слова: бетон, фибробетон, пенетрон, фибра, водонепроницаемость.

Введение. Проблема загрязненных фасадов зданий является актуальной так как ее решение внесет существенный вклад в сохранение архитектурного облика города в целом. Загрязнения не только портят внешний вид, но и отрицательно сказываются на долговечности отделочных материалов. Чаще всего одной из причин разрушения материалов внешней отделки является воздействие влаги, а на примере фасадных материалов – это одна из наиболее важных причин в связи с постоянным воздействием окружающей среды. Воздействие влаги на фасадные материалы ведет к растрескиванию штукатурок, появлению микроорганизмов и биоповреждений на поверхности. Это не только негативно влияет на эксплуатационные характеристики и архитектурную выразительность, но и вредит здоровью человека [2–6].

В зависимости от сложности конструкции не всегда есть возможность очистить фасад здания, кроме того, это затратно с экономической точки зрения. В таких случаях целесообразным будет применение материалов с повышенными водоотталкивающими характеристиками. Одним из традиционных способов защиты поверхности

строительных материалов на основе цемента от воздействия влаги является придание поверхности шероховатости за счет создания иерархической структуры поверхности [7–11]. Для этого, как правило, в цементно-песчаную матрицу вводятся мелкодисперсные либо волокнистые частицы различного происхождения, которые, выступая на поверхности бетона, придают ей рельеф. Однако ввиду того, что поверхность традиционного цементного бетона характеризуется присутствием пор и капилляров, важным также является уплотнение бетонной матрицы с целью повышения ее водонепроницаемости и, как следствие, гидрофобности [12–14]. При введении пенетрирующей добавки в состав композита происходит заполнение капиллярно-порового пространства за счет повышения доли этtringита в цементном камне, образованного в результате реакции с продуктами гидратации цементного камня [15–19].

На основании вышеизложенного целью данной работы являлось изучение влияния пенетрирующей добавки на физико-механические характеристики фибробетона и мелкозернистого бетона, как контрольного состава.

Материалы и методы. Для изучения влияния пенетрирующей добавки на водонепроницаемость цементно-песчаных композиционных материалов с различной структурой поверхности были подготовлены образцы мелкозернистого бетона и фибробетона. Для этого были использо-

¹Результаты экспериментальных исследований, представленные в статье, были отражены при защите диссертационной работы «Разработка и коллоидно-химические свойства гидрофобизирующих эмульсий полисилоксана», состоявшейся 29 марта 2019 г. [1].

ваны следующие сырьевые компоненты. Вяжущее – цемент марки ЦЕМ I 42,5 Н производства ЗАО «Белгородский цемент», мелкий заполнитель – кварцевый песок Вяземского месторождения Смоленской области. Соотношение массы цемента к кремнеземистому компоненту составило 1:3, В/Ц=0,7. Для формирования иерархической структуры поверхности бетона применялась фибра на основе поливинилового спирта (ПВС-фибра) производства ООО «Курарай», Япония, г. Осака. Дозировка фибры составила 3 %. В качестве пенетрирующей добавки была использована гидроизоляционная добавка в бетон «Пенетрон Адмикс» производства ЗАО «Завод гидроизоляционных материалов «Пенетрон», Россия, г. Екатеринбург. Дозировка модификатора была выбрана в соответствии с рекомендациями производителя и составила 1 % от массы цемента. Добавка была введена в бетонную смесь вместе с водой затворения, что соответствует ТУ 5745-001-77921756-2006. Для этого «Пенетрон Адмикс» добавляли в воду и тщательно перемешивали в течение 1–2 минут, после чего производили формование образцов по стандартной технологии.

Водонепроницаемость бетона определяли на образцах-кубах с размером ребра 150 мм ускоренным методом по воздухопроницаемости при помощи прибора типа АГАМА–2РМ согласно ГОСТ 12730.5–84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости». Также показатели водонепроницаемости бетона были определены при помощи прибора Controls фирмы «TESTING Bluhm & Feuerherdt GmbH» в соответствии с евро стандартом EN 12390–8, разработанным на базе стандарта Международной организации по стандартизации ISO–7031 «Бетон. Метод определения проницаемости воды под давлением». Для проведения испытаний на приборе Controls образцы бетона помещались в устройство, где на них в течение 72 ч производилась подача воды

под давлением на уровне 500 ± 50 кПа. После чего образцы раскалывали на прессе и просушивали таким образом, чтобы была видна линия проникновения воды. Затем при помощи карандаша и линейки измеряли глубину проникновения воды в образец.

Изучение микроструктурных особенностей композита производили при помощи сканирующего электронного микроскопа Mira 3 FesSem (Tescan, Чехия) в режиме высокого вакуума (InBeam) с использованием катода Шоттки высокой яркости.

Прочность при сжатии была определена на образцах-кубах с размерами ребер $100 \times 100 \times 100$ мм в соответствии с ГОСТ 10180–2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Контактный угол смачивания определяли при помощи прибора для измерения контактного угла смачивания Kruss DSA 30. Для измерений в качестве тестовой жидкости была использована дистиллированная вода.

Основная часть. В ходе исследования образцов мелкозернистого бетона и фибробетона по ускоренной методике при помощи прибора АГАМА–2РМ установлено, что введение пенетрирующей добавки снижает пористость бетонной матрицы, увеличивая тем самым сопротивляемость бетона воздействию влаги (табл. 1). Использование фибры незначительно увеличивает марку бетона по водонепроницаемости (W 6) по сравнению с контрольным составом (W 4). Введение в состав фибробетона пенетрирующей добавки в количестве 1 % позволяет повысить водонепроницаемость композита (до W 10) по сравнению с мелкозернистым бездобавочным бетоном на 60 %. Добавление пенетрона к цементно-песчаной композиции без использования фиброволокна также увеличивает его сопротивляемость воздействию воды (W 8).

Таблица 1

Характеристика образцов МЗБ по водонепроницаемости в зависимости от состава

Характеристика образца	Образец			
	МЗБ	Фибробетон	МЗБ с пенетрирующей добавкой (1 %)	Фибробетон с пенетрирующей добавкой (1 %)
Марка бетона по водонепроницаемости, W	4	6	8	10
Глубина проникновения воды, см	11,2	6,3	5,0	4,2
Прочность на сжатие, МПа	15,4	15,8	16,3	18,1
Контактный угол смачивания, °	41,4	52,7	63,9	79,2

Анализ данных, полученных при помощи прибора Controls фирмы «TESTING Bluhm &

Feuerherdt GmbH» показал, что наименьшей водонепроницаемостью обладает мелкозернистый

бетон без каких-либо добавок (табл. 1). Это объясняется наличием в композите капиллярной пористости, которая ускоряет перенос воды вглубь бетона и увеличивает степень его пропитки. Насыщение материала влагой ведет к ускорению процессов сульфатной коррозии и последующему разрушению материала.

Введение в состав фиброволокна позволяет снизить степень пропитки бетона в два раза. Это может объясняться тем, что фибра, равномерно распределяясь по объему композиции, заполняет

межзерновое пространство, тем самым формируя более плотную упаковку матрицы. После введения пенетрирующей добавки также наблюдается снижение глубины проникновения воды в структуру композита, что свидетельствует о заполнении пор бетона кристаллами новообразований. Сравнивая показатели фибробетона и фибробетона с пенетрирующей добавкой, расхождение между глубиной проникновения воды является незначительным – 6,3 и 4,2 см соответственно (рис. 1).

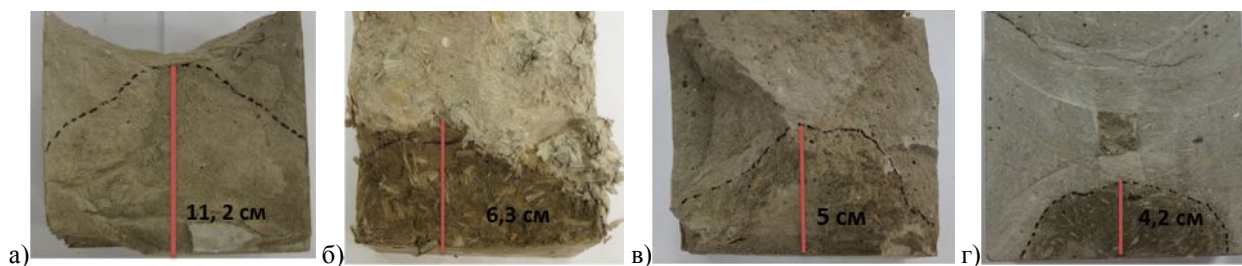


Рис. 1. Глубина проникновения воды в структуру бетона в зависимости от состава: а) МЗБ, б) фибробетон, в) МЗБ с пенетрирующей добавкой (1 %), г) фибробетон с пенетрирующей добавкой (1 %)

Для объяснения такого небольшого расхождения в глубине проникновения воды в фибробетон с пенетрирующей добавкой и без, дополнительно была исследована микроструктура бетонной матрицы (рис. 2).

На микрофотографиях бездобавочного мелкозернистого бетона отчетливо видна его равномерная зернистость, пористость и трещины, сформированные в результате препарирования (подготовки образца для съемки на РЭМ путем откалывания). При введении в состав пенетрирующей добавки в порах идентифицируются нитевидные кристаллы новообразований, затягивающих пустоты структуры цементно-песчаной матрицы [20–22]. Микроструктура мелкозернистого бетона, имеющего в своем составе фиброволокно, более плотная по сравнению с контрольным составом, но все же обладает небольшими трещинами технологического характера. Также важно отметить, что пенетрирующая добавка, помимо заполнения порового пространства новообразованиями, способствует обрастанию поверхности нитей фибры аллотриоморфными (не имеющими очертаний, свойственных их кристаллической решетке) продуктами гидратации, за счет чего улучшается адгезия фибры с цементной матрицей. Все это делает структуру фибробетона с пенетрирующей добавкой более плотной, за счет чего она лучше сопротивляется воздействию воды по сравнению с остальными составами.

При исследовании прочности на сжатие у образцов мелкозернистого бетона отмечено небольшое увеличение показателей при введении пенетрирующей добавки, составляющее 6 % ($R_{сж}=16,3$ МПа) (табл. 1). При этом у образцов фибробетона при введении пенетрирующего

компонента прирост прочности составил 15 % ($R_{сж}=18,1$ МПа).

В связи с тем, что уплотнение бетона проводилось с целью повышения его защитных характеристик по отношению к воде, был произведен анализ гидрофобных качеств композита. Для этого были выполнены измерения контактного угла смачивания исследуемых образцов бетона.

Анализ полученных данных показал, что наименьшими значениями контактного угла смачивания ($KY=41,4^\circ$) обладают образцы мелкозернистого бетона (табл. 1). Введение в состав волокон фибры позволяет повысить гидрофобные показатели за счет создания развитой иерархической поверхности бетона ($KY=52,7^\circ$). После добавления пенетрирующего компонента в состав цементно-песчаной композиции наблюдается увеличение значения контактного угла смачивания на 54 % ($KY=63,9^\circ$). Это объясняется тем, что на поверхности бетона, как и в его объеме образуются нитевидные кристаллы, создавая тем самым микро- и наношероховатость, за счет которой формируется иерархическая структура поверхности, как и в случае с фиброй. Благодаря тому, что пенетрирующая добавка снижает пористость композита, данный состав обладает лучшими показателями по сравнению с фибробетоном. При одновременном введении фибрового и пенетрирующего компонента показатели гидрофобности достигают максимальных значений по сравнению со всеми изучаемыми составами ($KY=79,2^\circ$). Так по сравнению с мелкозернистым бетоном контактный угол смачивания увеличивается на 91 %, а по сравнению с фибробетоном – на 50 %. Это вызвано тем, что микро- и наношероховатость формируется не

только путем введения фиброволокна, но и благодаря использованию пенетрирующей добавки, которая, как и в структуре бетона, так и на поверхности выходящей наружу фибры, образует нитевидные кристаллы, создающие дополни-

тельную иерархию поверхности. Также повышение показателей гидрофобности у образца фибробетона с пенетрирующей добавкой происходит за счет заполнения пор новообразованиями, что приводит к снижению капиллярного подсоса композита.

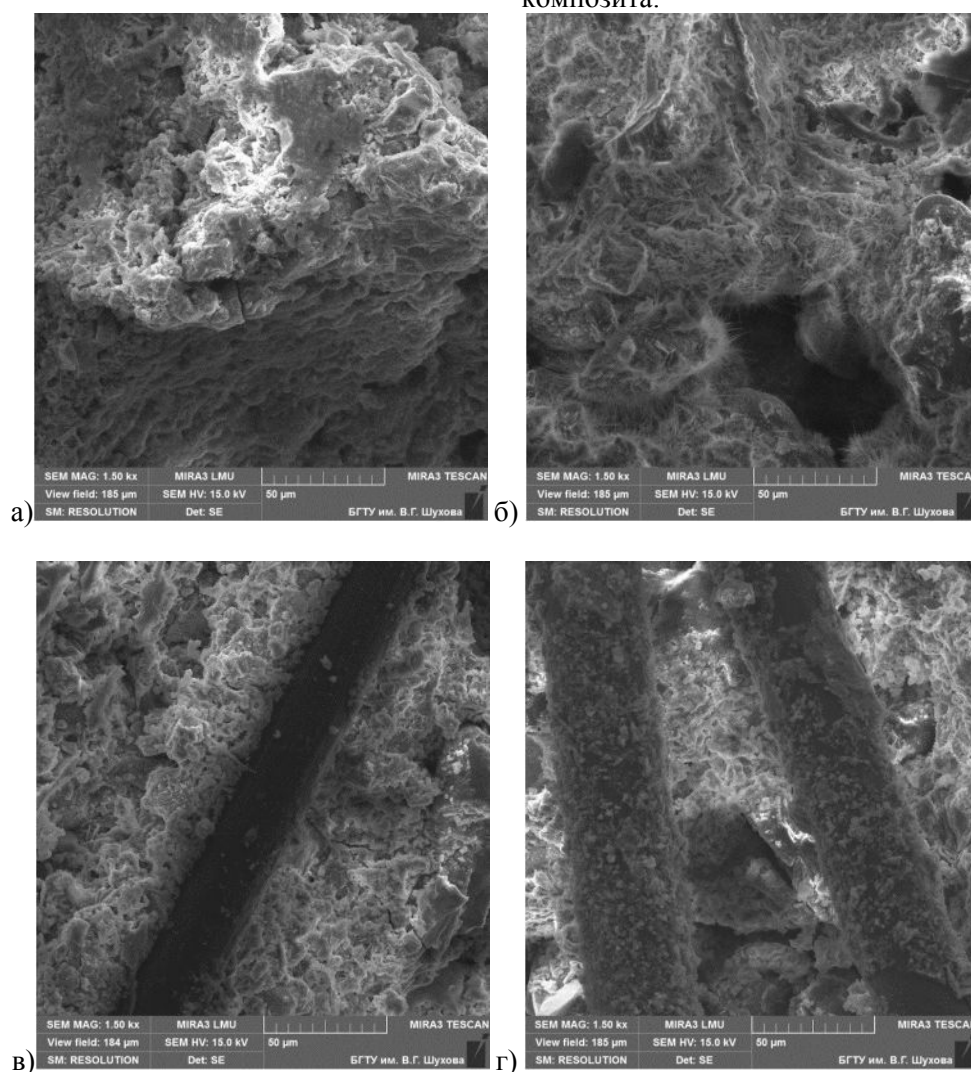


Рис. 2. Микроструктура мелкозернистого бетона:
а) МЗБ, б) МЗБ с пенетрирующей добавкой (1 %), в) фибробетон,
г) фибробетон с пенетрирующей добавкой (1 %)

Выводы. Таким образом, использование пенетрирующей добавки для уплотнения капиллярно-пористой структуры бетона позволяет повысить физико-механические характеристики композита, тем самым увеличив его сопротивляемость проникновению влаги. Одновременное использование пенетрирующей добавки и фиброволокна позволяет повысить прочность и водостойкость бетона, тем самым увеличив его плотность и сопротивляемость проникновению влаги. Сравнивая фибробетон с пенетрирующей добавкой в количестве 1 % с остальными, исследуемыми в работе, стоит отметить, что данный состав обладает наилучшими показателями контактного угла смачивания ($KY=79,2^\circ$), прочности ($R_{сж}=18,1$ МПа) и водонепроницаемости (W 10).

Источник финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-12011 с использованием оборудования Центра Высших Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ищенко А.В. Разработка и коллоидно-химические свойства гидрофобизирующих эмульсий полисилоксана: дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2019. 198 с.
2. Ondrejka Harbulakova V., Estokova A., Stevulova N., Luptakova A. Different aggressive media influence related to selected characteristics of concrete composites investigation // International Journal of Energy and Environmental Engineering. 2014.

Vol. 5. Is. 2–3. Pp. 1–6. doi:10.1007/s40095-014-0082-8.

3. Łowińska-Kluge A., Horbik D., Zgoła-Grześkowiak A., Stanisławski E., Górski Z. A comprehensive study on the risk of biocorrosion of building materials // *Corrosion Engineering Science and Technology*. 2015. Vol. 52. Is. 1. Pp. 13–21. doi:10.1080/1478422X.2016.1174326.

4. Chromková I., Čechmánek R. Influence of biocorrosion on concrete properties // *Key Engineering Materials*. 2018. Vol. 760 KEM. Pp. 83–90. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.760.83.

5. Harbulakova V.O., Estokova A., Luptakova, A., Smolakova M. Impact of concrete's curing process on its biocorrosive resistance // *International Journal of Mechanics*. 2019. Vol. 13. Pp. 79–83.

6. Mejía E., Tobón J.I., Osorio W. Urban structure degradation caused by growth of plants and microbial activity // *Materiales de Construcción*. 2019. Vol. 69. Is. 333. doi:10.3989/mc.2019.09517.

7. Кожухова М.И., Фомина Е.В., Фомин А.Е. Фракталы как иерархический принцип организации в строительном материаловедении // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2018. № 7. С. 18–23.

8. Abdulhussein A.T., Kannarpady G.K., Wright A.B., Ghosh A., Biris Al.S. Current trend in fabrication of complex morphologically tunable superhydrophobic nano scale surfaces // *Applied Surface Science*. 2016. Vol. 384. P. 311–322.

9. Zhang M., Feng Sh., Wang L., Zheng Y. Lotus effect in wetting and self-cleaning // *Biotribology*. 2016. Vol. 5. P. 31–43.

10. Lei L., Wang Q., Xu S., Wang N., Zheng X. Fabrication of superhydrophobic concrete used in marine environment with anti-corrosion and stable mechanical properties // *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 251. doi: 10.1016 / j.conbuildmat.2020.118946.

11. Karthick S., Park D.-J., Lee Y.S., Saraswathy V., Lee H.-S., Jang H.-O., Choi H.-J. Development of water-repellent cement mortar using silane enriched with nanomaterials // *Progress in Organic Coatings*. 2018. Vol. 125. Pp. 48–60.

12. Лесовик В.С., Урханова Л.А., Федюк Р.С. Вопросы повышения непроницаемости фибробетонов на композиционном вяжущем // *Вестник ВСГУТУ*. 2016. № 1. С. 5–10.

13. Матвеева Е.Г., Королева Е.Л. Фибробетон с добавкой нанодисперсного кремнезема // *Вестник МГСУ*. 2013. № 3. С. 140–146.

14. Кожухова М.И., Чулкова И.Л., Хархардин А.Н., Соболев К.Г. Оценка эффективности применения гидрофобных водных эмульсий с содержанием нано- и микроразмерных частиц для модификации мелкозернистого бетона // *Строительные материалы*. 2017. № 5. С. 92–97.

15. Балакин Д.В., Ермолаев Д.А., Исаков П.Ю., Карнет Ю.Н. Использование гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» для исключения внешней гидроизоляции подземных железобетонных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 2. С. 55–59.

16. Киценко Т.П., Губарь В.Н., Балакин Д.В., Каширин А.В. Влияние гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» на формирование структуры и свойства бетона // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2018. № 4–2 (132). С. 199–202.

17. Zheng K., Yang X., Chen R., Xu L. Application of a capillary crystalline material to enhance cement grout for sealing tunnel leakage // *Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 214, Pp. 497–505. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.095.

18. Yang X.-H., Zheng K.-L., Xu L.-X. Experiment on Effect of Capillary Crystalline Material Additives on Cement Slurry Performance // *Zhongguo Gonglu Xuebao/China Journal of Highway and Transport*. 2019. Vol. 32. Is. 7. Pp. 129–135, 157. doi: 10.19721/j.cnki.1001-7372.2019.07.014.

19. Nizina T.A., Ponomarev A.N., Balykov A.S., Pankin N.A. Fine-grained fibre concretes modified by complexed nanoadditives // *International Journal of Nanotechnology*. 2017. Vol. 14. Is. 7–8. Pp. 665–679. doi: 10.1504/IJNT.2017.083441.

20. Капустин Ф.Л., Спиридонова А.М., Помазкин Е.П. Применение проникающей гидроизоляции для повышения коррозионной стойкости цементного камня // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2015. Вып. 975. № 11. С. 56–59.

21. Kapustin F.L., Pomazkin E.P. Effect of Waterproofing Penetrating Capillary Mixture on Concrete Waterproofness and Cement Stone Microstructure // *Power Technology and Engineering*. 2018. Vol. 52. Is. 2. Pp. 168–171. doi: 10.1007/s10749-018-0927-z.

22. Никишкин В.А. Микроструктура цементного камня и ее влияние на водонепроницаемость и прочность бетона // *Гидротехническое строительство*. 2012. № 11. С. 14–17.

Информация об авторах

Абзалилова Алина Валентиновна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов. E-mail: vvstrokova@gmail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 27.03.2020

© Абзалилова А.В., Строкова В.В., 2020

**Abzalilova A.V., Strokov V.V.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru*

USE OF A PENETRATING ADDITIVE TO INCREASE THE WATER RESISTANCE OF CONCRETE

Abstract. *The penetration of moisture into the capillary-porous structure of concrete leads to the development of corrosion processes, the formation of efflorescence, the decrease in strength and the subsequent destruction of the cement-sand composite. At the same time, the increased humidity of the structure is a favorable environment for the development of various biological damages (mold, fungi, lichens), which, in turn, leads to decrease in the operational characteristics of the structure and loss of the aesthetic appearance of the building facade. In this regard, the study of possibility of increasing the water resistance of concrete by compaction of its structure is of great interest. The article considers the influence of a penetrating additive on the physical and mechanical characteristics of fine-grained concrete and fiber concrete. It is established that the introduction of a penetrating additive into the composition of cement-sand composites leads to the filling of the capillary-porous structure of materials with needle-like new formations that can increase their resistance to moisture influence, namely, to increase the waterproof grade, to reduce the depth of water penetration into the concrete structure, to increase the contact angle of wetting the surface of the material. It is also noted that the simultaneous introduction of a penetrating additive and fiber into the concrete composition allows to increase the water resistance of the composite and to improve hydrophobic performance by imparting a hierarchical surface structure to the material.*

Keywords: *concrete, fiber-reinforced concrete, penetron, fiber, water resistance.*

REFERENCES

1. Ischenko A.V. Development and colloid-chemical properties of hydrophobizing polysiloxane emulsions [Razrabotka i kolloidno-himicheskie svoystva gidrofobiziruyushchih emul'sij polisiloksana]: Thesis for the degree of cand. of tech. sciences. Belgorod, 2019. 198 p. (rus)
2. Ondrejka Harbulakova V., Estokova A., Stevulova N., Luptakova A. Different aggressive media influence related to selected characteristics of concrete composites investigation. International Journal of Energy and Environmental Engineering. 2014. Vol. 5. Is. 2–3. Pp. 1–6. doi:10.1007/s40095-014-0082-8.
3. Łowińska-Kluge A., Horbik D., Zgoła-Grześkowiak A., Stanisław E., Górski Z. A comprehensive study on the risk of biocorrosion of building materials. Corrosion Engineering Science and Technology. 2015. Vol. 52. Is. 1. Pp. 13–21. doi:10.1080/1478422X.2016.1174326.
4. Chromková I., Čechmánek R. Influence of biocorrosion on concrete properties. Key Engineering Materials. 2018. Vol. 760 KEM. Pp. 83–90. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.760.83.
5. Harbulakova V.O., Estokova A., Luptakova, A., Smolakova M. Impact of concrete's curing process on its biocorrosive resistance. International Journal of Mechanics. 2019. Vol. 13. Pp. 79–83.
6. Mejía E., Tobón J.I., Osorio W. Urban structure degradation caused by growth of plants and microbial activity. Materiales de Construcción. 2019. Vol. 69. Is. 333. doi: 10.3989/mc.2019.09517.
7. Kozhukhova M.I., Fomina E.V., Fomin A.E. Fractals as a principle of hierarchical structure formation in construction materials science [Fraktaly kak ierarhicheskij princip organizacii v stroitel'nom materialovedenii]. Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2018. № 7. Pp. 18–23. (rus)
8. Abdulhussein A.T., Kannarpady G.K., Wright A.B., Ghosh A., Biris A.I.S. Current trend in fabrication of complex morphologically tunable superhydrophobic nano scale surfaces. Applied Surface Science. 2016. Vol. 384. Pp. 311–322.
9. Zhang M., Feng Sh., Wang L., Zheng Y. Lotus effect in wetting and self-cleaning. Biotribology. 2016. Vol. 5. P. 31–43.
10. Lei L., Wang Q., Xu S., Wang N., Zheng X. Fabrication of superhydrophobic concrete used in marine environment with anti-corrosion and stable mechanical properties. Construction and Building Materials. 2020. Vol. 251. doi: 10.1016 / j.conbuildmat.2020.118946.
11. Karthick S., Park D.-J., Lee Y.S., Saraswathy V., Lee H.-S., Jang H.-O., Choi H.-J. Development of water-repellent cement mortar using

silane enriched with nanomaterials. Progress in Organic Coatings. 2018. Vol. 125, Pp. 48–60.

12. Lesovik V.S., Urkhanova L.A., Fediuk R.S. Issues of improvement leaks fiber-reinforced concrete on composite binders [Voprosy povysheniya neproniцаемости fibrobetonov na kompozicionnom vyazhushchem]. Buletin of East Siberia State University of Technology and Management. 2016. № 1. Pp. 5–10. (rus)

13. Matveeva E.G., Koroleva E.L. Fibre concrete having a nanodisperse silica additive [Fibrobeton s dobavkoj nanodispersnogo kremnezema]. Vestnik MGSU. 2013. № 3. Pp. 140–146. (rus)

14. Kozhukhova M.I., Chulkova I.L., Kharkhardin A.N., Sobolev K.G. Estimation of Application Efficiency of Hydrophobic Water-Based Emulsions Containing Nano and Micro-Sized Particles for Modification of Fine Grained Concrete [Ocenka effektivnosti primeneniya gidrofobnyh vodnyh emul'sij s soderzhanie nano- i mikrorazmernykh chastic dlya modifikacii melkozernistogo betona]. Stroitel'nye Materialy. 2017. № 5. Pp. 92–97. (rus)

15. Balakin D.V., Ermolaev D.A., Isakov P.Yu., Karnet Y.N. The use of waterproofing additive «Penetron Admix» for exclusion of external waterproofing of underground reinforced concrete structures [Ispol'zovanie gidroizolyacionnoj dobavki «Penetron Admiks» dlya iskl'yucheniya vneshnej gidroizolyacii podzemnykh zhelezobetonnykh konstrukcij]. Industrial and civil engineering (Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitel'stvo). 2017. № 2. Pp. 55–59. (rus)

16. Kitsenko T.P., Gubar V.N., Balakin D.V., Kashirin A.V. Influence of a waterproofing additive «Penetron Admix» on formation of structure and properties of concrete [Vliyanie gidroizolyacionnoj dobavki «Penetron Admiks» na formirovanie

struktury i svojstva betona]. Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. 2018. № 4–2 (132). Pp. 199–202. (rus)

17. Zheng K., Yang X., Chen R., Xu L. Application of a capillary crystalline material to enhance cement grout for sealing tunnel leakage. Construction and Building Materials. 2019. Vol. 214, Pp. 497–505. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.095.

18. Yang X.-H., Zheng K.-L., Xu L.-X. Experiment on Effect of Capillary Crystalline Material Additives on Cement Slurry Performance. Zhongguo Gonglu Xuebao/China Journal of Highway and Transport. 2019. Vol. 32. Is. 7. Pp. 129–135, 157. doi: 10.19721/j.cnki.1001-7372.2019.07.014.

19. Nizina T.A., Ponomarev A.N., Balykov A.S., Pankin N.A. Fine-grained fibre concretes modified by complexed nanoadditives. International Journal of Nanotechnology. 2017. Vol. 14. Is. 7–8. Pp. 665–679. doi: 10.1504/IJNT.2017.083441.

20. Kapustin F.L., Spiridonova A.M., Pomazkin E.P. Application of the getting waterproofing for increase of corrosion resistance of a cement stone [Primenenie pronikayushchej gidroizolyacii dlya povysheniya korrozionnoj stojkosti cementnogo kamnya]. BST: Building Equipment Bulletin. 2015. Iss. 975. № 11. Pp. 56–59. (rus)

21. Kapustin F.L., Pomazkin E.P. Effect of Waterproofing Penetrating Capillary Mixture on Concrete Waterproofness and Cement Stone Microstructure. Power Technology and Engineering. 2018. Vol. 52. Is. 2. Pp. 168–171. doi: 10.1007/s10749-018-0927-z

22. Nikishkin V.A. The microstructure of cement stone and its effect on the waterproofing and strength of concrete [Mikrostruktura cementnogo kamnya i ee vliyanie na vodoneproniцаемость i prochnost' betona]. Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo. 2012. № 11. Pp. 14–17. (rus)

Information about the authors

Abzalilova, Alina V. PhD. E-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Strokova, Valeria V. DSc, Professor. E-mail: vvstrokova@gmail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 27.03.2020

Для цитирования:

Абзалилова А.В., Строкова В.В. Использование пенетрирующей добавки для повышения водонепроницаемости бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 18–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-18-24

For citation:

Abzalilova A.V., Strokova V.V. Use of a penetrating additive to increase the water resistance of concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 18–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-18-24

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-25-30

Горшкова Н.Г., Александров Д.А.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: nggor@yandex.ru*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ МЕТОДОМ СТРУКТУРНЫХ ЧИСЕЛ

Аннотация. Дорожная одежда является одной из главных составляющих автомобильных дорог, её состояние обеспечивает безопасность и скорость дорожного движения. Современная дорожная одежда – это сложная инженерная конструкция, она состоит из поэтапно уложенных слоёв дорожно-строительных материалов, которые обладают различными физико-механическими свойствами. Эти свойства учитываются для обеспечения безопасного движения транспортных средств в любое время года с расчётной скоростью с предотвращением аварийных ситуаций и снижения удобства движения. Для расчета дорожных одежд существует несколько методов, одним из которых является метод структурных чисел. Проанализирована возможность его применения для конструирования и расчета дорожной одежды. В статье приведена возможность использования этого, достаточно простого метода, применяемого во многих странах, на конкретном примере. Поскольку в России активно переходят на проектирование составов асфальтобетонных смесей по методу Суперпейв, который позволяет повысить эксплуатационные характеристики дорожных покрытий, данный метод имеет преимущества при конструировании и расчете дорожных одежд, заключающиеся в простоте использования.

Ключевые слова: метод структурных чисел, конструирование дорожной одежды, методы расчета конструкций дорожных одежд, конструктивные слои.

Введение. За последние полвека создано большое количество разнообразных методов расчета дорожных одежд. У нас в стране был разработан и успешно применяется уже несколько десятилетий полумпирический метод, который включает оценку прочности конструкции в целом (с использованием эмпирической зависимости допускаемого упругого прогиба от числа приложений нагрузки) и оценку прочности с учетом напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях и устанавливаемых с использованием решений теории упругости. Метод основан на расчетах и применении номограмм, построенных при решении задач теории упругости для модели многослойной среды. С учетом этих принципов разработаны специализированные программы расчета, позволяющие рассчитывать достаточно много вариантов конструкций дорожных одежд [1].

Основная часть. В мировой практике все методы можно разделить на две основные категории: аналитические и эмпирические. С помощью аналитических методов рассчитываются дорожные одежды, которые подвергаются нагрузкам более 10 млн эквивалентной нагрузки на одну ось (ESAL). Аналитические методы заключаются в анализе исходных данных, их интерпретации и преобразовании в значение нагрузочной пропускной способности дорожных одежд.

Эмпирические же методы применяются для дорожных одежд с низкой нагрузкой. Однако, если есть сомнения в том, что данная дорожная

одежда выдержит рассчитанную нагрузку, для проверки применяют аналитический метод. Чем более сложным является метод расчета, тем более повышенные требования предъявляются к исходным данным [2].

К эмпирическим методам относят:

- метод калифорнийского числа SBR, который основан на определении несущей способности земляного полотна;
- каталогизированный метод, который базируется на типовых конструкциях дорожных одежд, созданных для различных случаев применения;
- метод DCP, в котором для обнаружения дефектов в дорожной одежде используется динамический конусный пенетrometer;
- метод индексирования дорожных одежд, при котором дорожным одеждам разных конструкций назначается свой индекс, зависящий от структурного числа;
- метод структурных чисел, в котором разным типам материала присваиваются определенные (структурные) коэффициенты [3].

Также на территории большинства стран Европы и США широкое распространение получили каталоги дорожных одежд. Каталоги представляют собой сборник типовых дорожных одежд с уже подобранными и рассчитанными слоями, оптимально подходящими для данной местности. Каталоги позволяют сэкономить время при проектировании автомобильных дорог, т.к. все расчеты произведены заранее. В РФ

по заданию Росавтодора в настоящее время ведется разработка типовых каталогов дорожных одежд жесткого и нежесткого типов [4].

В настоящее время возросла необходимость совершенствования методики расчета дорожных одежд. Для решения данной проблемы более детально изучено и проанализировано динамическое воздействие многоосных транспортных средств [5], так как исследования напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции показывают, что основное разрушающее воздействие на автомобильную дорогу производят грузовые многоосные автопоезда, движение которых осуществляется с нагрузками, нередко превышающими нормативные.

Наибольший интерес представляет конструирование и расчет дорожной одежды методом структурных чисел, на конкретном примере расчета показана результативность данного метода (1 вариант) и сравнительный анализ с применяемым в настоящее время в РФ методом (вариант 2). Метод дополнен зависимостью структурного коэффициента грунта от модуля упругости последнего и корреляционной зависимостью основного параметра метода – «суммы структурных чисел» от требуемого модуля упругости дорожной конструкции.

Метод структурных чисел отличается от принятого в РФ метода проектирования нежестких дорожных одежд относительной простотой

[6], он применяется в США с 1993 г. ассоциацией AASHTO. Метод структурных чисел активно используют в большинстве стран мира, т.к. он имеет ряд преимуществ: простота использования, быстрота получения результатов и возможность учета влияния климатических особенностей на поведение и характеристики материала, а также он позволяет без труда вводить в расчет новые материалы. Как и у всех «шаблонных» расчетов, надежность результатов здесь зависит от точности исходных параметров. Первым шагом, который определяет надежность расчета, является выбор для каждого слоя коэффициента, зависящего от его материала.

Метод заключается в том, что каждому виду материала, применяемого в дорожной одежде, присваивается определенный коэффициент K_c . Сумма произведений этих коэффициентов на толщину используемого слоя характеризует несущую способность дорожной конструкции. Так, структурные коэффициенты – аналоги значений модуля упругости, а сумма структурных чисел – аналог общего расчетного модуля упругости конструкции в соответствии с методикой, применяемой в настоящее время в РФ и описанной в ОДН [7] по нормативам СП [8]. Коэффициенты K_c конструктивных слоев из различных материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты конструктивных слоев из различных материалов

Тип материала	Значение K_c , см ⁻¹
Асфальтобетон плотный для верхнего слоя покрытия	0,173
То же, для нижнего слоя покрытия	0,165
Асфальтобетон пористый	от 0,079 до 0,150
Старый асфальтобетон	0,087
Щебень (CBR > 80 %)	0,055
Щебень старого основания	0,047
Щебень, укрепленный цементом	0,067
Природный гравий типа 1	0,047
Природный гравий типа 2	0,039
Грунт типа 1	0,031
Грунт типа 2	0,024
Гравий, укрепленный цементом	0,047
Песок	от 0,015 до 0,02
АГБ типа К (с добавлением комплексного вяжущего)	0,102

Чтобы конструкция удовлетворяла необходимым требованиям, нужно, чтобы сумма структурных чисел $\sum c$ была равна или больше расчетной суммы $\sum c_p$, зависящей от суммарного расчетного числа приложений расчетной нагрузки за требуемый срок службы [9]. В соответствии с данным методом, меняя тип материала конструкции, можно уменьшить толщину дорожной

одежды, что и показано в следующем расчете на примере дорожной одежды для дороги II технической категории из двухслойного асфальтобетонного покрытия на двухслойном щебеночном основании [10].

Для получения более экономичной, но равнопрочной конструкции, уменьшив толщины слоев асфальтобетона, но увеличим толщину

слоев основания, чтобы сохранить сумму структурных чисел. Уменьшим слои плотного и пористого асфальтобетона до минимальных толщин в соответствии с ОДН 218.046-01 [7] на 1 см. Увеличиваем толщины слоев основания: щебень,

укрепленный органическим вяжущим на 4 см, щебень по способу заклинки на 1 см. Получаем новую конструкцию дорожной одежды и сумму структурных чисел для 2-го варианта в табл. 3.

Таблица 2

Расчет суммы структурных чисел для 1-го варианта

Материал слоя	Толщина слоя, h , см	Модуль упругости, E , МПа	Структурный коэффициент, K_c , см^{-1}	Структурное число, $Ч_c = K_c h$
1. Плотный асфальтобетон	6	3200	0,173	1,038
2. Пористый асфальтобетон	8	2000	0,142	1,136
3. Щебень, укрепленный комплексным вяжущим	10	600	0,067	0,67
4. Щебень, уложенный по способу заклинки	20	450	0,055	1,1
5. Песок	30	130	0,017	0,51
		$E_o = 297$		$\sum c = 4,454$

Таблица 3

Расчет суммы структурных чисел для 2-го варианта

Материал слоя	Толщина слоя, h , см	Модуль упругости, E , МПа	Структурный коэффициент, K_c , см^{-1}	Структурное число, $Ч_c = K_c h$
1. Плотный асфальтобетон	5	3200	0,173	0,865
2. Пористый асфальтобетон	7	2000	0,142	0,994
3. Щебень, укрепленный комплексным вяжущим	11	600	0,067	0,737
4. Щебень, уложенный по способу заклинки	24	450	0,055	1,32
5. Песок	32	130	0,017	0,544
		$E_o = 297,6$		$\sum c = 4,460$

Произведем расчет конструкции дорожной одежды с изменёнными толщинами слоев и вычислим модуль упругости для 2-го варианта по методике, применяемой в РФ [7]:

Определим модуль упругости на поверхности 5-го слоя, $E_{обц}'''$, МПа:

$$\frac{h_5}{D} = \frac{32}{39} = 0,82; \quad \frac{E_{сп}}{E_5} = \frac{25}{130} = 0,19; \quad \frac{E_{обц}''}{E_5} = 0,46;$$

$$E_{обц}''' = 130 \cdot 0,46 = 59,8 \text{ МПа}$$

Определим модуль упругости на поверхности 4-го слоя, $E_{обц}''$, МПа:

$$\frac{h_4}{D} = \frac{24}{39} = 0,61; \quad \frac{E_{обц}''}{E_4} = \frac{59,8}{450} = 0,13; \quad \frac{E_{обц}'}{E_4} = 0,28;$$

$$E_{обц}'' = 450 \cdot 0,28 = 126 \text{ МПа}$$

Определим модуль упругости на поверхности 3-го слоя, $E_{обц}'$, МПа:

$$\frac{h_3}{D} = \frac{11}{39} = 0,28; \quad \frac{E_{обц}'''}{E_3} = \frac{126}{600} = 0,21; \quad \frac{E_{обц}''}{E_3} = 0,29;$$

$$E_{обц}'' = 600 \cdot 0,29 = 174 \text{ МПа}$$

Определим модуль упругости на поверхности 2-го слоя, $E_{обц}'$, МПа:

$$\frac{h_2}{D} = \frac{7}{39} = 0,18; \quad \frac{E_{обц}'''}{E_2} = \frac{174}{2000} = 0,087;$$

$$\frac{E_{обц}''}{E_2} = 0,12; \quad E_{обц}' = 2000 \cdot 0,12 = 240 \text{ МПа}$$

Определим модуль упругости на поверхности 1-го слоя, $E_{обц}$, МПа:

$$\frac{h_1}{D} = \frac{5}{39} = 0,13;$$

$$\frac{E_{обц}'}{E_1} = \frac{240}{3200} = 0,08; \quad \frac{E_{обц}''}{E_1} = 0,093;$$

$$E_{обц} = 3200 \cdot 0,093 = 297,6 \text{ МПа}$$

Таким образом, получены равнопрочные конструкции дорожной одежды по сравниваемым методам. Можно констатировать, что при расчете методом структурных чисел общий модуль упругости конструкции практически одинаков, но расчет производится быстрее и позволяет изменять толщины слоев, не прибегая к объемным расчетам и использованию номограмм.

В приведенных примерах расчета не учтен грунт земляного полотна, который по применяемой у нас методике входит в пакет рассчитываемых слоев. Для того, чтобы учесть грунт, необходимо увязать "наш" модуль упругости грунта с калифорнийским числом CBR, характеризующим несущую способность грунта в насыщенном водой состоянии. Исследования зарубежных специалистов показали [11, 12], что модуль упругости коррелируется с величиной CBR. Наиболее простой является эмпирическая зависимость:

$$E \approx 10CBR ; CBR \approx 0,1E . \quad (1)$$

Формула (1) применима при $CBR < 10 \%$. Таким образом, для расчета конструкции дорожной одежды на упругий прогиб можно использовать эту зависимость и добавить в расчет грунт земля-

ного полотна, получив равнопрочную конструкцию. Однако следует заметить, что CBR косвенно характеризует прочность материалов на сдвиг [13]. При экспериментальном определении CBR реализуются испытания статической нагрузкой, а дорожные одежды воспринимают динамические циклические нагрузки, поэтому фактические напряжения в дорожных одеждах меньше, чем при лабораторных испытаниях, что дает некоторый запас прочности.

Методу структурных чисел присущи недостатки:

1) отсутствие расчетных значений $\sum c_p$, которые зависят от суммарного расчетного количества приложений расчетной нагрузки за срок службы;

2) как учесть модуль упругости грунта, хотя для грунтов с CBR от 15 до 40 % и от 7 до 15 % в [3] приводятся значения K_s , равные соответственно 0,031 и 0,024 см^{-1} .

Однако исследованиями [9] данные недостатки устранены путем установления корреляционной зависимости между показателями суммы структурных чисел и общего модуля упругости конструкции дорожной одежды (рис. 1).

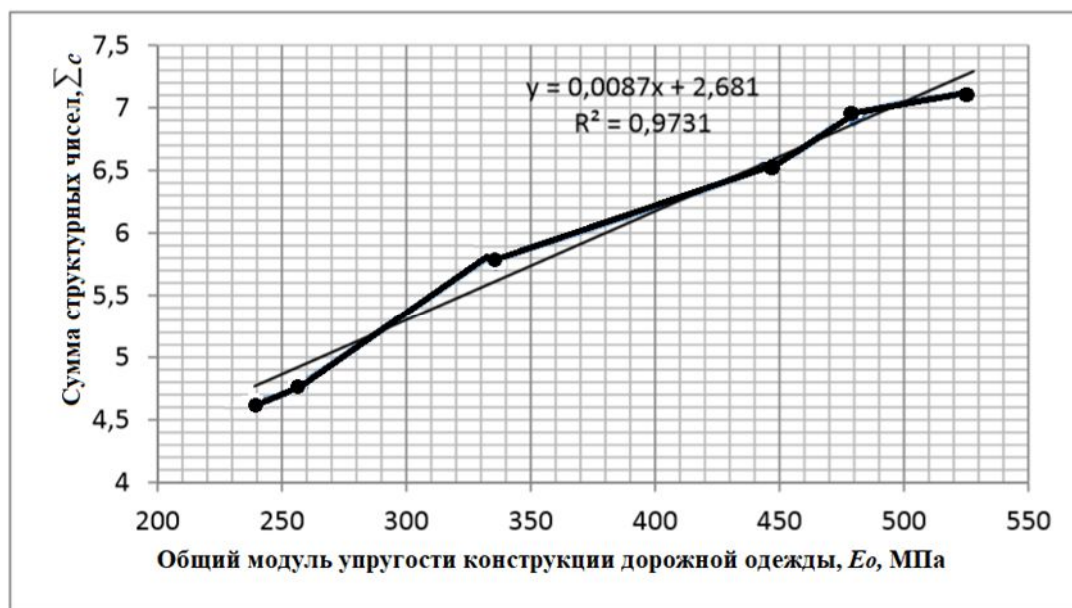


Рис. 1. Корреляционная зависимость между показателями суммы структурных чисел и общего модуля упругости конструкции дорожной одежды

Выводы. Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что расчет дорожной одежды по методу структурных чисел достаточно прост, не использует большого количества расчетных формул, хорошо сочетается с применяемым в нашей стране методом расчета без использования компьютерных программ. С учетом назревшей на современном этапе необходимости

изменения отечественного метода расчета дорожной одежды этот метод вполне жизнеспособен, удобен и может быть рекомендован для практического использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойков В.Н., Петренко Д.А., Люст С.Р., Скворцов А.В. Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог

IndorCAD/Road // Вестник ТГУ. 2003. № 280. С. 350–353.

2. Герцог В.Н., Долгих Г.В., Кузин Н.В. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальто-бетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 5(57). С. 45–57.

3. Wirtgen GmbH. Холодный ресайклинг Wirtgen. Технология холодного ресайклинга, 2012. 365 с.

4. Ушаков В.В. Дороги из цементобетона – наш выбор? // Дороги. Инновации в строительстве. 2018. №68. С. 90–95.

5. Gorshkova N.G., Zhuravlev A.S. Influence of traffic flow structure and its characteristics on calculation of pavement design // Advances in Engineering Research, volume 158. International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018). Pp. 474–477.

6. AASHTO / Guide for the Design of Pavement Structures. Washington, 1993. 624 с.

7. ОДН 218.046-01. Проектирование жестких дорожных одежд. Введ. в дейст. 01.01.2001. М.: Информавтодор, 2001. 143 с.

8. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Введ. в дейст. 01.07.2013. М.: Госстрой России, 2013. 137 с.

9. Бахрах Г.С. К конструированию дорожной одежды с регенерированным слоем по методу структурных чисел // Дороги и мосты. 2015. №2. С. 223–234.

10. Горшкова Н.Г., Журавлев А.С. Определение нагрузки от многоосного транспортного средства на дорожную одежду // Наука и техника в дорожной отрасли. 2019. №1. С. 22–24.

11. Heukelom W., Foster C.R. Dynamic Testing of Pavements // Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 86, No. SM1. 1960. Pp. 1–28.

12. Heukelom W., Klomp A.J.G. Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction. Proc., of 1st International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements. 1962.

13. Семенова Т.В., Долгих Г.В., Полугородник Б.Н. Применение Калифорнийского числа несущей способности и динамического конусного пенетromетра для оценки качества уплотнения грунтов // Вестник СибАДИ. 2014. №1. С. 59–66.

Информация об авторах

Горшкова Нина Георгиевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: nggor@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Александров Дмитрий Александрович, студент. E-mail: dm.alexandrov@list.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 18.03.2020

© Горшкова Н.Г., Александров Д.А., 2020

***Gorshkova N.G., Aleksandrov D.A.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

**E-mail: nggor@yandex.ru*

DESIGN AND CALCULATION OF ROAD SURFACE BY METHOD OF STRUCTURAL NUMBERS

Abstract. Road surface is one of the main components of highways, its condition ensures the safety and speed of traffic. Modern road surface is a complex engineering structure: it consists of layers of road construction materials laid in stages, which have various physical and mechanical properties. These properties are taken into account to ensure the safe movement of vehicles at any time of the year at the estimated speed, while preventing accidents and reducing traffic convenience. The method of structural numbers is one of the methods for calculating roadways. The possibility of its application for the design and calculation of road surface is analyzed. The article shows the possibility of using this rather simple method used in many countries, using a specific example. Since Russia is actively switching to the design of asphalt-concrete mixtures using the Superpave method, which improves the performance of road surfaces, this method has advantages in the design and calculation of road coverings, consisting in ease of use.

Keywords: method of structural numbers, construction of road clothing, methods for calculating structures of road clothing, structural layers.

REFERENCES

1. Bojkov V.N., Petrenko D.A., Lyust S.R., Skvorcov A.V. Automated road design system IndorCAD/Road. [Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya avtomobil'nyh dorog IndorCAD/Road]. Vestnik TGU. 2003. No. 280. Pp. 350–353. (rus)
2. Gercog V.N., Dolgih G.V., Kuzin N.V. Calculation of road surfaces based on evenness criteria. Part 1. Justification of asphalt concrete pavement evenness standards. [Raschet dorozhnyh odezhd po kriteriyam rovnosti. CHast' 1. Obosnovanie norm rovnosti asfal'tobetonnyh pokrytij]. Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2015. No. 5(57). Pp. 45–57. (rus)
3. Wirtgen GmbH. Cold Recycling Wirtgen Cold Recycling Technology, 2012. 365 p.
4. Ushakov V.V. Cement concrete roads-our choice? [Dorogi iz cementobetona – nash vybor?]. Dorogi. Innovacii v stroitel'stve. 2018. No.68. Pp. 90-95. (rus)
5. Gorshkova N. G., Zhuravlev A. S. Influence of traffic flow structure and its characteristics on calculation of pavement design. Advances in Engineering Research, volume 158. International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018). Pp. 474–477.
6. AASHTO. Guide for the Design of Pavement Structures. Washington, 1993. 624 p.
7. ODN 218.046-01. Design of non-rigid road clothing. [Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd]. Informavtodor, 2001. 143 p. (rus)
8. SP 34.13330.2012. Motor road. [Avtomobil'nye dorogi]. Gosstroj Rossii, 2013. 137 p. (rus)
9. Bahrah G.S. To the construction of road surface with regenerated layer using the method of structural numbers. [K konstruirovaniyu dorozhnoj odezhd s regenerirovannym sloem po metodu strukturnykh chisel]. Dorogi i mosty. 2015. No. 2. Pp. 223–234. (rus)
10. Gorshkova N.G., Zhuravlev A.S. Determining the load of a multi -axle vehicle on road clothing. [Opredelenie nagruzki ot mnogoosnogo transportnogo sredstva na dorozhnuyu odezhd]. Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli. 2019. No. 1. Pp. 22–24. (rus)
11. Heukelom W., Foster C.R. Dynamic Testing of Pavements. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 86, No. SM1. 1960. Pp. 1-28.
12. Heukelom W., Klomp A.J.G. Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction. Proc., of 1st International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements. 1962.
13. Semenova T.V., Dolgih G.V., Polugorodnik B.N. Application of the California load capacity number and dynamic cone penetrometer to assess the quality of soil compaction. [Primenenie Kalifornijskogo chisla nesushchej sposobnosti i dinamicheskogo konusnogo penetrometra dlya ocenki kachestva uplotneniya gruntov]. Vestnik SibADI. 2014. No. 1. Pp. 59–66. (rus)

Information about the authors

Gorshkova, Nina G. PhD, Assistant professor. E-mail: nggor@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Aleksandrov, Dmitry A. Bachelor student. E-mail: dm.alexandrov@list.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 18.03.2020

Для цитирования:

Горшкова Н.Г., Александров Д.А. Проектирование и расчет дорожной одежды методом структурных чисел // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 25–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-25-30

For citation:

Gorshkova N.G., Aleksandrov D.A. Design and calculation of road surface by method of structural numbers. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 25–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-25-30

DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43

¹Гущин С.В., ²*Семиненко А.С., ¹Shen C.¹Харбинский политехнический университет²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: seminenkoas@bstu.ru

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Необходимость обеспечения теплом, горячим водоснабжением, электроэнергией являются базовыми потребностями общества, и на протяжении всей истории человечества именно они формируют наибольший спрос на энергоресурсы. В современном мире потребление энергии всеми странами мира непрерывно увеличивается, порождая такие новые проблемы, как нехватка энергоресурсов, их удорожание, истощение источников энергоресурсов, экологические угрозы и другие. В связи с остротой проблемы экономии, рационального и эффективного использования энергетических ресурсов, а также огромными потерями энергии в строительной отрасли, в данной статье рассматривается мировой опыт применения энергосберегающих технологий и использование других мер по повышению энергоэффективности, проанализировано состояние современной ситуации в области энергосбережения в России. Рассмотрены предпосылки к изучению проблемы энергоэффективности, проанализировано состояние сферы энергопотребления и энергосбережения в Китае, США, некоторых стран Евросоюза и РФ, рассмотрен мировой опыт применения способов повышения уровня энергоэффективности на государственном уровне. Затронуты проблемы и исторические предпосылки, сдерживающие развитие России в сфере энергосбережения, на основе анализа мирового опыта, выдвинуты конкретные предложения для повышения уровня эффективности использования энергоресурсов в России.

Ключевые слова: энергопотребление, энергосбережение, энергоэффективность, энергосберегающие технологии, энергоэффективное строительство, зеленое строительство, энергетическая стратегия

Введение. Энергетические ресурсы являются неотъемлемой частью жизнедеятельности людей. Человек всегда находится в тесном контакте с энергоресурсами, которые, в свою очередь, оказывают большое влияние на стабильность функционирования общества [1]. В настоящее время, энергия стала одним из ключевых ресурсов поддержания и стимулирования развития социума. Использование энергии в прошлом характеризовалось низкой эффективностью, большими потерями энергии и отсутствием внимания к воздействию на окружающую среду. Сейчас, все больше стран стало уделять должное внимание созданию собственной энергетической стратегии, целью которой должны являться обеспечение энергоресурсами конечных потребителей, то есть население страны, и поддержание стабильности их поставки, что, кроме того, будет способствовать защите государственной энергетической безопасности [2].

Однако, все исходные проблемы энергоэффективности и энергосбережения актуальны до сих пор. Сфера строительства в мире, в течение всего жизненного цикла от производства строительных материалов до завершения строительства, включая эксплуатацию здания, потребляет около 50 % всей мировой энергии, 42 % всех водных ресурсов, 50 % всех производимых материалов, а также провоцирует 24 % мирового загрязнения воздуха, 50 % парникового эффекта, 40 %

загрязнения воды, кроме того строительная отрасль порождает около 20 % всех твердых отходов мира [3].

Проблема энергосбережения и энергосберегающие здания, в частности, стали объектом пристального внимания после мирового энергетического кризиса 1974 года. Так, во время кризиса, на Международной энергетической конференции ООН, специалисты выступили с докладом о низкой эффективности использования ресурсов в области строительства, подчеркнув то, что сфера строительства зданий обладает наибольшим потенциалом для экономии ресурсов [4]. После чего, исследование и создание новых энергосберегающих технологий для строительства энергосберегающих зданий стали новым направлением исследований в строительстве. На той же конференции была выдвинута основная концепция сбережения энергии: путем применения экономически обоснованных, экологически и социально приемлемых технических решений, более эффективно использовать энергетические ресурсы. С тех пор начались активные исследования в области энергосбережения, а первые экспериментальные энергосберегающие здания были построены в Европе после окончания кризиса [5].

В настоящее время потребление энергии в мире постоянно увеличивается, и проблема ухудшения состояния окружающей среды стала более

серьезной. По данным [6] мирового рейтинга выбросов углекислого газа в 2018 году, наибольшее количество выбросов производят Китай (9467 млн. тонн CO₂), Соединенные Штаты Америки (5118 млн. тонн CO₂), Индия (2277 млн. тонн CO₂), Россия (1755 млн. тонн CO₂) и Германия (733 млн. тонн CO₂). Энергосберегающие здания напрямую влияют на количество вредных выбросов: чем ниже энергопотребление, тем меньше вредных выбросов в атмосферу и тем более благоприятные экологические условия для общества. В настоящее время, строительство энергоэффективных зданий стало одним из способов улучшения состояния окружающей среды в мире. Поэтому сейчас все мировые державы уделяют все больше внимания энергосберегающим технологиям и строительству энергосберегающих зданий.

Таким образом, задачей этой статьи является анализ мирового современного состояния сферы энергосбережения, изучение преимуществ и недостатков используемых в России, Китае, США и странах Евросоюза энергосберегающих технологий и других мер по повышению энергоэффективности, а также выдвижение предложений по повышению уровня энергоэффективности в Российской Федерации.

Методика. При проведении исследования проведен обзор научно-технической информации, включающей в себя китайско-, англо- и русскоязычные книги, публикации и электронные ресурсы. Анализировались показатели сданных в эксплуатацию и уже использующихся энергоэффективных зданий Китая, Европы, США и России, а также энергосберегающие технологии и другие методы повышения энергоэффективности в таких странах, как США, Китай, Россия и страны Евросоюза.

Основная часть статьи состоит из трех основных разделов, в каждом из которых отдельно описывается и анализируется состояние энергопотребления, уровень эффективности использования энергоресурсов, применяемые законы и нормативные документы в области энергосбережения, а также использующиеся способы повышения энергоэффективности для следующих территорий: Китай, США и страны Евросоюза, Россия.

Анализ эффективности энергосбережения и методов повышения уровня эффективности использования энергоресурсов в Китае. В настоящее время, Китай является страной с самым высоким потреблением энергоресурсов в мире, одновременно, страной с самым быстрым ростом количества потребляемой энергии. Так, например, согласно «Среднесрочному плану по энергосбережению», принятому КНР в 2004 году, на период до 2010 года ставилась цель увеличения энергопотребления до 2,4 млрд. тонн условного топлива, а целью до 2020 года являлось энергопотребление 3 млрд. тонн условного топлива. Однако, уже в 2010 году энергопотребление превысило 3,25 млрд. тонн условного топлива, что подтверждает очень быстрый и неуклонный рост энергопотребления в Китае [7].

Китай имеет около 13% мировых запасов угля, а разведанные запасы природного газа и нефти, наоборот, относительно невелики, что делает экономически выгодным и оправданным использование в качестве основного вида топлива именно, создающий в Китае массу экологических проблем, уголь. Но, следует отметить, что Китай в последние годы придает большое значение использованию чистой энергии. На основании данных бюро статистики КНР, на рисунке 1 представлена структура производства энергии в Китае 2010 года и 2018 года, соответственно.

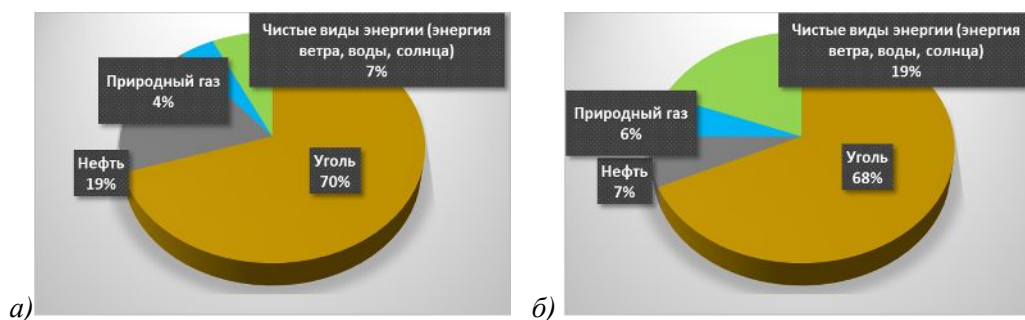


Рис. 1. Структура производства энергии КНР: а) 2010 год; б) 2018 год

Видно, что в 2010 году большую часть энергетического комплекса Китая занимают такие традиционные энергоресурсы, как нефть и каменный уголь, а более чистые энергоресурсы занимают незначительную часть – суммарно всего около десятой части от общего количества [8].

Однако, в действиях правительства Китая прослеживается четкая тенденция на разработку и увеличение использования более чистых энергоресурсов. Так, к 2018 году в общей структуре производства энергии уже значимую долю заняли чистые и возобновляемые энергетические

ресурсы. По сравнению с 2010 годом доля природного газа увеличилась в полтора раза (на 2 %) и достигла 6 % от общих показателей, доля нефти снизилась более чем в 2 раза до 7 %, а производство чистой энергии более чем удвоилось до 19 % от общего объема производства энергии. Все это показывает, что была проделана огромная работа в области энергетики, что положительно

сказывается на энергосбережении и в строительной сфере, поскольку часть вырабатываемых чистых энергоресурсов используется именно в строительном секторе. На основании данных Статистического Ежегодника мировой энергетики [6] в таблице 1 представлена более подробная структура использования энергоресурсов в 2017 году некоторыми странами, в том числе Китаем.

Таблица 1

Международный рейтинг и структура потребления первичной энергии 2017 г.

Страна или территория	Общее потребление первичной энергии, млн. тнэ	Доля потребления энергии, %					
		нефть	газ	уголь	атомная энергетика	гидроэнергетика	возоб. источники
Китай	3132.2	19.4	6.6	60.4	1.8	8.3	3.4
США	2234.9	40.9	28.4	14.9	8.6	3.0	4.2
ЕС	1689	38.2	23.8	13.9	11.1	4.0	9.0
Индия	753.7	29.5	6.2	56.3	1.1	4.1	2.9
Россия	698.3	21.9	52.3	13.2	6.6	5.9	0.0
Канада	348.7	31.1	28.5	5.3	6.3	25.8	3.0
Германия	335.1	35.8	23.1	21.3	1.4	1.3	13.4

Из таблицы 1 видно, что Китай больше других стран использует уголь и, сравнительно, мало использует природный газ и атомную энергетику. В то же время, использование возобновляемых источников энергии вполне сравнимо с мировыми показателями. Кроме того, естественно, что страна с самым большим энергопотреблением в мире обладает самым большим потенциалом к энергосбережению. Китай имеет хорошую возможность использовать альтернативные источники энергии, активно применяя энергию ветра на севере и собирая солнечную энергию на юге. КНР также обладает ресурсами для использования геотермальной энергии и гидроэнергетики. Использование альтернативной энергетики также способствует позитивному развитию китайской экономики. Страна активно ищет способы получения дополнительной энергии и одновременно снижает уровень загрязнения окружающей среды. Для этой цели идеален способ разработки и использования альтернативных источников энергии.

Одним из методов стимулирования и контроля применения энергосберегающих технологий в строительстве является создание соответствующих строительных норм. К настоящему времени Китай создал достаточное количество собственных строительных нормативов. Они делятся на стандарты для проектирования, реконструкции, строительства и оценки зданий. Кроме того, они также классифицируются по типу здания – общественные, жилые, промышленные здания. Существуют отдельные стандарты для каждой климатической зоны. Китайские нормативы

для оценки разделяют здания на энергосберегающие и «зеленые». В соответствии с китайскими нормативными документами, энергоэффективные здания должны превосходить национальные стандарты строительства для традиционных зданий, а «зеленые» здания, кроме этого, должны экономить ресурсы, уменьшать загрязнение окружающей среды и обеспечивать повышенное качество воздушной среды здания для создания благоприятного воздействия на работоспособность и здоровье людей. Кроме того, энергосберегающие и «зеленые» здания должны удовлетворять и не противоречить другим принятым национальным стандартам.

Так, например, наиболее новым нормативом, используемым для оценки новых строящихся и существующих жилых и общественных энергоэффективных зданий, является «GB-T 50668-2011 Стандарт оценки энергоэффективных зданий». Система оценки показателей энергосберегающего здания включает в себя шесть разделов: архитектурное планирование, ограждающие конструкции, системы ОВК, водоснабжение и водоотведение, электричество и освещение, внутренняя среда. Кроме того, существует два вида оценки здания: на стадии проектирования – предварительная оценка, после завершения строительства – строительная оценка. При строительной оценке добавляется седьмой раздел – оценка управлением хозяйственной деятельностью. Итогом проведения оценки является получение одного из трех уровней энергоэффективности, среди которых А – самый низкий, а ААА – самый высокий.

Наиболее новым нормативом, используемым для оценки гражданских «зеленых» зданий, является «GB-T 50378-2019 Стандарт оценки зеленых зданий», который является переизданным изданием аналогичного норматива 2014 года с повышением требований. Система индексов оценки «зеленых» зданий включает пять типов показателей: безопасность и долговечность, здоровье и комфорт, удобство проживания, уровень ресурсосбережения и комфортность окружающей среды. Каждый показатель имеет обязательные и дополнительные требования для получения баллов. При удовлетворении обязательным требованиям каждого показателя, зданию присваивается начальный класс энергосбережения. Затем, при условии удовлетворения

дополнительным требованиям, и наборе зданием более 60, 75, 80 из 100 возможных баллов, зданию, соответственно, присваивается одна, две или три звезды, где три звезды – наивысший уровень. Оценка «зеленого» здания также бывает предварительной и строительной.

Главной особенностью строительной оценки и энергосберегающего, и «зеленого» здания в Китае является допущение ее проведения только спустя минимум 1 год после введения здания в эксплуатацию. Результатом проведения строительной оценки является выдача сертификата полученного уровня. Примеры китайского сертификата «зеленого» здания представлены на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид китайского сертификата «зеленого» здания

Применение же конкретных энергоэффективных технологий в Китае при строительстве здания начинается с принятия проектных решений. Наиболее часто применяемые энергоэффективные технологии Китая представлены в таблице 2. Так, считается, что этап проектирования может быть даже более важным, чем сам процесс строительства, поскольку ошибки или недостатки, допущенные в процессе проектирования, будет трудно или вовсе невозможно исправить после завершения строительства [9]. Вместе с проектными решениями к пассивным энергосберегающим технологиям относится усиление теплоизоляционной защиты здания, сутью которой является использование строительных, теплоизоляционных материалов с низким показателем теплопроводности. Для достижения максимального эффекта теплоизоляции здания рекомендуется также использовать современные энергоэффективные двери и стеклопакеты. Активные энергосберегающие технологии в основном связаны с повышением показателей основных узлов

систем теплоснабжения и отопления, а также использованием систем рекуперации, систем сбора и повторного использования дождевой воды, систем энергоэффективного освещения, включающее LED освещение и датчики движения. Кроме того, большое практическое значение имеет использование интеллектуальной системы контроля за зданием, которая позволяет контролировать и управлять всеми инженерными технологиями в здании, а также помогает анализировать собранные данные. К новым технологиям энергосбережения можно отнести использование солнечной энергии, посредством установки солнечных батарей и коллекторов, с целью получения тепла или холода, выработки электричества. Для выработки электрической энергии также возможно использование энергии ветра, посредством сбора ее путем установки как малых, так и больших ветряков. Достаточно широкое применение в Китае нашла технология «теплового насоса», применяемая для получения тепловой энергии из низкопотенциальных источников

энергии. В настоящее время, в Китае наибольшее распространение получили тепловые насосы

двух типов, подразделяемые в зависимости от используемой среды: типа вода-вода и типа воздух-земля [10].

Таблица 2

Энергоэффективные технологии, применяемые в Китае

Традиционные технологии		Новые технологии
Пассивные технологии	Активные технологии	
– Проектные решения: выбор местоположения, концепция самого здания, ориентация здания, форма здания, планировка здания, использование естественного освещения, использование естественной вентиляции, подбор энергоэффективных материалов, выбор основного источника энергии и вспомогательного; – Усиление теплоизоляционной защиты здания: использование энергосберегающих строительных материалов с улучшенными характеристиками, включая использование энергосберегающих дверей и окон.	– Система теплоснабжения - повышение эффективности передачи энергии и снижение потерь тепла; – Система охлаждения - выбор агрегатов с более высоким COP и IPLV; – Система рекуперации; – Система повторного использования дождевой воды; – Система освещения с использованием LED освещения и датчиков движения; – Интеллектуальная система контроля - используется для мониторинга, управления, сбора и анализа данных обо всех инженерных системах зданий.	– Использование солнечной энергии; – Использование энергии ветра; – Использование геотермальной энергии (включая технологию «теплового насоса»).

Таким образом, Китай является ярким примером того, как при активном развитии экономики, за короткий срок можно достигнуть серьезных успехов и в области энергосбережения.

Анализ эффективности энергосбережения и методов повышения уровня эффективности использования энергоресурсов в США и Европе. Страны Европы и Соединенные Штаты Америки первые в мире начали уделять особое внимание проблеме энергосбережения, поэтому, на сегодняшний день, западные страны считаются наиболее передовыми и развитыми в

области разработки и применения мер по повышению уровня энергоэффективности. Это находит подтверждение и в мировом рейтинге стран по энергоэффективности, опубликованному в конце 2018 года Американским советом по энергоэффективной экономике (ACEEE) [11]. Общий рейтинг стран по энергоэффективности 2018 года представлен в таблице 3. Большинство лидирующих позиций в рейтинге занимают именно страны Европы, США заняли 10 место.

Таблица 3

Мировой рейтинг энергоэффективности стран, 2018 год

Страна	Балл	№	Страна	Балл	№	Страна	Балл	№
Германия	75.5	1	США	55.5	10	Россия	34.5	21
Италия	75.5	1	Мексика	54	12	Тайланд	29	22
Франция	73.5	3	Ю. Корея	52.5	13	ЮАР	23.5	23
Великобритания	73	4	Польша	51	14	ОАЭ	18	24
Япония	67	5	Индия	50.5	15	Саудовская Аравия	16.5	25
Испания	65.5	6	Турция	50	16			
Нидерланды	65	7	Индонезия	45	17			
Китай	59.5	8	Австралия	40.5	18			
Тайвань	57	9	Украина	38	19			
Канада	55.5	10	Бразилия	36.5	20			

В странах Европы и США также большое распространение получили не просто энергоэффективные здания, а «зеленые здания», которые по западным нормам отличаются повышенными требованиями по безопасности и негативного воздействия на окружающую среду, должны спо-

собствовать улучшению комфорта жизни человека, а также учитывать интересы будущих поколений [12]. Западные страны первые в мире создали строительные нормы для «зеленых» зданий. Карта наиболее известных мировых норм для оценки «зеленых» зданий представлена на рис. 3



Рис. 3. Карта мировых норм оценки «зеленых» зданий

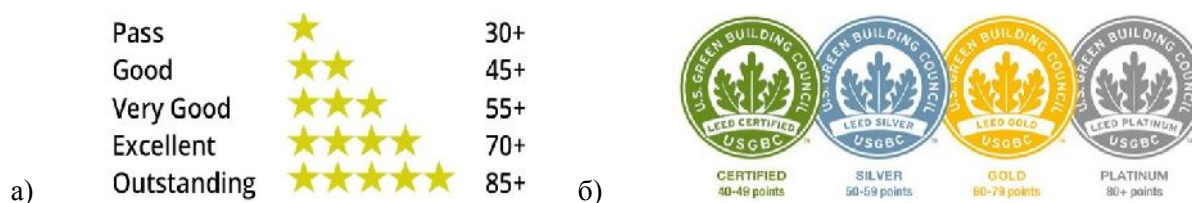


Рис. 4. Уровни энергосбережения систем: а) BREEAM; б) LEED

В Европе и Соединенных Штатах были сделаны следующие выводы: основным элементом потерь энергии является необоснованное потребление энергии зданиями. Именно в зданиях возможна унификация энергосберегающих технологий. Для достижения этой цели в Европе и Соединенных Штатах основная роль заключается не в исследовании и создании новых технологий, а в создании строгого законодательства, системы стандартизации и мониторинга результатов [15]. Кроме того, на Западе, в отдельном штате или городе могут существовать свои собственные дополнительные программы развития и стимулирования использования энергосберегающих технологий. Например, в США 27 штатов имеют свои собственные климатические планы, 839 городов США подписали соглашение мэров по защите климата и приняли план по сокращению выбросов углекислого газа на 50 % к 2030 году [16]. В Европе требования к зданиям продолжают расти, принимаются новые и более строгие законодательные меры, включая запрет на строительство зданий с высоким потреблением энергии. Отметим, что большой успех энергосбережения в Европе связан с нехваткой собственных энергоресурсов и высокой ценой на коммунальные услуги, что заставляет экономить энергоресурсы. Кроме того, страны Европы и США вложили

много денег в изучение мер по энергосбережению. Таким образом, западные страны уже накопили большой опыт и знания в сфере энергосбережения, большинство энергосберегающих технологий созданы в Европе и США, поэтому будет логичным ориентироваться на их опыт.

Кроме создания и исполнения строго законодательства, на западе существует и поощрительный метод стимулирования энергосбережения [17]. Хорошим примером является опыт Германии в повышении энергоэффективности в жилищном строительстве. Германия ежегодно выделяет субсидии на реконструкцию зданий с использованием энергосберегающих технологий. Для домовладельцев, которые планируют отремонтировать свои дома для улучшения своих тепловых характеристик, предусматривается снижение налоговой нагрузки на 20 %, выдача банковских кредитов с более низкими процентными ставками. Другие страны имеют аналогичные механизмы. Например, в Швейцарии инвесторы, которые вкладывают средства в строительство зданий с низким энергопотреблением, могут получить правительственный грант в размере 50 000 евро. Во Франции все жильцы домов, сданных до 1977 года, решившие утеплить здание, могут получить скидку и снижение налоговой ставки на 40 %. На рис. 5 представлен график

изменения структуры мощностей энергосистемы Европы с 2004 по 2015 год (по данным аналитического центра компании «Газпром Энергохолдинг») [18]. Увеличение использования альтернативных источников энергии в структуре европейской энергетической системы подтверждает высокую эффективность политики, способствующей использованию энергосберегающих технологий.

В Соединенных Штатах правительство также активно поддерживает программы энергосбережения. Каждый год правительство США инвестирует в финансирование программ энерго-

сбережения, реализуемых Министерством энергетики США и Агентством по охране окружающей среды. Например, в Соединенных Штатах существует программа помощи для поддержки малообеспеченных семей в экономии энергии. Суть, которой заключается в том, что государственные производители ремонтных работ заменяют отопительное и вентиляционное оборудование для семей с низкими доходами по ценам гораздо ниже рыночных. Годовое финансирование этой программы превышает 300 миллионов долларов США. С 1976 года, в рамках реализации данной программы, 7 миллионов семей с низкими доходами получили помощь.

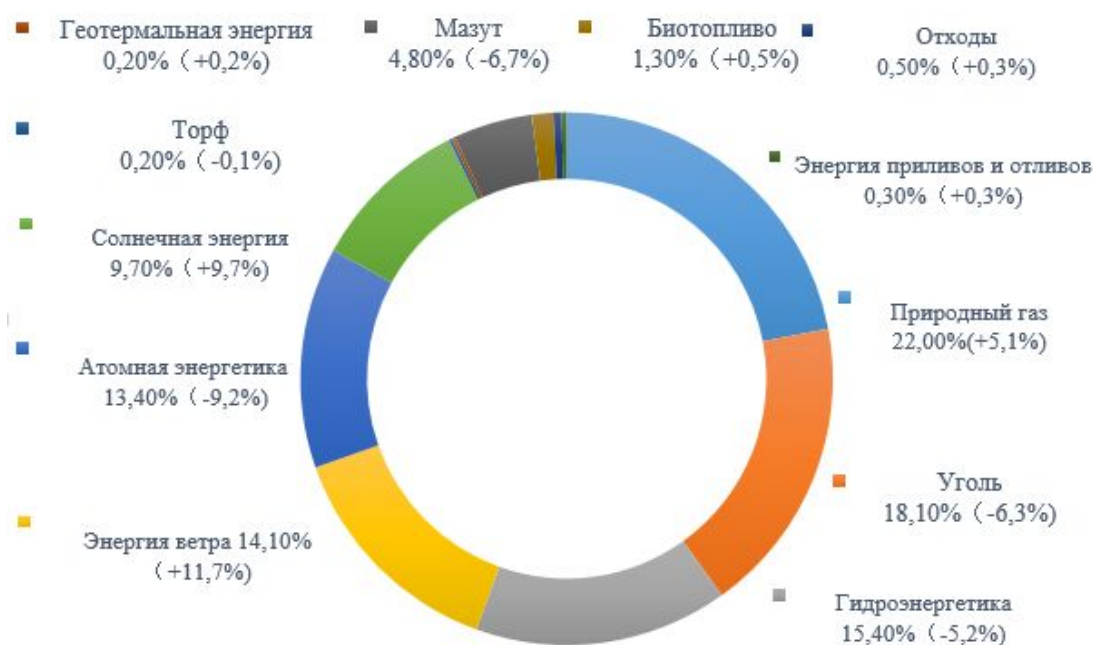


Рис. 5. Изменение структуры энергосистемы Европы с 2004 по 2015 год

В целях повышения энергоэффективности, развития возобновляемых источников энергии и обеспечения надежного энергоснабжения каждый штат в Соединенных Штатах имеет свою собственную государственную энергетическую программу, а на протяжении уже более 30 лет штаты США совместно финансируют энергетические программы и налаживают сотрудничество с правительством и социальным капиталом. Кроме того, Министерство энергетики США предоставляет дополнительные средства штатам для поддержки лучших энергосберегающих проектов на конкурсной основе. В некоторых штатах домовладелец может получить ссуду под низкий процент для повышения энергоэффективности своего дома.

Таким образом, бурное развитие энергосберегающих технологий в Европе и Америке во многом обусловлено решительной поддержкой государства. Даже когда первоначальные эконо-

мические показатели (исключая механизмы поддержки) более чем на 50 % хуже, чем у традиционных технологий, государственная поддержка может сделать использование энергосберегающих технологий более привлекательным.

Анализ эффективности энергосбережения и методов повышения уровня эффективности использования энергоресурсов в России. Российская Федерация также является одной из стран с самым высоким энергопотреблением в мире. По данным Статистического ежегодника мировой энергетики [6] в 2018 году Россия заняла четвертое место в мире с потреблением 800 млн. тнэ. за год. Карта мирового потребления энергии представлена на рис. 6. Кроме того, большинство зданий, сегодня находящихся в эксплуатации в России, являются объектами с низким уровнем энергоэффективности [19]. Таким образом, проблема энергосбережения является очень актуальной для Российской Федерации.

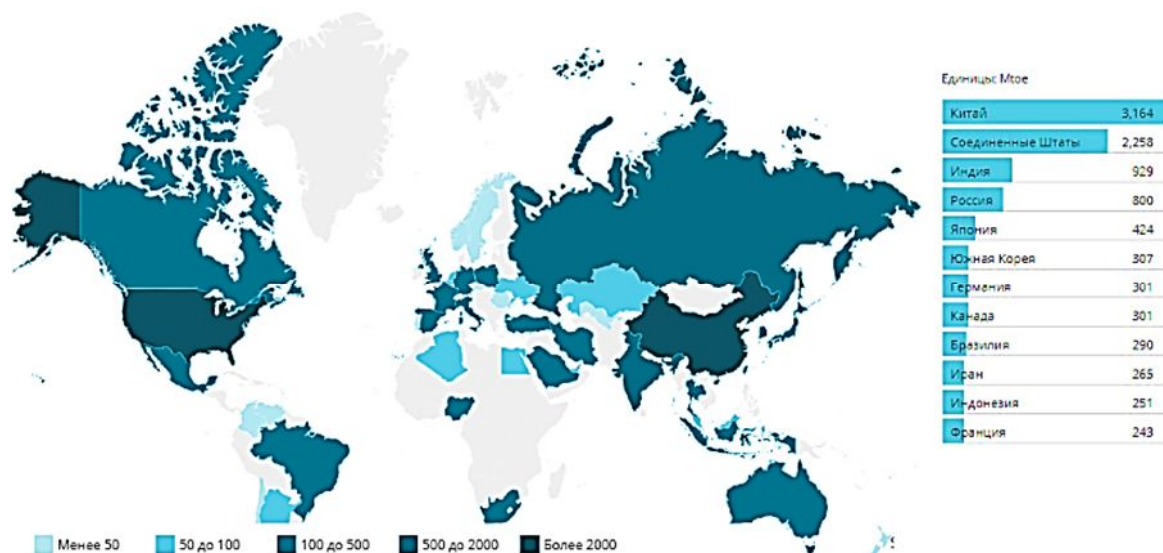


Рис. 6. Мировая карта потребления энергии

Хотя энергосберегающие технологии становятся все более популярными и развитыми во всем мире, в России они до сих пор не получают должного внимания [20]. Относительно энергоэффективных зданий, в настоящее время, в России используется следующая классификация: рейтинг энергоэффективности здания представлен латинскими буквами A++, A+, A, B+, B, C+, C, C-, D, E, где «A++» представляет наивысший

рейтинг, «C» обозначает обычный уровень, а «E» выражает низший уровень (таблица 4). Эта классификация впервые была опубликована в «СНиП 23-02-2003», переиздана с доработками в «СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий» и является наиболее используемой. Кроме того, именно эта классификация используется в настоящее время при получении энергетического паспорта здания в РФ.

Таблица 4

Классификация энергоэффективных зданий РФ

Класс	Название	Разница %	Примечание
Для новых и реконструированных зданий			
A++	Высочайший	≤-60	Экономическое стимулирование
A+	Высочайший	-50/-60	
A	Оч. высокий	-40/-50	
B+	Высокий	-30/-40	Мероприятия не разрабатываются
B	Высокий	-15/-30	
C+	Нормальный	-5/-15	
C	Нормальный	+5/-5	
C-	Нормальный	-15/+5	
При эксплуатации существующих зданий			
D	Низкий	+15,1/+50	Реконструкция при экономическом обосновании
E	Оч. низкий	≥ +50	Реконструкция при экономическом обосновании или снос

Следует отметить, что в 2011 году в России была создана новая «Рейтинговая система для оценки устойчивости среды обитания СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011». Требования рейтинговой системы направлены на сокращение потребления энергетических ресурсов, использование нетрадиционных, возобновляемых и вторичных энергетических ресурсов, рационального водопользования, снижение вредных воздействий на окружающую среду в процессе строительства и эксплуатации здания, включая придомовую территорию, при обеспечении комфортной среды оби-

тания человека и адекватной экономической рентабельности архитектурных, конструктивных и инженерных решений [21]. Стандарт ввел концепцию «экологической устойчивости», которая имеет то же значение, что и концепция «sustainability in building», принятая международными стандартами (ISO). Устойчивость среды обитания в этой системе оценивается набором из десяти основных категорий (табл. 5). Каждая категория представлена группой требований, определяющих суммарное количество баллов за каждую категорию. В зависимости от суммарного балла за все категории присваивается уровень

энергосбережения, соответственно: А – 520...650; В – 420...519; С – 340...419; D – 260...339; E – 170...259; F – 100...169; G – 0...99. В целом же норматив разработан, опираясь на опыт стандартов оценки «зеленых» зданий в западных странах и является хорошим примером

грамотного использования зарубежного опыта. Однако, обязательное применение именно данной системы оценки, до сих пор, не имеет законодательного подтверждения в России.

Таблица 5

Категории оценки устойчивой среды обитания

№	Категория	Балл	Долевая нагрузка %
1	Комфорт и качество внешней среды	70	10.8
2	Качество архитектуры и планировки объекта	60	9.2
3	Комфорт и экология внутренней среды	86	13.3
4	Качество санитарной защиты и утилизации отходов	25	3.9
5	Рациональное водопользование	40	6.1
6	Энергосбережение и энергоэффективность	120	18.5
7	Применение альтернативной и возобновляемой энергии	60	9.2
8	Экология создания, эксплуатации и утилизации объекта	64	9.8
9	Экономическая эффективность	65	10
10	Качество подготовки и управления проектом	60	9.2

Несмотря на то, что энергоэффективное строительство в России все еще находится на экспериментальном уровне, есть и определенные успехи. Так, по данным Фонда содействия рефор-

мированию ЖКХ, к 2019 году в 37 регионах России с использованием энергосберегающих технологий было построено 154 энергоэффективных многоквартирных дома (рис. 7) [22].



Рис.7. Карта энергоэффективных многоквартирных домов РФ

Данные дома построены в рамках реализации Федерального Закона №185 от 21.07.2007, сутью которого является создание и государственное финансирование Фонда содействия реформированию ЖКХ, который в свою очередь при строительстве новых и реконструкции старых жилых домов будет внедрять энергосберегающие технологии.

Карта энергоэффективных домов на рисунке 7 включает только дома, построенные при поддержке Фонда содействия реформированию ЖКХ, и не включает никакие другие: частные

дома, общественные здания, принадлежащие частным организациям и т.д. В России не существует законодательной базы, регламентирующей необходимость открытой публикации информации, связанной с энергоэффективными зданиями. В связи с этим, информации об энергосберегающих зданиях в РФ критически мало, что осложняет изучение проблем и перспектив сферы энергосбережения в России. У России нет большого опыта практического применения энергосберегающих технологий, поэтому ис-

пользование мер повышения энергоэффективности в нашей стране, в большей степени, ограничивается перенятием, сравнительно простых и уже получивших достаточно широкое применение на западе, технологий.

Кроме того, стоит отметить, что работа в сфере энергосбережения в России ведется хаотично, спонтанно и непродуманно, сохраняется острый недостаток грамотной законодательной базы на государственном уровне. Так, например, наиболее важные статьи Федерального закона №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» от 23.11.2009, были аннулированы и утратили свою силу к 2014 году. Государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики», принятая в 2018 и рассчитанная до 2024 года, не имеет прямого отношения к энергоэффективным технологиям, а в большей степени затрагивает вопросы транспортировки нефтепродуктов, газа и электроэнергии. Национальный проект «Экология» от 2018 года также не затрагивает напрямую проблемы энергосбережения, а главным образом курирует вопрос снижения вредных выбросов в атмосферу путем эффективного обращения с мусором, ликвидируя несанкционированные свалки.

Таким образом, в сфере энергосбережения и повышения уровня энергоэффективности России сохраняется достаточно большое количество, мешающих развитию, препятствий. Это слабая развитость законодательной базы; отсутствие системы жесткого контроля за соблюдением, успевших уже устареть, строительных норм; относительно низкие требования, заложенные в строительных нормативах; относительно высокая цена на использование энергосберегающих технологий; отсутствие системы мотивации повышения энергоэффективности и энергосбережения и др. Возможно, слабое внимание вопросам энергосбережения вызвано недостатком времени нашей стране для наработки собственного опыта в данной сфере. Так, после распада СССР и до 2000-х годов в нашей стране была тяжелая политическая ситуация, затем, до 2010-х годов, условно, наша страна была занята восстановлением экономики. Кроме того, наличие большого количества разведенных запасов традиционных полезных ископаемых также не стимулирует развитие энергосбережения в России. И все же, в последнее десятилетие в России стали появляться, пусть небольшие, но собственные и долгожданные успехи в области энергосбережения. Кроме того, не стоит забывать, что энергосберегающие технологии не могут напрямую показать экономические выгоды, но они имеют значительные социальные и экологические преимущества.

Выводы. Таким образом, к настоящему времени, с целью стимулирования и поддержания повышения уровня эффективности использования энергоресурсов в России, на основе изложенного выше мирового опыта и базовых принципов энергосбережения, можно сформулировать следующие предложения:

Разработать новую, простую и понятную, отвечающую современным требованиям, государственную программу по энергосбережению и повышению энергоэффективности, включающую в себя конкретные задачи, постановку требований по применению энергосберегающих технологий, в том числе в строительстве, обозначающую четкие целевые показатели энергосбережения для каждого региона страны. Обеспечить выполнение программы в каждом субъекте Российской Федерации, путем создания жесткой системы контроля и ответственности за выполнение и соблюдение всех ее требований. Назначить ответственных в каждом регионе за реализацию всей программы в целом, а также ее отдельных разделов.

Создать новые или пересмотреть существующие строительных нормативы, с учетом типа здания и различных климатических зон, с жестким повышением (по сравнению с существующим уровнем) требований к характеристикам строительных конструкций, общему потреблению энергии зданием и уровню энергоэффективности. Обеспечить на законодательном уровне строгий контроль за соблюдением требований новых стандартов при реальном проектировании и строительстве. Создать систему наказаний за нарушение требований строительных норм. Обеспечить на законодательном уровне пересмотр требований нормативов и их переиздание с определенной периодичностью. С целью реализации данных мероприятий логичным будет создание государственной рабочей группы – комиссии, состоящей из российских ученых, действующих инженеров и проектировщиков, работающих в сфере строительства и ЖКХ.

Ввести запрет на строительство зданий с высоким энергопотреблением по причине низкого уровня энергоэффективности. Ввести на законодательном уровне необходимость получения энергетического паспорта с уровнем энергосбережения не ниже среднего для новых строящихся зданий. Кроме того, на законодательном уровне провести переход от стратегии наименьших материальных затрат на строительство здания к стратегии расчета стоимости всего жизненного цикла здания, включая его эксплуатацию и снос.

Кроме создания жесткой законодательной системы контроля повышения уровня энергоэф-

фektivности, создать систему поощрения, с целью стимулирования использования энергосберегающих технологий как физическими, так и юридическими лицами. Предлагается: обеспечить государственное субсидирование и пониженную кредитную ставку на покупку энергосберегающего оборудования и материалов; произвести снижение налоговой ставки для компаний и физических лиц, самостоятельно повышающих уровень энергосбережения собственных объектов недвижимости; ввести повышенный налоговый вычет за покупку энергосберегающих материалов и оборудования, после применения которых результатом явилось действительное снижение расхода энергии; снижение ставки НДС или освобождение от налогообложения средства, используемые на повышение энергоэффективности жилого фонда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гайдарь Н.С. Проблемы энергоэффективного строительства в РФ. Электронный научно-практический журнал «Молодежный научный вестник». 2018. №8.
2. Коршунова Л.А. Кузьмина Н.Г. Кузьмина Е.В. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности в России // Известия Томского политехнического университета. 2013. №6. С. 22-25.
3. 张建云. 绿色建筑节能设计技术途径探析 // 散装水泥, 2019, 201(04): 13-16.
4. Schleich J. Energy efficient technology adoption in low-income households in the European Union – What is the evidence? Energy Policy. 2019 No. 125. Pp. 196-206.
5. 袁闪闪, 徐伟, 汤亚军. 欧盟建筑节能标准及发展趋势研究 // 暖通空调, 2015, 45(10): 55-59.
6. Word Energy Consumption Statistics [Электронный ресурс] Систем. требования: Internet Explorer. URL: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (дата обращения: 27.04.2020)
7. 统计局: 我国去年能源消费量达32.5亿吨标煤 // 中国石油和化工, 2011, 78(3): 78.
8. 崔民选. 中国能源发展报告(2010) // 社会科学文献出版社, 2010.
9. 宫晓洁. 绿色建筑设计理念在工业建筑设计中的体现 // 建材与装饰, 2018, (6): 128.
10. 洪宸. 可再生能源在建筑设计中的利用 // 技术与市场, 2015 (9): 147-148.
11. Castro-Alvarez F., Vaidyanathan S., Bastian H. and King J. The 2018 International Energy Efficiency Scorecard [Электронный ресурс] Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: www2.aceee.org/1/310911/2018-06-25/2v164b (дата обращения: 27.04.2020)
12. Muhammad Shahzad Aslam, Beijia Huang, Lifeng Cui. Review of construction and demolition waste management in China and USA. Journal of Environmental Management Volume. 2020. №264.
13. Ozge S. Analyzing the compliance and correlation of LEED and BREEAM by conducting a criteria-based comparative analysis and evaluating dual-certified projects. Building and Environment, 2019, №147. Pp. 158-170.
14. Official website of German Sustainable Building Council. [Электронный ресурс] Систем. требования: Internet Explorer. URL: <https://www.dgnb.de/en>. (дата обращения: 27.04.2020)
15. Amro M., Hind M., David A. Blind spots in energy transition policy: Case studies from Germany and USA. Energy Reports. 2019. No. 5. Pp. 20-28.
16. Fernando deLlano-Paz, Anxo Calvo-Silvosa, Susana Iglesias Antelo. The European low-carbon mix for 2030: The role of renewable energy sources in an environmentally and socially efficient approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. No. 48. Pp. 49-61.
17. Joachim Schleich. Energy efficient technology adoption in low-income households in the European Union – What is the evidence? Energy Policy. 2019. No. 125. Pp. 196-206.
18. Шеина С.Г., Пирожникова А.П. Тенденции развития альтернативной энергетики в странах мира и России. Инженерный вестник Дона, 2016, №3. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3720> (дата обращения: 27.04.2020)
19. Гушин С.В., Куроптев А.С. Концепция энергоэффективного многоквартирного дома в климатических условиях ЦФО // VII Международный молодежный форум «Образование, Наука, Производство». Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 1269-1274.
20. Башмаков И. А. Энергоэффективность зданий в России и в зарубежных странах // Энергосбережение. 2015. №3. С. 24-30.
21. Зеленое строительство. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания. СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011. Москва: ООО Издательство «БСТ», 2011.

22. Об энергоэффективности в ЖКХ [Электронный ресурс] Систем. требования: Internet Explorer. URL: <https://fondgkh.ru/napravleniya-deyatelnosti/energoeffektivnost-v-zhkhkh/o-energoeffektivnosti-v-zhkhkh/> (дата обращения: 27.04.2020)

deyatelnosti/energoeffektivnost-v-zhkhkh/o-energoeffektivnosti-v-zhkhkh/ (дата обращения: 27.04.2020)

Информация об авторах

Гущин Сергей Васильевич, магистрант. E-mail: gushchin-c262@yandex.ru. Харбинский политехнический университет. Китай, 150001, Харбин, район Наньган, ул. Сидачжи, д. 92.

Семиненко Артем Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: seminenko.as@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Shen Chao, кандидат технических наук, доцент института Архитектуры. E-mail: chaoshen@hit.edu.cn. Харбинский политехнический университет. Китай, 150001, Харбин, район Наньган, ул. Сидачжи, д. 92.

Поступила 07.04.2020

© Гущин С.В., Семиненко А.С., Shen C., 2020

¹Gushchin S.V., ^{2,*}Semenenko A.S., ¹Shen Chao

¹Harbin Institute of Technology

²Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

*E-mail: seminenko.as@bstu.ru

GLOBAL TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES

Abstract. *The need to provide heat, hot water and electricity are the basic needs of society, and throughout the history of mankind, they form the greatest demand for energy resources. In the modern world, energy consumption by countries all over the world is constantly increasing; it's creating new problems such as lack of energy resources, their rise in price, depletion of energy sources, environmental threats, and others. In connection with the problem of saving, rational and efficient use of energy resources and huge energy losses in the construction industry, this article considers world experience of application of energy-saving technologies and other measures to improve energy efficiency, analyzes the current situation in the field of energy saving in Russia. Prerequisites to the study of energy efficiency problems are considered, state of energy consumption and energy saving in China, USA, some EU countries and Russia is analyzed, the world experience of application ways of energy efficiency improving at the state level is considered. The problems and historical background that hinder the development of Russia in the field of energy saving are discussed. Specific proposals to improve energy efficiency in Russia have been put forward based on an analysis of international experience.*

Keywords: *energy consumption, energy saving, energy efficiency, energy-saving technologies, energy efficient construction, green construction, energy strategy*

REFERENCES

1. Gaidar N.S. Problems of energy-efficient construction in the Russian Federation [Problemy` e`nergoe`ffektivnogo stroitel'stva v RF]. Electronic scientific and practical journal «Youth Scientific Herald». 2018. No. 8. (rus)
2. Korshunova L.A. Kuzmina N.G. Kuzmina E.V. Problems of energy conservation and energy efficiency in Russia [Problemy` e`nergoberezheniya i e`nergoe`ffektivnosti v Rossii]. News of Tomsk Polytechnic University. 2013. No. 6. Pp. 22–25. (rus)
3. Zhang Jianyun. Analysis on the technical approach of green building energy-saving design. Bulk Cement. 2019. No. 4. Pp. 13–16.
4. Schleich J. Energy efficient technology adoption in low-income households in the European

Union – What is the evidence? Energy Policy. 2019 No. 125. Pp. 196–206.

5. Yuan Shanshen, Xu Wei, Tang Yajun. Research on EU building energy efficiency standards and development trends. HVAC. 2015. No. 10. Pp. 55–59.

6. Word Energy Consumption Statistics. Internet Explorer. URL: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (date of treatment: 27.04.2020)

7. Statistics Bureau of China: China's energy consumption last year reached 3.25 billion tons of standard coal. China Petroleum and Chemical Industry. 2011. No. 3. Pp. 78.

8. Cui Minxuan. China Energy Development Report (2010). Social Sciences Literature Press, 2010.

9. Gong Xiaojie. Embodiment of green building design concept in industrial building design. *Building Materials and Decoration*, 2018. No. 6. Pp. 128.
10. Hong Chen. Use of renewable energy in architectural design. *Technology and Market*. 2015. No. 9. Pp. 147–148.
11. Castro-Alvarez F., Vaidyanathan S., Bastian H., King J. The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. Adobe Acrobat Reader. URL: www2.aceee.org/l/310911/2018-06-25/2v164b (date of treatment: 27.04.2020)
12. Muhammad Shahzad Aslam, Beijia Huang, Lifeng Cui. Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of Environmental Management* Volume. 2020. №264.
13. Ozge S. Analyzing the compliance and correlation of LEED and BREEAM by conducting a criteria-based comparative analysis and evaluating dual-certified projects. *Building and Environment*, 2019, №147. Pp. 158–170.
14. Official website of German Sustainable Building Council. Internet Explorer. URL: <https://www.dgnb.de/en>. (date of treatment: 27.04.2020)
15. Amro M, Hind M, David A. Blind spots in energy transition policy: Case studies from Germany and USA. *Energy Reports*. 2019. No. 5. Pp. 20–28.
16. Fernando de Llano-Paz, Anxo Calvo-Silvosa, Susana Iglesias Antelo. The European low-carbon mix for 2030: The role of renewable energy sources in an environmentally and socially efficient approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. No. 48. Pp. 49–61.
17. Joachim Schleich. Energy efficient technology adoption in low-income households in the European Union – What is the evidence? *Energy Policy*. 2019. No. 125. Pp. 196–206.
18. Sheina S.G., Pirozhnikova A.P. Trends in the development of alternative energy in the world and Russia [Tendencii razvitiya al'ternativnoj energetiki v stranah mira i Rossii]. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2016. No. 3. . URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2016/3720> (date of the application: 27.04.2020) (rus)
19. Gushchin S.V., Kuroptev A.S. The concept of energy-efficient apartment building in the climatic conditions of the Central Federal District [Konceptiya e'nergoe'ffektivnogo mnogokvartirnogo doma v klimaticheskix usloviyax CzFO]. VII Mezhdunarodnyj molodezhnyj forum «Obrazovanie, Nauka, Proizvodstvo». Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2015. Pp. 1269–1274. (rus)
20. Bashmakov I.A. Energy efficiency of buildings in Russia and in foreign countries [E'nergoe'ffektivnost' zdanij v Rossii i v zarubezhny'x stranax]. *Energy Saving*, 2015. No. 3. Pp. 24–30. (rus)
21. Green building. Rating system for assessing the sustainability of the environment [Zelenoe stroitel'stvo. Rejtingovaya sistema ocenki ustojchivosti sredy' obitaniya]. STO NOSTROY 2.35.4-2011. Moscow: Publishing House «BST», 2011. (rus)
22. About energy efficiency in housing and utilities [Ob e'nergoe'ffektivnosti v ZHKKH] Internet Explorer. URL: <https://fondgkh.ru/napravleniya-deyatelnosti/energoeffektivnost-v-zhkkh/o-energoeffektivnosti-v-zhkkh/> (date of the application: 27.04.2020) (rus)

Information about the authors

Gushchin, Sergei V. Master student. E-mail: gushchin-c262@yandex.ru. Harbin Institute of Technology. China, 150001, Harbin, Nangang district, st. Xidazhi, 92.

Semenenko, Artem S. PhD, Assistant professor. E-mail: semenenko.as@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Chao, Shen. PhD, Assistant professor. E-mail: chaoshen@hit.edu.cn. Harbin Institute of Technology. China, 150001, Harbin, Nangang district, st. Xidazhi, 92.

Received 07.04.2020

Для цитирования:

Гущин С.В., Семенов А.С., Шен С. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 31–43. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43

For citation:

Gushchin S.V., Semenenko A.S., Shen C. Global trends in the development of energy-saving technologies. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2020. No. 5. Pp. 31–43. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-44-52

Венслаускене Е.В.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: k89213741020@gmail.com

ДОРЕВОЛЮЦИОННОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Аннотация. Статья освещает появление системы уличного освещения в столичном Санкт-Петербурге вскоре после его основания вплоть до революции 1917 года. Целью исследования является детальный разбор всех типов уличных фонарей, появляющихся в инфраструктуре активно развивающегося Санкт-Петербурга. В их числе: масляные, газовые, со спирто-скипидарной смесью, керосиновые фонари, а также фонари с дуговыми лампами и лампами накаливания, керосино-калильные уличные осветительные элементы. Для каждого типа обозначены стилистические характеристики эпохи и технические отличия, а также дано определение роли фонаря как элемента комплексного благоустройства города в каждую эпоху несущего не только функциональную, но и эстетическую нагрузку. Отдельно разобраны архитектурные детали и профили, составляющие целостный объем элемента благоустройства, их пропорции и габариты, материалы. Статья может быть полезна как теоретически, для исследователей, так и практически, для специалистов, занимающихся сохранением и воссозданием исторической среды Санкт-Петербурга, а также проектирующих новые районы города. Аналоги исторических осветительных элементов могут быть применены как типовые в благоустройстве улиц и площадей, с учетом масштаба, стилистики, материалов и современных технологических достижений.

Ключевые слова: исторические фонари, историческое уличное освещение, фонари Петербурга, освещение Петербурга

Введение. Роль освещения в городской среде очень сложно переоценить. От него зависит безопасность, комфорт и психологическое состояние жителей города, и, особенно, крупной столичной агломерации. Проблемой освещения улиц Санкт-Петербурга были озабочены все российские императоры со дня основания города. Развитие осветительных приборов всегда происходит параллельно с развитием архитектуры, инфраструктуры, в комплексе мер, предпринимаемых для улучшения благоустройства. Уличное освещение крепко вплетено в городскую ткань, это неотъемлемый элемент ансамблей Петербурга, развивающихся и обогащающихся на всем протяжении своего развития, от основания вплоть до революции. Кроме развития в качестве элемента комплексного благоустройства фонари также совершенствуются и как отдельные элементы, представляющие художественную ценность, отражающие технологические, эстетические особенности своего времени.

Материалы и методы. Изучение исторических элементов благоустройства столичного Санкт-Петербурга требует исследований значительного количества источников. Материалы для данной статьи получены из нескольких групп источников. Среди них: архивные материалы, включающие альбомы производителей фонарей, дела, включающие фонари как элементы зданий, находящихся на отдельных участках; исторические карты города; описания Санкт-Петербурга, относящиеся к рассматриваемым историческим

периодам; научная литература, включающая статьи и диссертации; иконография.

Основная часть. В 1706-ом году Санкт-Петербург, уже ставший местом пребывания высших чиновников и государственных деятелей, празднует победу русских войск над шведами под Калишем. Еще не благоустроенный город не имеет стационарных уличных фонарей, и в честь праздника выходящие на Петропавловскую крепость улицы освещают вынесенными из домов фонарями с масляными лампами или восковыми свечами, светильниками в виде плашек и шкаликов, поражающими иностранцев количеством и разнообразием [1, 2]. С этого времени начинается регулярная и обширная практика применения фейерверков и иллюминаций в праздновании военных побед, юбилеев и прочих торжеств.

Кроме особенных случаев, необходимо было, как и в европейских столицах, создать в городе регулярное ночное освещение. В 1717 году главный архитектор Петербурга и автор Генерального плана 1717 года Жан-Батист Александр Леблон включил регулярное фонарное уличное освещение в планировку города. Позднее по эскизу, автором которого являлся сам Леблон, был изготовлен «образцовый» фонарь (по аналогии с «образцовыми домами» для стройности и единообразия) и установлен у Зимнего дворца на берегу Невы. Фонарь Леблona должен был освещать улицы четыре месяца в году пять ночных часов [3] и состоял из деревянного столба, квад-

ратного в сечении и сужающегося к верху, окрашенного контрастными наклонными полосами в белый и зеленый цвета (по аналогии с окраской многих других элементов благоустройства, например, караульных будок и шлагбаумов), с металлическими элементами кронштейна и стеклянной светильной камерой с масляной горелкой. Кроме существенных расходов на изготовление самих фонарей, необходимо было и нести траты по поддержанию огня, а также по их обслуживанию, чем занималась до 1763 года полиция (рядовые и унтер-офицеры), при этом быстро растущий город необходимо было в сжатые сроки укомплектовывать значительным количеством уличных фонарей. По проекту уличного освещения требовалось установить 141 большой на расстоянии 100 метров и 754 малых фонарей на расстоянии 35–40 метров, и Сенат, указом от 23 декабря 1723 года, постановил собирать средства на регулярное освещение с домовладельцев, при этом в 1724 указом Петра стали устанавливать уже фонари нового «голландского типа», не имеющие украшений, кронштейнов, с простым четырехгранным столбом и установленной на него стеклянной светильной камерой с жестяным каркасом. Высота такого фонаря составляла около трех метров, а уровень освещенности был крайне низким. Также лампы сильно коптили, требовали постоянного наблюдения (рис. 1).

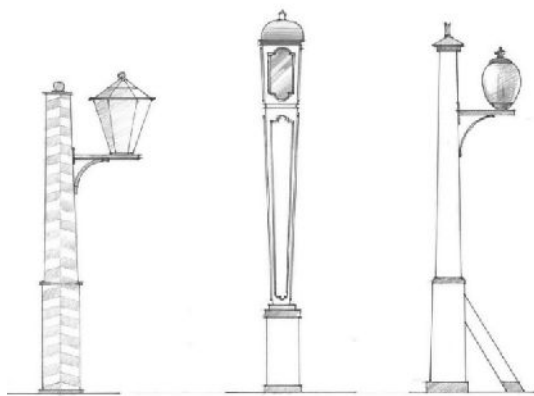


Рис. 1. Первые масляные фонари

Оба обозначенных выше вида были просты в обслуживании: к ним приставлялась лестница, камера, к которой подвешивалась лампа, имела открывающуюся дверцу.

И фонарь Леблона, и «голландский», несли минимальную эстетическую нагрузку, едва справляясь со своим функциональным назначением (как таковые, они не освещали улицу, а лишь помогали не потерять направление движения). Эти виды не имеют ярко выраженной стилистической характеристики эпохи петровского барокко, главенствующего в архитектуре своего времени.

При Елизавете Петровне (1741–1761 годы правления), после периода полного отсутствия регулярного освещения на петербургских улицах и со значительным увеличением масштабов строительства города, роль элементов благоустройства существенно возросла [4]. Фонари становятся важной частью эстетического восприятия столицы и, наконец, начинают коррелировать с архитектурой Елизаветинского барокко [5]. Форма опоры становится флаконовидной, со множеством декоративных элементов и навершием (рис. 2). Светильная камера не имеет плоских стекол, это выдувная яйцеобразная форма, вынесенная от опоры на кронштейне, верхняя часть камеры срезана и закрыта металлическим колпаком для обслуживания лампы. Кронштейн вычурен, извит и причудлив по форме. Фонарь елизаветинского времени несет значительную декоративную нагрузку, хорошо освещает улицу за счет выноса камеры на кронштейне, притом изготовление выдувной камеры обходится значительно дешевле, чем литье и полировка плоских стекол, что дает возможность увеличить количество устанавливаемых осветительных элементов благоустройства. Фонари с призматическими основаниями к этому времени считаются морально устаревшими и устанавливаются только на причалах и мостах, освещая водное пространство и делая проход судов безопасным. Они часто имеют форму обелиска (сохранившуюся к XX веку). Однако, обслуживающих фонари по-прежнему недостаточно, и освещаются лишь главные, «знатные» улицы. Предположительно, около сотни освещало пространство у Зимнего дворца Елизаветы Петровны и часть Невской перспективной дороги от Адмиралтейского луга до реки Мойки. Авторство приписывают Бартоломео Франческо Растрелли, самому яркому представителю елизаветинского барокко.

Во время правления Екатерины II (1762–1796 гг.) происходит существенное улучшение качества освещения улиц. Связано это, в первую очередь, с возрастающими темпами и объемами строительства, благоустройством набережных (которые активно мостились), возведением мостов через реки и каналы Санкт-Петербурга [6]. Кроме того, с изменением стилистической характеристики эпохи (с елизаветинского барокко на екатерининский классицизм) возрастает роль ансамбля в роли городской застройки, и элементы благоустройства, в том числе фонари на фасадах, отдельно стоящие, становятся неотъемлемыми деталями комплексного проектирования городских территорий [7, 8].

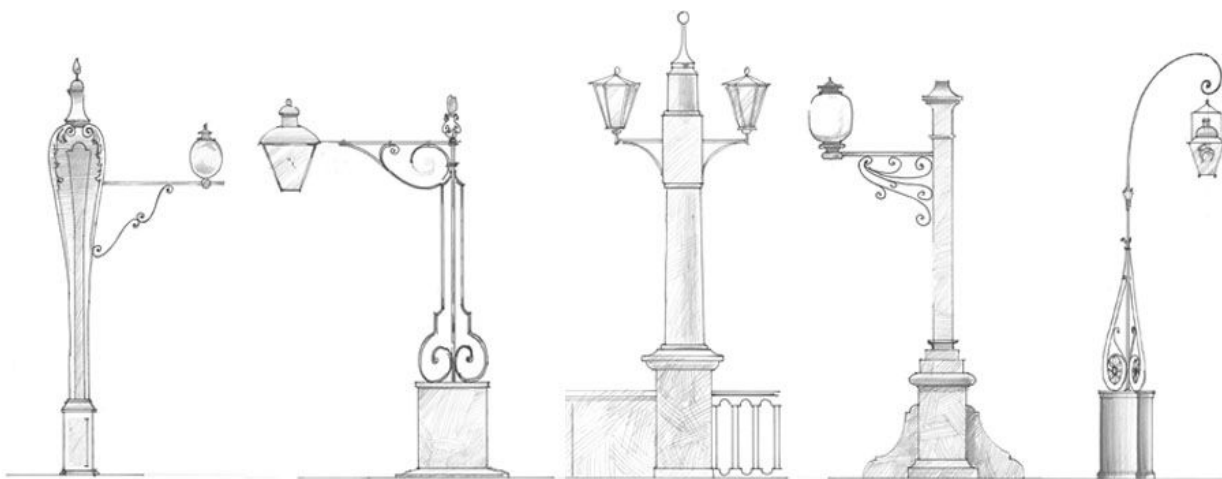


Рис. 2. а) масляный Елизаветинский фонарь, б) масляный Екатерининский фонарь, в) фонарь семи каменных мостов через Фонтанку, г) фонарь Торгового моста, д) масляный фонарь при Екатерине II

Яркими примерами фонарей екатерининской эпохи могут служить фонари сохранившихся Ломоносовского и Старо-Калинкиного мостов (их семи типовых трехарочных мостов, некогда служивших переправами через Фонтанку, арх. Жан Родольф Перроне). Гранитное тело фонаря выполнено цилиндрическим, зауженным кверху. Визуально устойчивое, оно имеет выраженное утолщение в виде параллелепипеда, «надетого» на ствол (рисунок 2). К этой форме крепятся металлические кронштейны, держащие призматические светильные камеры. Фонарь представляет собой поставленную на тумбу, включенную в гранитное ограждение моста, классическую колонну, напоминающую обелиск, с базой, с добавленными кронштейнами, камерами, и декоративным металлическим навершием, что полностью отражает строгость и простоту архитектуры екатерининского классицизма, проявляющегося и в малых архитектурных формах [9, 10].

Другим столь же ярким примером могут послужить спроектированные в общей композиции Торгового моста фонари с кронштейном на одну светильную камеру (рисунок 2). Вынесенные за линию ограждений на собственные постаменты, фонари гармонично вписываются в архитектуру моста за счет развернутых друг к другу и параллельно краям моста кронштейнам с камерами. Фонари нарисованы сдержанно, даже аскетично – скромная малопрофилированная гранитная тумба на гранитных же промежуточных опорах, вынесенных за пределы основного габарита моста, квадратный в сечении металлический столб с базой и завершением (по аналогии с профилями классических колонн) и кронштейн с незначительным количеством волют, выполненных из широкой полосы и поддерживающих круглую в сечении трубу, держащую круглую камеру. Такая сдержанность и повторение архитектурных

профилей элементов зданий – характерная особенность, появившаяся в элементах благоустройства с екатерининским классицизмом, также, как и устойчивость опор, прямых или сужающихся кверху, и более короткие по отношению к елизаветинским, кронштейны [11]. При этом Екатерина, настроенная против барочных форм, сохраняла элементы благоустройства, которые были установлены во времена правления Елизаветы Петровны, и ее придворные архитекторы насыщали архитектурную среду в новом стиле в балансе с исходной застройкой [12].

Для праздничного же освещения при Елизавете Петровне и Екатерине использовались специальные фонари «со вставленною, потребных цветов слюдою и из хлопчатой бумаги светильною» [13]. Такие фонари, а также разнообразные плошки, устанавливались вдоль перспектив, по архитектурным линиям зданий и малых архитектурных форм, крепились с помощью плоскочных и шкалечных колец на иллюминационных декорациях [14].

Формы фонарей носили самый причудливый характер – с вензелями, закруглениями, волутами, круглыми, овальными камерами. Указание по производству фонарей и иллюминаций было выпущено в московской типографии майором Даниловым и называлось «Довольное и ясное показание по которому всякий сам может приготовить и делать всякие фейерверки и разные иллюминации, сочинил артиллерии майор Михаил Данилов. 1777 году. В Москве, в университетской Типографии 1779 года.»

Во времена правления Павла I (1796-1801 гг) столица была освещена хорошо. Освещение Невского проспекта продлилось до Лиговского канала, в наследство городу от Екатерины остались фонари на мостах (круглые камеры сохранились в основном на них), широкое распространение снова получили фонари с призматическими

светильниками, причем теперь значительное их количество приходилось на фасады зданий. Стилистически новые светильники отличны от екатерининских (рисунок 3). Они строже по форме, лаконичнее, и в их основаниях опять появляются

контрастные полосы (как и в сторожевых будках, шлагбаумах, прочих ограждающих и маркирующих элементах, отражающих милитаристические предпочтения правителя).

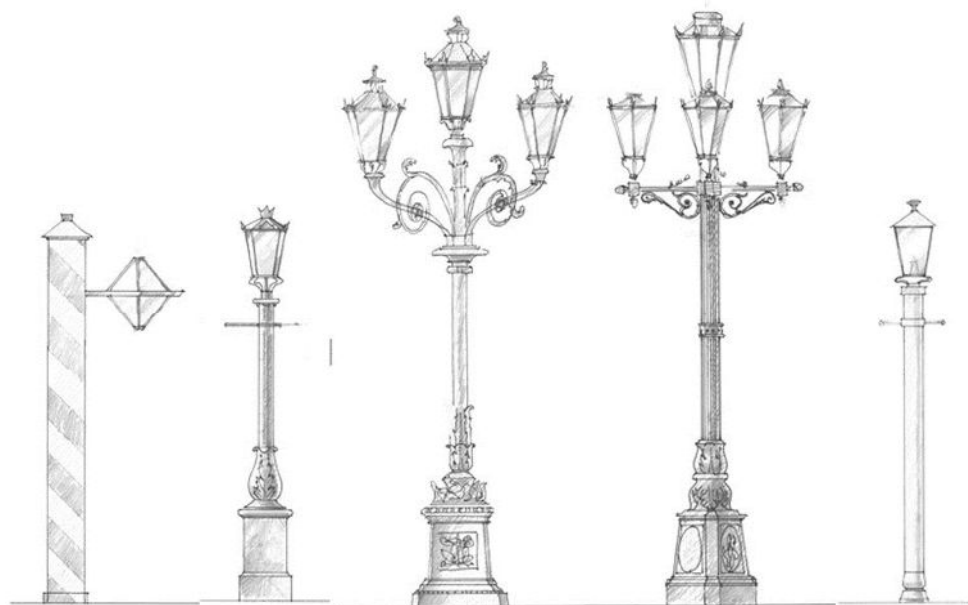


Рис. 3. а) Масляный фонарь при Павле I, б) Первый газовый фонарь, в) Газовые торшеры на Исаакиевской площади, г) Газовые торшеры на Сенатской площади, д) Керасиновый фонарь

До появления в 1839 году газовых фонарей, а почти сразу после фонарей со спирто-скипидарной смесью в 1849 и керасиновых в 1860 году, типология петербургских фонарей принципиально не меняется. Единственное существенное дополнение имеет скорее функциональный, чем эстетический характер – это начало использования в 1804 году «отражательного щита» по предложению иностранца Леонарда Отье [15]. По существу, «отражательные щиты» Отье – это отражатели, добавленные к конструкции маслянных фонарей, позволяющие при том же количестве продукта и горелок существенно повысить освещенность пространства вокруг фонаря. Новшество сразу было использовано в производстве фонарей и без отражателей они уже почти не выпускались.

Появившиеся на Дворцовой площади, Малой и Большой Морских улицах, Гороховой, Миллионной, Садовой и Невском проспекте общей численностью 204 единиц газовые фонари были с ажурными литыми чугунными опорами, внутри которых располагался газопровод (тонкая трубка из свинца и железа), на которые крепилась светильная камера (рисунок 3). Из-за размещения внутри тела опоры газопровода пропорции фонарь имел достаточно приземистые – невысокий, около 4-х метров высотой, 1/5 которой занимала прямоугольная база с едва обозначенным профилем, переходным элементом к более узкой, но все

равно широкой колонне с каннелюрами, к верхней части крепились в две стороны небольшие кронштейны с волютами и акантовыми листьями (они служили перекладиной для опоры стрелялки). Сама светильная камера имела вытянутые вверх пропорции, крепилась на ножках к опоре и не имела дна (во избежание взрыва). Форма горелок, ввинчиваемых в верхнюю часть газопровода была нескольких видов: самая простая давала пламя, как у свечи, рыбьего хвоста, трилистника; разрезная – плоская или полусферическая, с щелью посередине, и пламя от нее было веерообразное, в виде крыльев летучей мыши; также существовали и разнообразные насадки, направляющие газ в несколько рожков с горелками на концах. Со временем формы и пропорции фонарей становились все изысканнее и разнообразнее, высота торшеров росла, а также появились газовые фонари на кронштейнах, крепившиеся к фасадам зданий. Из сохранившихся – фонари Благовещенского моста, выполненные по проекту 1850 года инженера Д. Цветкова на заводе Чарльза Берда [16], после реконструкции моста 1939 года, установленные на Марсовом поле (сегодняшние фонари – проекта архитектора М. М. Перетятковича [17], установленные в 1906 году), фонари в Екатерининском саду, фонари на Сенатской и Исаакиевской площадях (рис. 3). Это яркие примеры усложненных по форме и увеличенных по высоте многорожковых

газовых уличных торшеров. Форма оснований сильно усложнена – это и усеченная четырехгранная пирамида, профилированная, с усеченными углами, филенками, заполненными медальонами, картушами и композициями с акантовыми листьями по большим сторонам, и аналогичная по сложности и наполнению усеченная сверху и по ребрам пирамида трехгранная с вогнутыми большими сторонами, и короткий низкий многогранник – формы оснований разнообразны, как и остальные элементы торшеров. Ствол торшера становится короче, зачастую это уже не просто цилиндр с каннелюрами, а сужающаяся форма, вырастающая из листов аканта, в свою очередь произрастающих из очень сложно

вылепленного многорядного растительного перехода от основания. Ствол всегда имеет сложный расширяющийся кверху профиль в месте крепления кронштейнов. Сами же кронштейны существенно отличаются друг от друга – одни столь плавно вырастают из тела опоры, что не всегда их можно определить, как полноценный кронштейн. Другие, декорированные волютами, акантами или и тем, и другим сразу, либо снизу, либо сверху примыкают к несущей перекладине, поддерживая ее при большой тяжести или значительном выносе камеры. Третьи – по сути кронштейнами не являются, это согнутые под прямым углом со скруглением трубы, сдержанно украшенные в середине и в местах примыкания к другим элементам.

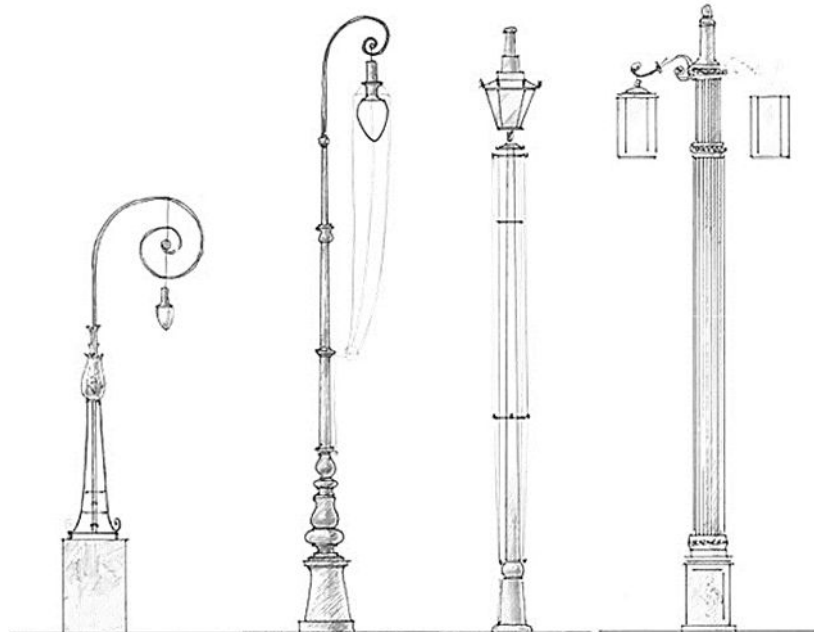


Рис. 4. а) дуговой фонарь Зеленого моста, б) дуговой фонарь Невского проспекта, в) электрический фонарь Невского проспекта, г) торшер Благовещенского моста

Появление газовых фонарей совпадает с расцветом эпохи эклектики, соответственно, принимая стилистические черты времени, вариативность, сложносочиненность и изысканность фонарей превосходит все существовавшие прежде образцы. Такие фонари, с учетом возможностей чугунного литья, состыковки элементов, не только в части декоративности, но и по габаритам и монументальности открывают новые возможности использования их как важнейших ансамблевых составляющих, дающих возможность проектировать в масштабе столичных площадей, скверов, проспектов и коррелировать с градостроительными доминантами (памятниками, стеллами, и т. д.)

Появившиеся почти одновременно с газовыми, фонари со спирто-скипидарной смесью не отличались принципиально по форме и габаритам от простых масляных, камеры были шестигранные и крепились либо на кронштейне, либо

на деревянной опоре. Отличие было в лампе – она уже не подвешивалась, а представляла собой поставленную на дно камеры бутылку с горючей смесью.

Керосиновые же фонари внешне мало отличались от газовых, но имели более тонкий ствол, и четырехгранная светильная камера была закрыта снизу (рисунок 3). Более дешевые простые варианты с опорами в деревянном исполнении устанавливались на окраинах города и не несли декоративной нагрузки. Изначально все керосиновые фонари были зарубежными, но дешевизна материала позволила постепенно заменить импортные керосиновые лампы на отечественные.

Принципиальное изменение в освещении улиц произошло в 1872 году с установкой пробных образцов электрических фонарей с лампами накаливания инженера Лодыгина, дополненными в 1883 году установкой на главных улицах

Санкт-Петербурга дуговых фонарей. Это первое электрическое освещение столицы было крайне дорогим, с генераторами, питающими фонари, было тоже непросто, да и обслуживание такого осветительного оборудования было проблематично, – в связи с резко увеличившейся высотой электрического фонаря, провести замену в светильной камере можно было опустив ее вниз с помощью специального устройства (рисунки 4). Чуть позже, в 1895 году, в освещении города начали использоваться керосино-калильные фонари, изобретенные доктором Ауэром фон Вильсбахом. По внешнему виду и принципу заправки они практически не отличались от дуговых, имели почти такую же силу света. Такие фонари существовали до 1918 года, когда их полностью заменили. В силу своей большой схожести с дуговыми, нет необходимости рассматривать их эстетические особенности отдельно.

Ствол электрического фонаря не отличался изысканностью – несколько составленных друг на друга и скрепленных слегка сужающихся цилиндра с небогатыми профилями в местах примыкания стояли на столь же простой тумбе, занимающей около одной седьмой части всего фонаря. Но зато электрическая лампа давала большие возможности в рисовании форм светильных камер – это были и шары, и усеченные пирамиды, и разнообразные каплевидные формы. Вместо вытяжки, завершавшей камеру газового фонаря, у дугового находился регулятор угольных стержней.

При появлении электрического освещения было принято решение установить фонари нового образца на Невском проспекте, по середине. Таким образом, торшеры играли значительную роль в формировании проспекта [18, 19, 20] (а за ним и других улиц, площадей и мостов) – высокие, восемь-десять метров, они просматривались со всех точек, формировали собственные осевые линии на открытых городских пространствах, поэтому не только камеры, но и кронштейны, и декоративные волюты, и прочие элементы рисовались все с большим изыском (рисунки 4). Все эти детали отражали стилистику заканчивающегося периода эклектики и начинающегося модерна (закругления верхней части торшеров, становящиеся своеобразным кронштейном, рисунок волют, вытянутость плафонов и их креплений). Такие торшеры задавали новый масштаб элементов благоустройства во переформирующейся все время городской, и, что особенно важно отметить, столичной, среде, становясь частью меняющегося, дополняющегося ансамбля. Кроме того, электрические фонари стали широко использоваться для освещения входов в здания и придания

большей эстетической выразительности фасадов (например, здание общества «Зингер»).

Электрические фонари не только стали новыми элементами ансамблей города, но и по своей светимости превзошли все ранее существовавшие типы. При проведении сравнения в конце девятнадцатого века, выяснилось, что при единице измерения в одну стеариновую свечу, керосиновая лампа дает 10,5; спиртовая – 5,5; газовая – 19 свечей. Появившиеся дуговые фонари и лампы накаливания давали уже 25 свечей. Они существенно повысили качество благоустройства городской среды, комфорт и безопасность жителей.

Выводы. Благоустройство Санкт-Петербурга сегодня – задача важнейшая и решаемая каждый день. Работы по насыщению городской среды ведутся как в исторических, так и в новых районах. В этом ключе предпочтительно соблюдение нижеследующих рекомендаций.

1. Необходимо использовать исторические аналоги для проведения комплексных проектных работ, сохраняя уникальную ансамблевую среду Петербурга, в том числе в новых районах. Для них исторические аналоги – пример применения элементов благоустройства в единой композиции с архитектурой и окружающей инфраструктурой.

2. Использование существовавших ранее на территории городских исторических районов элементов освещения необходимо рекомендовать в качестве метода воссоздания утрачиваемой среды, ансамблевости, характерной для Санкт-Петербурга. Для каждого конкретного случая возможно подобрать несколько образцов, зачастую с разными временными и стилистическими характеристиками, учитывая застройку, принадлежащую к конкретному периоду времени и окружающие элементы благоустройства, подчиняющихся общей композиции ансамбля улицы, проспекта, площади.

3. Необходимо дополнять историческую среду с учетом современных, далеко ушедших вперед от применяемых в дореволюционном Петербурге аналогов, сохраняя при этом не только габариты и пропорции, но и рисунок элементов, используемые ранее материалы и цвета.

4. Применение исторических элементов освещения должно не только эстетически, но и технологически увязываться с текущей ситуацией. Сегодня, когда значительное количество исторических зданий имеет декоративную подсветку фасадов, необходимо соблюдать меру освещенности, не только не пересвечивая открытые городские пространства, но и не дробя, не ломая визуальное освещение композицию фасадов зданий и прочие элементы благоустройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Записки Юста Юля датского посланника при Петре Великом (1709-1711) / извлечен из Копенгагенского Государственного архива и перевел с датского Ю.Н. Щербачев; примечания заимствованы у Г.Л. Грове. - Москва: Университетская типография, 1899 (обл. 1900). IX, 598, [3] с.
2. Фоккеродт И.Г., Плейер О., Шемякин А.Н. Россия при Петре Великом / по рукописному известию Иоанна Готтгильфа Фоккеродта и Оттона Плейера; пер. с нем. А. Н. Шемякина. Москва: Унив. тип. (Катков и К), 1874. IV, 122, 21 с.
3. Луппов С.П. История строительства Петербурга в первой четверти XVIII века. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957.
4. Семенов С.В. Санкт-петербургская историческая агломерация – уникальный градостроительный объект мирового масштаба // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 1(20).
5. Жолобова Е.В., Возняк Е.Р. Художественный металл русского барокко в архитектуре Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2013. №1 (36). С. 5–11.
6. Семенов С.В., Санкт-Петербург в XVIII веке: роль императриц в градостроительном развитии российской столицы // INNOVATE PROJECT. 2016. №1. С. 13–17
7. Семенов С.В., Возняк Е.Р. Композиционная структура фасадов зданий XVIII в. и ее отражение в архитектурно-градостроительной среде Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2017. №4 (63). С. 55–60.
8. Возняк Е.Р. Особенности трактовки классических ордеров Винченцо Бренна в архитектуре Санкт-Петербурга конца XVIII в. // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 15–25.
9. Возняк Е.Р. Архитектурные обломы и профиля раннего классицизма в Санкт-Петербурге // Современные проблемы науки и образования. 2015. №1-1
10. Возняк Е.Р. Архитектурный колонный ордер в эпоху елизаветинского барокко (1742–1762 гг.) в Санкт-Петербурге // Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 13–24.
11. Возняк Е.Р. Обломы и профили фасадов зданий Санкт-Петербурга XVIII в // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 7–15.
12. Столпянский П.Н. Петергофская перспектива: исторический очерк. Санкт-Петербург: Государственное издательство, 1923. 72 с. Режим доступа: по подписке. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456494> (дата обращения: 24.01.2020).
13. Камер-фурьерский церемониальный, банкетный и походный журнал 1772 года [СПб, 1858]. С. 252–253
14. Семенов Г.Л. Уличное освещение города С. Петербурга. Очерк развития освещения столицы с ее основания до 1914 г. // Петроград. Городская Типография, Садовая, 55, уг. Вознесенского, 1914 с. 11.
15. Благовещенский мост – Николаевский мост – Лейтенанта Шмидта мост. Копия гравюры из музея Адмиралтейских верфей. Открытка, нач. XX вв. / Благовещенский мост – Николаевский мост – Лейтенанта Шмидта мост. URL: <http://www.citywalls.ru/photo185023.html> (дата обращения: 24.01.2020).
16. Смирнов Н.А. Переустройство моста им. лейтенанта Шмидта // Архитектура Ленинграда. Л., 1937. № 3 (5). С. 28–31.
17. Семенов С.В. Градостроительные ансамбли Санкт-Петербурга в середине и конце XIX столетия // Месмахеровские чтения – 2019. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 149–157
18. Семенов С.В., Акулова Н.А. Развитие Санкт-Петербургской агломерации в XIX – начале XX века // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, №2. С. 118–127. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.16
19. Семенов С.В. Санкт-Петербург в конце XIX века: стихийное развитие или сохранение традиций ансамблевого решения градостроительной среды // Вестник гражданских инженеров. 2017. №6 (65). С. 55–64.
20. Семенов С.В. Система управления градостроительными процессами в Санкт-Петербурге – Петрограде начала XX века // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. №111. С. 84–94.

Информация об авторах

Венслаускене Екатерина Вадимовна, аспирант. E-mail: k89213741020@gmail.com. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Поступила 01.02.2020

© Венслаускене Е.В., 2020

Venslauskene E.V.

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

E-mail: k89213741020@gmail.com

PRE-REVOLUTIONARY STREET LIGHTING IN SAINT PETERSBURG

Abstract. The article highlights the emergence of a street lighting system in the capital St. Petersburg shortly after its founding until the 1917 revolution. The purpose is to analyze all types of street lamps that appear in the infrastructure of actively developing St. Petersburg. This include oil, gas, with an alcohol-turpentine mixture, kerosene lamps, as well as lamps with arc and incandescent lamps. For each type, the stylistic characteristics of the era and technical differences are indicated, and the role of the lantern as an element of complex urban improvement in each era is defined, bearing not only functional, but also aesthetic load. Architectural details and profiles that make up the entire volume of the landscaping element, their proportions and dimensions, and materials are separately analyzed. The article can be useful both theoretically, for researchers, and practically, for specialists engaged in preserving and recreating the historical environment of St. Petersburg, as well as designing new areas of the city. Analogs of historical lighting elements can be used as standard in the improvement of streets and squares, taking into account the scale, style, materials and modern technological achievements.

Keywords: historical lamps, historical street lighting, St. Petersburg lamps, St. Petersburg lighting.

REFERENCES

1. Notes by Just Yul Danish envoy under Peter the Great (1709-1711) extracted from the Copenhagen State Archives and translated from Danish Yu. N. Shcherbachev ; notes borrowed from G.L. Grove [Zapiski Yusta Yulya datskago poslannika pri Petre Velikom (1709-1711) / izvlek iz Kopengagenskago Gosudarstvennogo arkhiva i perevel s datskogo Yu.N. Shcherbachev ; primechaniya zaimstvovany u G.L. Grove]. Moscow: University Printing House [Moskva: Universitetskaya tipografiya]. IX, 598, [3] p. (rus)
2. Fokkerodt I.G., Player O., Shemyakin A.N. Russia under Peter the Great. According to the manuscript of John Gottgilf Fokkerodt and Otton Player ; trans. with him. A.N. Shemyakin [Rossiya pri Petre Velikom. po rukopisnomu izvestiyu Ioanna Gottgil'fa Fokkerodta i Ottona Pleyyera ; per. s nem. A. N. Shemyakina]. Moscow: Univ. a type. (Katkov and Co.) [Moskva : Univ. tip. (Katkov i K)], 1874. IV, 122, 21 p. (rus)
3. Luppov S.P. The history of the construction of St. Petersburg in the first quarter of the XVIII century [Istoriya stroitel'stva Peterburga v pervoy chetverti XVIII veka]. M.; L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR [M.; L.: Izd-vo AN SSSR], 1957. (rus)
4. Sementsov S.V. St. Petersburg historical agglomeration - a unique urban development site of a global scale. [Sankt-peterburgskaya istoricheskaya aglomeratsiya – unikal'nyy gradostroitel'nyy ob'yekt mirovogo masshtaba]. Internet bulletin of VolgGASU. [Internet-vestnik VolgGASU]: Political. 2012. No. 1 (20). (rus)
5. Zholobova E.V., Voznyak E.R. Artistic metal of the Russian Baroque in the architecture of St. Petersburg [Khudozhestvennyy metall russkogo barokko v arkhitekture Sankt-Peterburga]. Bulletin of civil engineers. [Vestnik grazhdanskikh inzhenerov]. 2013. No. 1 (36). Pp. 5–11. (rus)
6. Sementsov S.V., St. Petersburg in the 18th century: the role of empresses in the urban development of the Russian capital [Sankt-Peterburg v XVIII veke: rol' imperatrits v gradostroitel'nom razvitii rossiyskoy stolits]. INNOVATE PROJECT. 2016. No. 1. Pp. 13–17. (rus)
7. Sementsov S.V., Voznyak E.R. Compositional structure of building facades of the 18th century and its reflection in the architectural and urban planning environment of St. Petersburg. [Kompozitsionnaya struktura fasadov zdaniy XVIII v. i yeye otrazheniye v arkhitekturno-gradostroitel'noy srede Sankt-Peterburga]. Bulletin of civil engineers. [Vestnik grazhdanskikh inzhenerov]. 2017. No. 4 (63). Pp. 55–60. (rus)
8. Voznyak E.R. Interpretation Features of Classical Orders of Vincenzo Brenna in the Architecture of St. Petersburg of the Late 18th Century. [Osobennosti traktovki klassicheskikh orderov Vinchentso Brenna v arkhitekture Sankt-Peterburga kontsa XVIII v v]. Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering. [Vestnik MGSU v]. 2015. No. 4. Pp. 15–25. (rus)
9. Voznyak E.R. Architectural breaks and profiles of early classicism in St. Petersburg [Arkhiteturnyye oblomy i profilya rannego klassitsizma v Sankt-Peterburge]. Modern problems of science and education. [Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya]. 2015. No. 1–1. (rus)
10. Voznyak E.R. The Order of an Architectural Column in the Era of Elizabethan Baroque (1742–1762) in St. Petersburg [Arkhiteturnyy kolonnyy order v epokhu elizavetinskogo barokko (1742–1762 gg.) v Sankt-Peterburge]. Proceedings of Moscow

State University of Civil Engineering. [Vestnik MGSU]. 2013. No. 3. Pp. 7–15. (rus)

11. Voznyak E.R. Moulds and Profiles of the Building Facades of St. Petersburg of the 18th Century [Oblomy i profili fasadov zdaniy Sankt-Peterburga XVIII v]. Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering. [Vestnik MGSU]. 2015, No. 12. Pp. 13–24. (rus)

12. Stolpiansky, P.N. Peterhof perspective: historical outline. [Peterhofskaya perspektiva: istoricheskiy ocherk]. St. Petersburg: State Publishing House, [S. Peterburg: Gosudarstvennoye izdatel'stvo], 1923. 72 p. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456494> (date of treatment: 01/24/2020).

13. Chamber-and-Furrier ceremonial, banquet and marching magazine of 1772 [Kamer-fur'yerskiy tseremonial'nyy, banketnyy i pokhodnyy zhurnal 1772 goda]. St. Petersburg [SPb], 1858. Pp. 252–253. (rus)

14. Semenovich G.L. Street lighting of the city of St. Petersburg. Essay on the development of lighting of the capital from its foundation until 1914 [Ulichnoye osveshcheniye goroda S. Peterburga. Ocherk razvitiya osveshcheniya stolitsy s yeye osnovaniya do 1914 g]. Petrograd. City Printing House, Sadovaya, 55, corner. [Petrograd. Gorodskaya Tipografiya, Sadovaya, 55, ug. Voznesenskogo]. Ascension., 1914. Pp. 11. (rus)

15. Annunciation bridge - Nikolaev bridge - Lieutenant Schmidt bridge. A copy of the engraving from the Admiralty Shipyards Museum. Postcard, beg. XX centuries [Blagoveshchenskiy most – Nikolayevskiy most – Leytenanta Shmidta most. Kopiya graviry iz muzeya Admiralteyskikh verfey. Otkrytka, nach. XX vv]. Blagoveshchenskiy most – Nikolayevskiy most – Leytenanta Shmidta most. Annunciation bridge - Nikolaevsky bridge. Lieutenant Schmidt bridge URL: <http://www.citywalls.ru/photo185023.html> (date of treatment: 01.24.2020).

16. Smirnov N.A. Reconstruction of the bridge named after. Lieutenant Schmidt [Pereustroystvo mosta im. leytenanta Shmidta]. Architecture of Leningrad. [Arkhitektura Leningrada]. L., 1937. No. 3 (5). Pp. 28–31. (rus)

17. Sementsov S.V. Town-planning ensembles of St. Petersburg in the middle and end of the 19th century [Gradostroitel'nyye ansambli Sankt-Peterburga v seredine i kontse XIX stoletiya]. Mesmacher readings - 2019. Materials of the international scientific and practical conference. [Mesmakherovskiye chteniya – 2019. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]. 2019. Pp. 149–157. (rus)

18. Sementsov S.V., Akulova N.A. Development of the St. Petersburg agglomeration in the XIX – early XX century [Razvitiye Sankt-Peterburgskoy aglomeratsii v XIX – nachale XX veka]. Urban Construction and Architecture. [Gradostroitel'stvo i arkhitektura]. 2019. V. 9, 2. Pp. 118–127. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.16. (rus)

19. Sementsov S.V. St. Petersburg at the end of the 19th century: the spontaneous development or preservation of the traditions of ensemble solutions for the urban environment [Sankt-Peterburg v kontse XIX veka: stikhiynoye razvitiye ili sokhraneniye traditsiy ansamblevogo resheniya gradostroitel'noy sredy]. Bulletin of Civil Engineers. [Vestnik grazhdanskikh inzhenerov]/ 2017. No. 6 (65). Pp. 55–64. (rus)

20. Sementsov S.V. The management system of urban development processes in St. Petersburg - Petrograd at the beginning of the XX century [Sistema upravleniya gradostroitel'nyimi protsessami v Sankt-Peterburge - Petrograde nachala XX]. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Veka. [Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova]. 2017. No. 111. Pp. 84–94. (rus)

Information about the authors

Venslauskene, Ekaterina V. Postgraduate student. E-mail: k89213741020@gmail.com. Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Saint-Petersburg, st. 2 Krasnoarmeiskaya, 4

Received 01.02.2020

Для цитирования:

Венслаускене Е.В. Дореволюционное уличное освещение Санкт-Петербурга // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 44–52. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-44-52

For citation:

Venslauskene E.V. Pre-revolutionary street lighting in Saint Petersburg. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 44–52. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-44-52

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-53-63

Перькова М.В., *Иванькина Н.А., Боровской А.Ю., Перькова А.Ю.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
*E-mail: nataliya.ivankina@yandex.ru

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ МЕЖМУНИЦИПАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА В ШЕБЕКИНСКОМ И БЕЛГОРОДСКОМ РАЙОНАХ

Аннотация. Проблема развития рекреационных территорий заключается в противоречии между рекреационными потребностями населения и ограниченными возможностями использования потенциала природного каркаса в условиях высокоурбанизированных территорий. Предлагается ввести в научный оборот сформулированное авторами понятие «межмуниципальный природный парк». В исследовании проведен анализ региональных и местных программ комплексного развития территорий Белгородского и Шебекинского районов, который выявил, что акцент делается на совершенствовании транспортной и социальной инфраструктуры, поддержке почвенного плодородия и оказании услуг в сфере культурно-досуговой деятельности населения. Как известно, основным способом управления потоками отдыхающих является организация рациональной системы транспортного обслуживания. Осуществлен анализ существующей транспортной инфраструктуры территории межмуниципального природного парка в Шебекинском и Белгородском районах. Проанализирована доступность территории для общественного, личного транспорта и пешеходов. Разработаны пять маршрутов, альтернативных личному и общественному транспорту: пешеходные, велосипедные, гужевые, мотобайковые и водные маршруты, которые будут способствовать сохранению природно-экологического потенциала территории и удовлетворению разнообразных потребностей и интересов рекреантов на местном, муниципальном и региональном уровнях.

Ключевые слова: рекреационные территории, природный парк, транспортная инфраструктура, туристический маршрут, геоинформационные технологии, изохроны доступности.

В современном мире с высокими темпами урбанизации природные парки и зелёные пространства приобретают стратегическое значение [9]. Создание межмуниципального природного парка в Белгородском и Шебекинском районах Белгородской области позволит решить одну из актуальных современных задач – формирование наиболее прогрессивной формы рационального природопользования и охраны природы. Теоретическую базу исследования сформировали труды, посвященные анализу состояния и оценке природно-ландшафтного потенциала и водно-рекреационных ресурсов Белгородской области (А.В. Дегтярь, О.И. Григорьева, Р.Ю. Татаринцев, М.Е. Комарова, Е.А. Пендюрин, Е.В. Харьковская, Е.А. Белецкая) [2]; изучению экологического каркаса (Е.А. Стаценко, Д.З. Гриднева); формированию территорий рекреационно-туристического назначения в малых и средних городах Белгородской области (М.В. Перькова, Е.И. Крушельницкая) [6]; построению изохрон транспортной доступности средствами GRASS и GIS QGIS [1]. В основе разработки системы транспортного обслуживания рассматриваемой территории лежат идеи транспортно-ориентированного развития, в основе которого лежит максимально эффективное использование территории вблизи транспортного узла [3].

Проблема развития рекреационных территорий на рассматриваемой территории заключается в противоречии между рекреационными потребностями населения и ограниченными возможностями использования потенциала природного каркаса Белгородского и Шебекинского районов. Рассматриваемая территория высокоурбанизирована, существуют неконтролируемые маршруты рекреантов. Анализ региональных и местных программ комплексного развития территорий Белгородского и Шебекинского районов показал, что акцент при развитии территорий делается на совершенствовании транспортной и социальной инфраструктуры, поддержке почвенного плодородия в рамках концепции областного проекта «Зеленая столица» (на 2017 – 2020 годы) и оказании услуг в сфере культурно-досуговой деятельности населения. Это дает основание разработать предложения по созданию непрерывной озелененной территории с целью укрепления природного каркаса, разрешения противоречий между потребностями населения в развитой рекреационной инфраструктуре и сохранением экологического равновесия и биоразнообразия на территории (рис. 1).

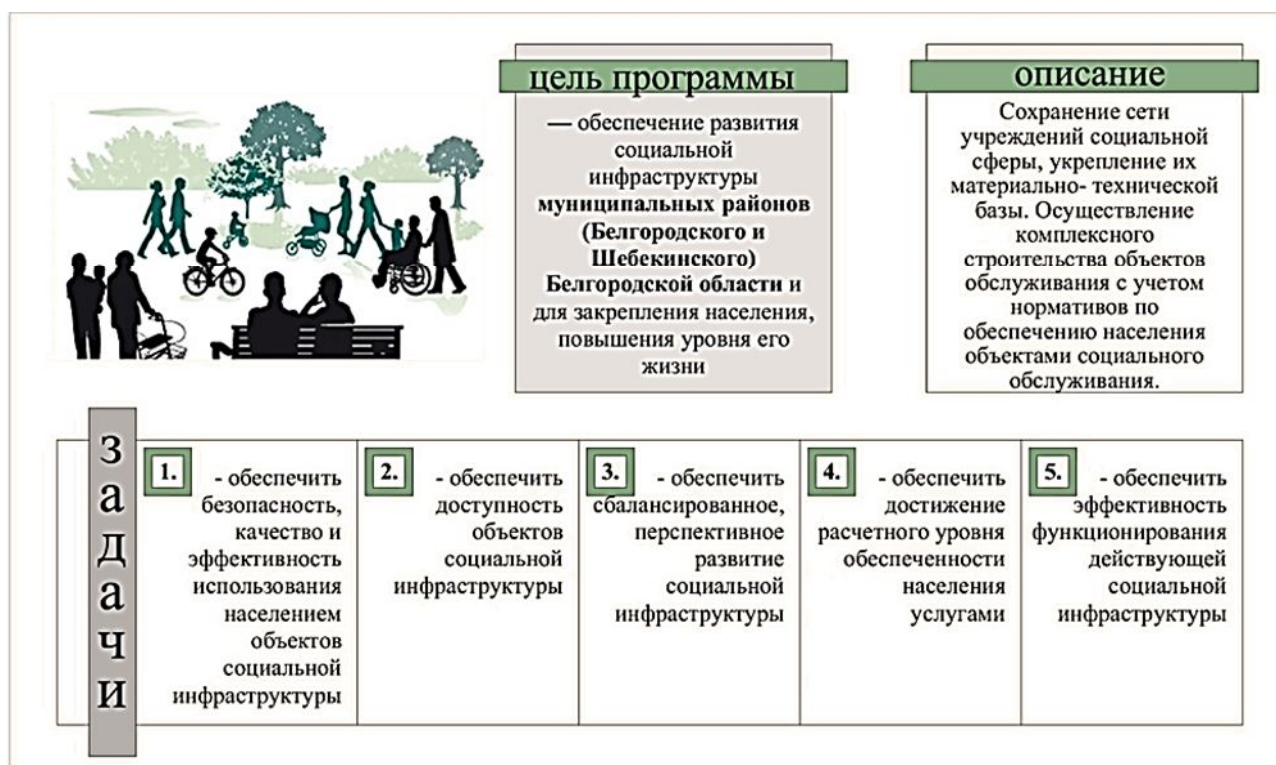


Рис. 1. Программа комплексного развития социальной инфраструктуры Белгородской области. (Анализ М.В. Перьковой)



Рис. 2. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры. (Анализ М.В. Перьковой)

Предлагается ввести понятие «межмуниципальный природный парк» как непрерывно озелененная территория с различной функциональной и рекреационной нагрузкой.

Территория Белгородского и Шебекинского муниципальных районов характеризуется достаточно высоким уровнем урбанизации, при этом

здесь стоит отметить очень богатый природный потенциал, наличие в границах Шебекинского района наибольших в Белгородской области облесенных территорий и водных пространств.

Основным способом управления потоками отдыхающих является организация рациональ-

ной системы транспортного обслуживания. В исследовании предлагается проанализировать доступность территории для общественного, личного транспорта и пешеходов, предложить мероприятия по оптимизации транспортной доступности объектов отдыха и туризма, а также предложить различные виды маршрутного туризма. Эти мероприятия позволят обеспечить разнообразные потребности населения в отдыхе и туризме.

Пользователями рассматриваемой территории являются население муниципальных районов и области (согласно планируемым уровням объектов рекреации и туризма) и гости региона. В концепции развития мультипарка были проанализированы существующие объекты отдыха населения и предложены новые места отдыха для населения Белгородского и Шебекинского районов. Проектируемые объекты рекреационной инфраструктуры были ранжированы: областного значения, муниципального и местного значения. (рис. 2).

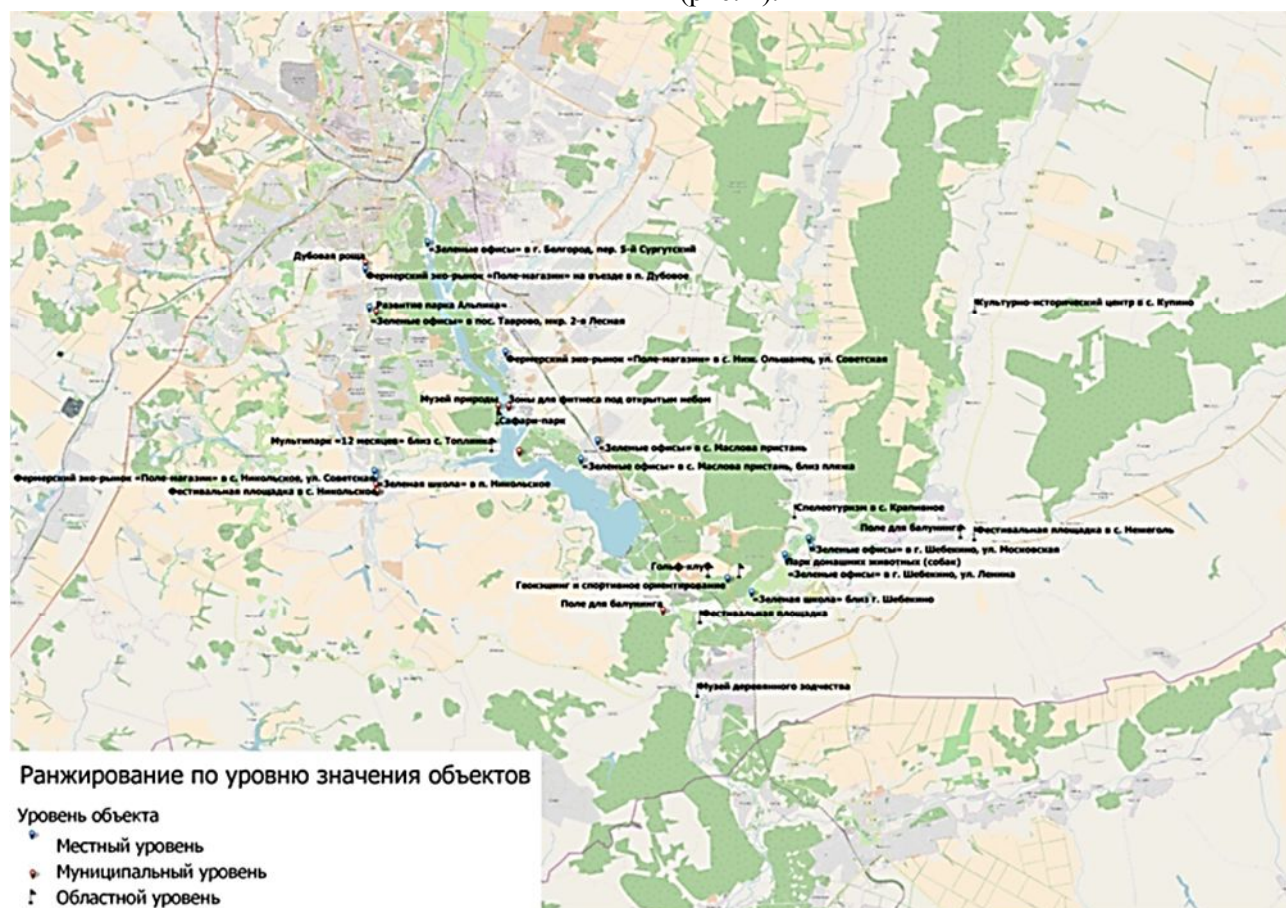


Рис. 3. Ранжирование объектов по уровню значения территории межмуниципального природного парка по концепции М.В. Перьковой. (Разработана группой студентов под руководством А.Е. Боровского)

В ходе изучения транспортной инфраструктуры территории Белгородского и Шебекинского районов были проанализированы схемы личного и общественного транспорта и выявлены проблемы доступа к проектируемым объектам отдыха и туризма. Для оценки транспортной доступности рекреационных объектов на личном и общественном транспорте наиболее рационально использовать геоинформационные системы. Геоинформационный анализ предполагает использование карты рассматриваемого района с использованием общедоступного ресурса OpenStreetMap, что дает возможность получить ряд исходных данных. На карты наносятся все

маршруты движения на личном или общественном транспорте с их характеристиками. Далее осуществляется построение изохрон при максимально разрешенной скорости движения личного или общественного транспорта на соответствующих участках улично-дорожной сети (УДС). Технология построения изохрон доступными средствами описана в работе «Построение изохрон транспортной доступности средствами GRASS и GIS QGIS» [1]. Полученные изохроны характеризуют максимальный охват при часовой доступности и максимально разрешенной скорости движения и нуждаются в корректировке с точки зрения реальных скоростей движения, например, на маршруте общественного транспорта. Такую

корректировку можно внести при помощи задания реальных скоростей на ребрах графа сети дорог. Реальные скорости можно получить, используя данные телематических систем спутниковой навигации (РНИС ГЛОНАСС) или используя

свободно распространяемые программные продукты, используемые в различных «гаджетах». Пример построения изохрон доступности на личном и общественном транспорте приведен на рис. 4–7.

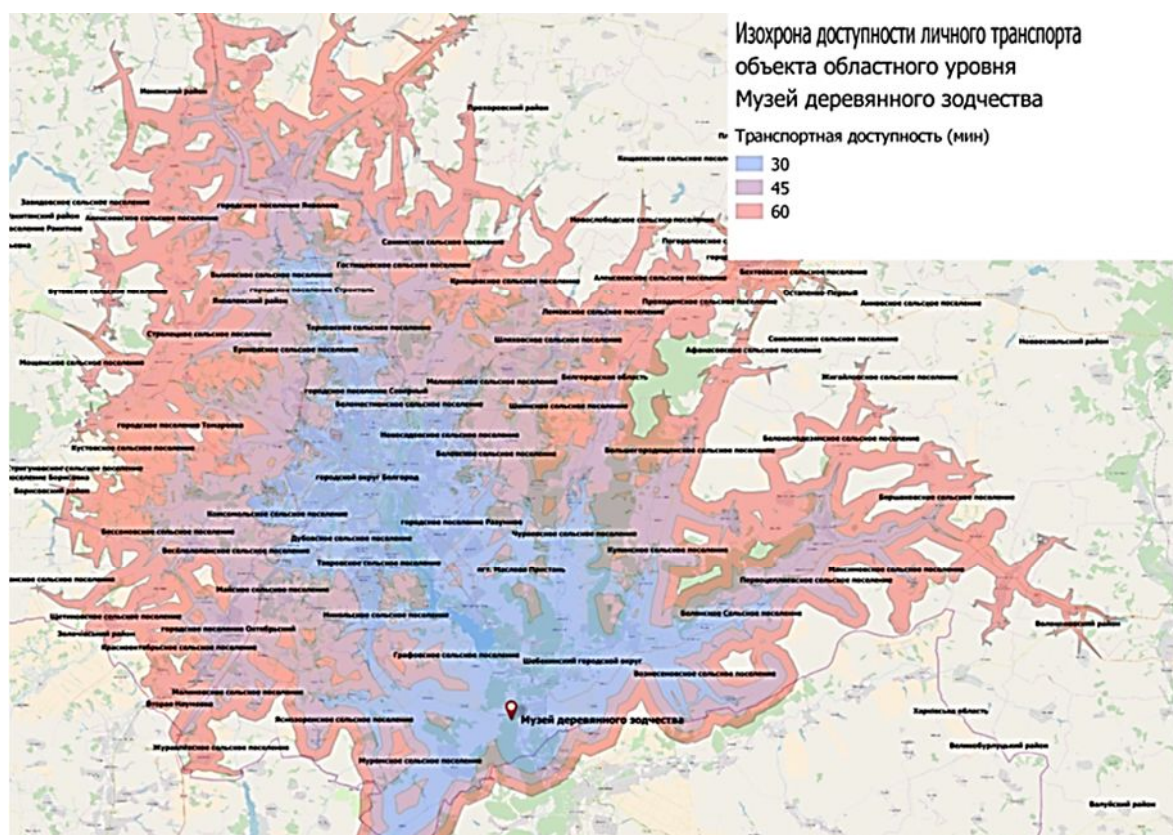


Рис. 4. Пример построения изохрон доступности личного транспорта объектов областного уровня музея деревянного зодчества в с. Новотаволжанка Шебекинского района по концепции М.В. Перьковой. (Разработана группой студентов под руководством А.Е. Боровского)

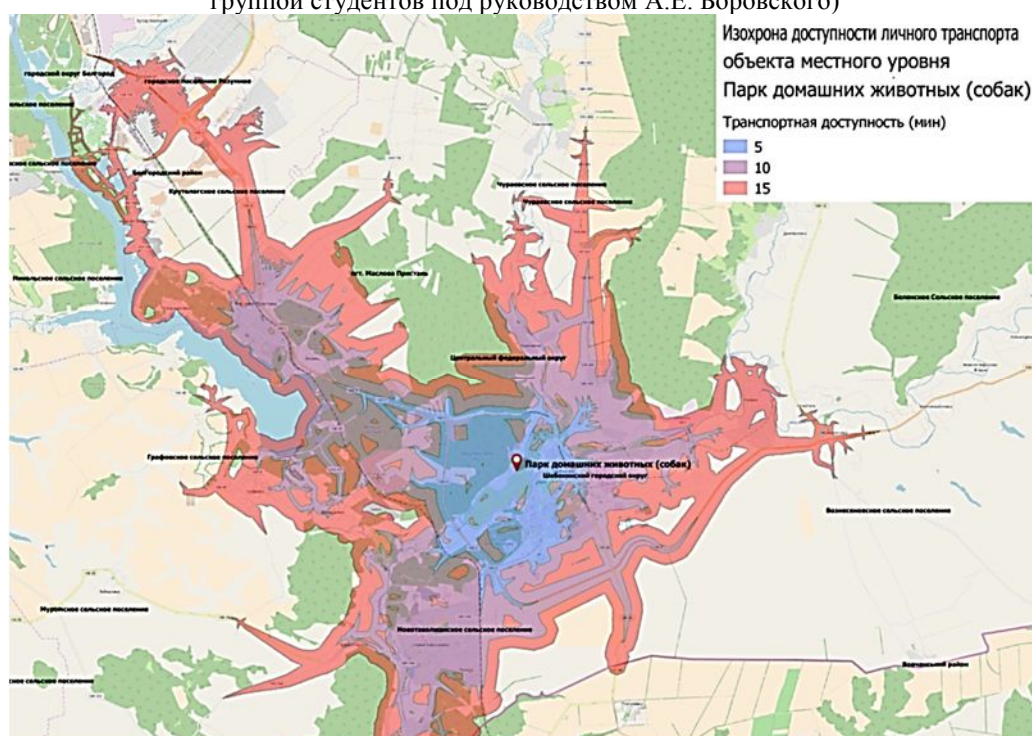
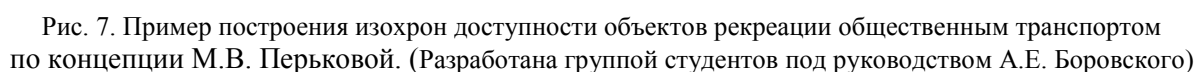
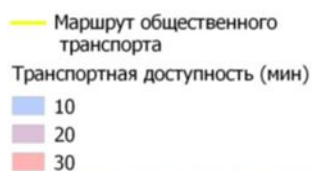
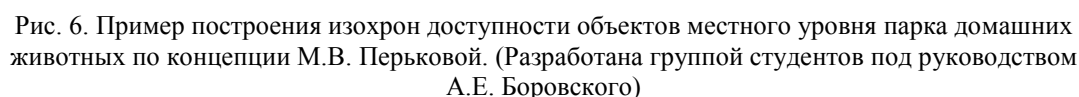


Рис. 5. Пример построения изохрон доступности личного транспорта объектов муниципального уровня существующего парка «Альпика». (Разработана группой студентов под руководством А.Е. Боровского)



Дорожную сеть территории можно охарактеризовать как достаточно плотную, включающую в себя как дороги с покрытием, так и без покрытия. Основные магистрали имеют меридиональное расположение. Транспортными осями являются магистрали, соединяющие Белгород и Шебекино, Шебекино и Сурково. Кроме того, мощное развитие получила магистраль, уходящая от Белгорода на юг, в связи развитием вдоль нее индивидуального жилого сектора.

При анализе передвижения туристов на личном транспорте было выявлено недостаточное количество парковочных мест близ крупных новых рекреационных объектов. Так, при проектировании нового белгородского зоопарка не был учтен достаточно большой поток посетителей из других областей. Такие же проблемы выявляются и в Пикник-парке в Соломино [7, 8].

Таким образом, проектирование дополнительных парковочных пространств необходимо при проектировании межмуниципального парка. Кроме того, парковочные места предусматриваются проектом в местах расположения новых пунктов проката велосипедов в точках старта ве-

лосипедных маршрутов. Данные маршруты разработаны с целью предоставления возможности посещения местных достопримечательностей, а также уменьшения влияния автомобилей на природный каркас территории межрайонного парка. Существующая сеть велосипедных маршрутов охватывает лишь близлежащие к Белгороду территории, проложенных вдоль главных магистралей через озелененные территории с целью изоляции от автомобильных потоков. Проектируемые маршруты проложены по Шебекинскому району вне населенных пунктов по грунтовым дорогам.

Для анализа доступности общественного транспорта с точки зрения остановочных комплексов использована аналогичная технология геоинформационного анализа. При этом берется классический размер охвата территории – 500-метровая пешеходная доступность. В ГИС она реализуется при помощи построения окружностей соответствующего диаметра вокруг остановок. Пример построения изохрон пешеходной доступности рекреационных объектов местного значения в г. Шебекино показан на рис. 8–9.

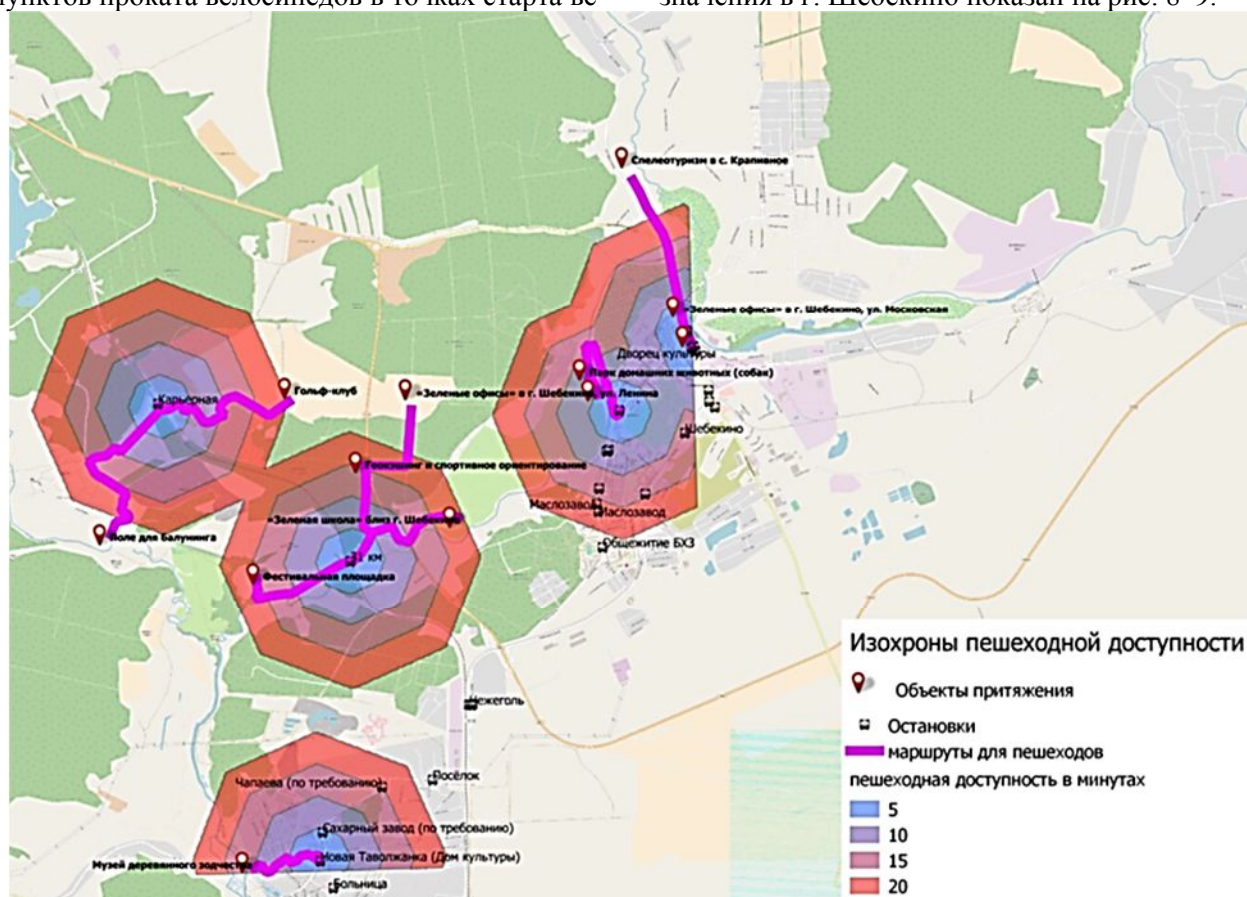


Рис. 8. Изохроны пешеходной доступности рекреационных объектов местного значения в г. Шебекино по концепции М.В. Перьковой.

(Разработана группой студентов под руководством А.Е. Боровского)



Рис. 9. Схемы подъездов личного транспорта и подходов пешеходов с оценкой доступности проектируемых объектов отдыха и туризма по концепции М.В. Перьковой.
(Разработана группой студентов под руководством А.Е. Боровского)

Таким образом, на карте определяются укрупненные зоны, где обслуживание населения общественным транспортом или пешеходная доступность не реализованы, т. е. нет комфортной среды для рекреантов с разнообразными интересами.

В целом, структуру сети общественного транспорта можно охарактеризовать как лучевую с основным центром в городе Белгороде и дополнительным в городе Шебекино, являющимся главной точкой притяжения межрайонного парка. Началом маршрутов общественного транспорта из Белгорода являются две точки: остановка Энергомаш (Западный район, северная часть города), откуда берут начало маршруты южного направления (Дубовое, Таврово, Никольское), и Железнодорожный вокзал (Восточный район, центральная часть города), откуда берут начало маршруты в направлении Шебекино. Началом маршрутов из Шебекино является автостанция, откуда берут начало маршруты в населенные пункты Шебекинского района. В связи с большим скоплением рекреационных объектов вблизи поселка Разумное Белгородского района вдоль водохранилища и села Новая Таволжанка Шебекинского района требуется усиление транспортных связей этих территорий с административными центрами районов путем организации маршрутов общественного транспорта [8].

Наличие объектов историко-культурного значения также дают возможность предложить несколько видов маршрутов: историко-познавательный, паломнический туристический, сельский туристический и экологический маршруты. Разработка и реализация стратегии развития отдыха и туризма в Белгородском и Шебекинском муниципальных районах Белгородской области на основе имеющегося туристско-рекреационного потенциала будет способствовать повышению качества жизни населения и инвестиционной привлекательности региона.

Для развития прогулочного и парусного спорта большим потенциалом обладают наиболее крупные водохранилища области – Старооскольское и Белгородское. Внутренние водоемы достаточно широко применяются в туристской индустрии и развивают отдых вблизи водоема. Помимо развития сухопутных маршрутов есть возможность усилить популярность водных, таких как сплав на байдарках и резиновых лодках. Такой активный вид отдыха набирает всё большую популярность. Существующий маршрут сплава по реке Нежеголь занимает один день, начинается в селе Ржевка, имеет две остановки, одна из них близ Храма иконы Божьей Матери Всех скорбящих Радосте и заканчивается у впадения Нежеголя в Северский Донец. Кроме того, рассматривается возможность развития водного

сообщения в летний период между Пикник-парком и планируемым на противоположном берегу парка «12 месяцев» с помощью хаусбота «Белгородец», который на данный момент совершает

только круговые прогулки с началом и концом маршрута в одной точке в Пикник-парке (рис. 10).



Река Северский Донец (Белгородское водохранилище)



Возвышенность близ села Топлинка

ВОДНЫЙ МАРШРУТ



Общая протяженность 52 км

Условные обозначения

- Спортивная зона
- Туристическая зона
- Деловая зона
- Рекреационно-оздоровительная зона

МОТОБАЙКОВЫЙ МАРШРУТ



Общая протяженность 56 км

Рис. 10. Водный и мотобайковый маршруты на территории Белгородского и Шебекинского районов. (Разработали М.В. Перькова, Н.А. Иванькина)

Рельеф Белгородской области позволяет проложить несколько мотобайковых маршрутов, которые будут интересны любителям экстрима. Наличие овражно-балочной сети может положительно сказаться на развитии данного вида транспорта. Данный вид перемещения позволяет сэкономить значительную сумму денег, которая потребовалась бы для оплаты такси или общественного транспорта при передвижении по природному парку и расположенных на его территории историко-культурных и природных мест.

На изучаемой территории существует два крупных конноспортивных клуба, что позволяет разработать гужевые маршруты. Расходы на гужевой транспорт гораздо ниже, чем на автомобильный. Также, в настоящее время, верховая езда становится все более популярной у людей разных возрастных категорий и завоевывает поклонников как один из видов активного отдыха. Один из маршрутов разработан с учетом расположения в лесном массиве Сосновка Белгородского района конноспортивного клуба «Белогорье». Данный маршрут пролегает вдоль берега

Белгородского водохранилища, тропа проходит сквозь хвойный лес, что делает прогулку оздоровительной. Второй конноспортивный клуб «Держава» находится в селе Стрелица Вторая Шебекинского района, что позволяет организовать конные прогулки вдоль значимых рекреационных объектов в северной части рассматриваемой территории.

Во всем мире значительной популярностью пользуется пеший туризм (треккинг) как вид физических тренировок. Развивающаяся популярность скандинавской ходьбы, здорового образа жизни и пешего туризма позволяет предположить, что спроектированная сеть пешеходных маршрутов, проходящих в основном по грунтовым дорогам вдали от основных магистралей, будет популярна у посетителей межмуниципального парка. Маршруты проходят через хвойный массив вдоль водохранилища, рядом с заповедными местами и ареалами реликтовых деревьев. Разработанные маршруты имеют разную протяженность и позволяют передвигаться пешком как самостоятельно, так и группами. Пеший туризм

позволит рассмотреть особенности ландшафтов, исторические достопримечательности и памят-

ники природы. Целью организации пеших маршрутов является организация и контроль за передвижением отдыхающих (рис. 11).



Грунтовая дорога в лесу



Грунтовая дорога, Белгородский район



Рис. 11. Гужевой и пеший маршруты на территории Белгородского и Шебекинского районов
(Разработали М.В.Перькова, Н.А. Иванькина)

Проведенный анализ транспортной инфраструктуры межмуниципального районного парка позволяет утверждать, что территория имеет централизованную структуру личного и общественного транспорта. Существующие объекты рекреационной инфраструктуры на рассматриваемой территории в своем большинстве имеют удовлетворительную доступность на личном транспорте. Маршруты общественного транспорта нуждаются в оптимизации путем корректировки интервалов движения к объектам рекреации местного и муниципального уровней в весенне-летний период времени и организации дополнительных остановок общественного транспорта.

С целью укрепления природного каркаса территории рекомендуется развитие альтернативных способов передвижения. В целом, планирование туристских маршрутов позволит сформировать дополнительные коммуникации, контролировать передвижения рекреантов и рекреационные нагрузки в зависимости от различных типов природных комплексов и функционально-ландшафтных систем [5]. На территории Белгородского и Шебекинского муниципальных райо-

нов возможна успешная реализация разработанных авторами различных туристических маршрутов для разнообразных интересов и потребностей населения: велосипедный, гужевой, пешеходный, мотобайковый и водный.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глущенко Е.И., Харузин В.Э., Боровской А.Е. Построение изохрон транспортной доступности средствами GRASS, GIS и QGIS // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018000834> (дата обращения: 21.01.2020)
2. Дегтярь А.В., Григорьева О.И. Татаринцев Р.Ю. Экология Белогорья в цифрах. Белгород: Константа, 2016. 122 с.
3. Иванькина Н.А., Перькова М.В. Концепция нового урбанизма: предпосылки развития и основные положения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 75–84.
4. Краснокутская Н.В. Определение экологических нагрузок на памятник природы «Остров

Ядасен» // Амурский научный вестник. 2015. №3. С. 35–43.

5. Колесников С.И. Экологическое нормирование антропогенной нагрузки на экосистемы. [Электронный ресурс]. Минск, 2010. Режим доступа: <http://clck.yandex.ru/udir. 22>

6. Крушельницкая Е.И., Перькова М.В. Формирование территорий рекреационно-туристического назначения в малых и средних городах Белгородской области // В сборнике: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии сборник статей XVI Междунар. научно-практич. конф. Под редакцией Селезнева В.А., Лушкина И.А.. 2014. С. 44–48.

7. Перькова М.В. Градостроительное развитие региональной системы расселения и ее элементов: дис...д. архитектуры 05.23.22. Санкт-Петербург, 2019. 384 с.

8. Перькова М.В. Методика выявления и разрешения градостроительных противоречий развития на региональном уровне // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 62–71.

9. Сидорова Н.В. Принципы организации транспортного обслуживания природных парков: дис...к.т.н. 18.00.04. Киев, 1984. 167 с.

Информация об авторах

Перькова Маргарита Викторовна, доктор архитектуры, доцент, заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства. E-mail: perkova.margo@mail.ru Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Иванькина Наталия Андреевна, ассистент кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: nataliya.ivankina@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Боровской Алексей Евгеньевич, доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта. E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Перькова Александра Юрьевна, студент. E-mail: alex.perkova2000@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Поступила 23.01.2020

© Перькова М.В., Иванькина Н.А., Боровской А.Ю., Перькова А.Ю., 2020

Perkova M.V., *Ivankina N.A., Borovskoy A.E., Perkova A.Y.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

**E-mail: nataliya.ivankina@yandex.ru*

ANALYSIS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE ON THE TERRITORY OF THE INTERMUNICIPAL NATURAL PARK IN THE SHEBEKINO AND BELGOROD DISTRICTS

Abstract. *The problem of the development of recreational areas is the contradiction between the recreational needs of the population and the limited opportunities to use the potential of the natural framework in highly urbanized areas. It is proposed to introduce the concept of «inter-municipal natural Park» formulated by the authors into scientific circulation. The study analyses regional and local programs for integrated development of Belgorod and Shebekino districts. It is revealed that the focus is on improving transport and social infrastructure, supporting soil fertility and providing services in the field of cultural and leisure activities of the population. The primary way to manage the flow of tourists is to organize a rational system of transport services. The analysis of the existing transport infrastructure of the inter-municipal natural Park in the Shebekino and Belgorod regions is carried out. The availability of the territory for public, personal transport and pedestrians is analyzed. Five alternative routes to personal and public transport have been developed: pedestrian, bicycle, horse-drawn, motorcycle and water routes that will help to preserve the natural and ecological potential of the territory and meet the diverse needs and interests of recreationists at the local, municipal and regional levels.*

Keywords: *recreational areas, natural park, transport infrastructure, tourist route, geoinformation technologies, accessibility isochrones.*

REFERENCES

1. Glushchenko Ye.I., Kharuzin V.E., Borovskoy A.Ye. Construction of transport accessibility isochrones using GRASS, GIS and QGIS [Postroyeniye izokhron transportnoy dostupnosti sredstvami GRASS, GIS i QGIS]. Materialy X Mezhdunarodnoy studentcheskoy nauchnoy konferentsii «Studentcheskiy nauchnyy forum» URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018000834> (data: access date 21.01.2020) (rus)
2. Degtyar A.V., Grigor'yeva O.I., Tatarintsev R.Yu. Ecology of the White Mountains in numbers [Ekologiya Belgor'ya v tsifrah: monografiya]. Belgorod: Konstanta, 2016. 122 p. (rus)
3. Ivankina N.A., Perkova M.V. The concept of a new urbanism: prerequisites for development and basic principles [Kontseptsiya novogo urbanizma: predposylki razvitiya i osnovnyye polozheniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 8. Pp. 75–84. (rus)
4. Krasnokutskaya N.V. Determination of environmental stresses on the Yadasen Island nature monument [Opredeleniye ekologicheskikh nagruzok na pamyatnik prirody «Ostrov Yadasen»]. Amurskiy nauchnyy vestnik. 2015. No. 3. Pp. 35–43. (rus)
5. Kolesnikov S.I. Environmental regulation of anthropogenic pressure on ecosystems. [Ekologicheskoye normirovaniye antropogennoy nagruzki na ekosistemy]. Minsk, 2010. Rezhim dostupa: <http://clck.yandex.ru/redir>. 22 (rus)
6. Krushelnitskaya Ye.I., Perkova M.V. The formation of territories of recreational and tourist destination in small and medium-sized cities of the Belgorod region. [Formirovaniye territoriy rekreatsionno-turisticheskogo naznacheniya v malykh i srednikh gorodakh Belgorodskoy oblasti]. Goroda Rossii: problemy stroitel'stva, inzhenernogo obespecheniya, blagoustroystva i ekologii sbornik statey XVI Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. Pod redaktsiyey Selezneva V.A., Lushkina I.A.. 2014. Pp. 44–48. (rus)
7. Perkova M.V. Urban development of the regional settlement system and its elements [Gradostroitel'noye razvitiye regional'noy sistemy rasseleniya i yeye elementov]: dis...d. arkhitektury 05.23.22. Sankt-Peterburg, 2019. 384 p. (rus)
8. Perkova M.V. Methodology for identifying and resolving urban development contradictions at the regional level [Metodika vyyavleniya i razresheniya gradostroitel'nykh protivorechiy razvitiya na regional'nom urovne]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 4. Pp. 62–71. (rus)
9. Sidorova N.V. [Printsipy organizatsii transportnogo obsluzhivaniya prirodnikh parkov]: dis...k.t.n. 18.00.04. Kiyev, 1984. 167 p. (rus)

Information about the authors

Perkova, Margarita V. PhD, Assistant professor. E-mail: perkova.margo@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ivankina, Nataliya A. Assistant. E-mail: nataliya.ivankina@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Borovskoy, Alexey E. PhD, Assistant professor. E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Perkova Alexandra Y. Bachelor student. E-mail: alex.perkova2000@mail.ru. State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

Received 23.01.2020

Для цитирования:

Перькова М.В., Иванькина Н.А., Боровской А.Ю., Перькова А.Ю. Анализ функционирования транспортной инфраструктуры на территории межмуниципального природного парка в Шебекинском и Белгородском районах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 53–63. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-53-63

For citation:

Perkova M.V., Ivankina N.A., Borovskoy A.E., Perkova A.Y. Analysis of transport infrastructure on the territory of the intermunicipal natural park in the shebekino and Belgorod districts. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 53–63. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-53-63

DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-64-76

Аборас А.Ю., *Скопинцев А.В.

Академия архитектуры и искусств Южного Федерального Университета,

*E-mail: scoparh@yandex.ru

МОДЕЛИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В СТРУКТУРЕ ГОРОДСКИХ АКВАТОРИЙ

Аннотация. Предлагается подход к архитектурно-ландшафтному формированию общественных пространств на воде, основанный на модельном представлении контактной зоны «река-город». Систематизированы функциональные нагрузки общественных пространств, выносимых в структуру городских акваторий. Представлено несколько перспективных направлений формирования общественных пространств на воде как содержательных уровней диалогового взаимодействия между акваторией и прибрежной городской застройкой: 1) сценарно-функциональный подход к формированию линейных пространств общественно-пешеходной среды; 2) дополнение и развитие экологического комплекса самой акватории; 3) эстетическая гармонизация среды прибрежных зон; 4) усиление поперечных связей города и акватории через размещение общественных пространств на воде. В рамках первого направления, основанного на сценарно-функциональном подходе, предложено восемь функционально-планировочных моделей организации общественных пространств на воде: «линейно-поступательная модель»; «сложно-расчлененная модель»; «поперечная» сценарно-функциональная модель; «замкнутая (кольцевая) модель»; «радиальная (дугообразная)»; «веерная» (лучевая) модель общественных пространств в структуре акватории; «возвратно-поступательная» (комбинированная) модель, «дискретная модель». Предложен ряд теоретических моделей организации общественных пространств в структуре городских акваторий, отражающих принципы эстетической гармонизации приречных ландшафтов, дополнения и реабилитации утраченных качеств их экологического комплекса и организации «поперечных связей» городской среды с акваторией. Представленные модели расширяют область возможных концептуальных подходов и направлений реконструкции, модернизации и приспособления приречных зон и акваторий под общественные функции, а также формируют новые методические средства предпроектного анализа, вариантного поиска и моделирования контактной зоны «застройка – акватория».

Ключевые слова: общественные пространства на воде, городская акватория, прибрежная зона, приречный ландшафт, функционально-пространственные и планировочные модели.

Введение. Архитектурно-ландшафтная организация приречных территорий остается сегодня одним из актуальных вопросов в формировании общественной городской среды. Развитие общественных пространств у воды взамен бывших промышленных территорий, деградированных ландшафтов обеспечивает возможность дальнейшего развития побережья, в целом городской среды, гармонично соединяя ее с водоемом [1]. Новым этапом освоения городских акваторий выступает качественное расширение зоны общественных пространств и реконструированных прибрежных территорий в виде набережных, общественно-пешеходных зон и приречных променадов [2, 3]. Это происходит, в том числе, с вынесением ряда общественных функций, знаковых объектов городской среды, арт-объектов и публичных пространств непосредственно в структуру водоема [4, 5]. Отчасти это связано с ограниченностью территории самих береговых зон, не способных внедрить усиленный ритм общественной жизни в свой планировочный потенциал, с другой стороны, сама акватория, как ландшафтная единица, становится площадкой новых архитектурных экспериментов, включаясь

в дизайн-концепцию реконструкции и модернизации набережных.

Появление подобных подходов и концептуальных направлений обеспечивает обилие конкурсных проектов, а также реализованных проектных предложений по развитию и реновации приречных территорий. В России знаковыми событиями в данном направлении выступают: ежегодно проводимый архитектурный фестиваль «Эко-берег»; прошедшие масштабные международные конкурсы по развитию приречных территорий Москвы-реки и по формированию концепций архитектурно-ландшафтного освоения водно-зеленой зоны озера Кабан в г. Казань и др. Удачные примеры реновации приречных зон с приспособлением под общественные функции имеются за рубежом, например: реконструированная набережная южного берега реки Темзы в Лондоне; проект расширения публичной и пешеходной зоны центральной набережной Торонто в Канаде; реконструкция общественных зон в порту Тель-Авива в Израиле и др. [6].

В то же время опыт использования в описанных проектах именно акватории как проектной

площадки для размещения общественных функций носит скорее локальный, авторский, эксклюзивный характер и не имеет четких закономерностей и методики организации, что делает этот аспект архитектурно-ландшафтного проектирования малоизученным и актуальным. Целью данного исследования выступает поиск и разработка возможных архитектурно-планировочных и функционально-пространственных моделей организации общественных пространств в структуре городских акваторий, расширяющих палитру методических средств и инструментов архитектурно-ландшафтного и средового проектирования.

Решение такой достаточно сложной и многоаспектной задачи по архитектурной организации и размещению общественных пространств у воды и в структуре городского водоема определяет многообразие направлений и подходов к реновации приречных зон с решением различных локальных и глобальных задач взаимодействия акватории и города. Анализ теоретических источников показал, что в исследованиях по формированию прибрежной городской среды уже рассматривались аспекты композиционного взаимодействия «воды и архитектуры», визуальной оценки формируемых речных панорам и фасадов [7, 8]; решались функционально-планировочные задачи организации рекреационных прибрежных зон крупных городов, а также оптимального функционального зонирования прибрежных территорий в зависимости от планировочной структуры города [9, 10].

В связи с необходимостью оценки возможного техногенного воздействия на акваторию при формировании прибрежных зон с общественными функциями сформировался ряд исследований в рамках «экологического подхода» с решением задач «устойчивого развития» урбанизированной архитектурно-ландшафтной среды, в том числе многофункционального использования общественных пространств городских акваторий, и формирования на этой основе экоустойчивых «культурных ландшафтов» городов у воды [11–13].

Методология. В рамках отмеченных исследований по проблемам организации общественной городской среды в прибрежной зоне перспективным представляется подход, рассматривающий контактные области «акватория – город» – как своеобразное поле «диалога двух стихий» [14]. Развивая данное утверждение, в предлагаемом исследовании применяется методика, основанная на системном представлении подобного

диалога. Основу данного методического подхода к организации общественных пространств в структуре ландшафтного комплекса городской акватории составляют следующие положения: а) диалог формируется как своеобразное «поле взаимодействия» между акваторией и внедряемыми в нее антропогенными объектами и пространствами б) структура и содержательное наполнение формируемого «диалога» может иметь «многоуровневое описание», позволяющее «выстраивать» его на различных уровнях функционально-пространственного, визуального и композиционного «взаимодействия» акватории и городской застройки [15]. Опираясь на методические положения данного перспективного подхода к возможному формированию общественных пространств в структуре приречных ландшафтов и городских акваторий, в исследовании предпринята попытка модельного представления и описания устойчивых ситуаций взаимодействия акватории и объектов с общественными функциями, что будет способствовать в дальнейшем расширению области вариантного поиска проектных решений, а также формированию методического «инструментария» и арсенала средств и методов проектной работы в этом аспекте.

Основная часть. Исследование представленного выше отечественного и зарубежного опыта функционального освоения прибрежных зон позволяет выделить и сгруппировать характерные общественные функции городских пространств «у воды» и «на воде». Систематизация возможных функциональных нагрузок пространственных ситуаций, «выносимых» в структуру городских акваторий, позволяет сформировать возможное разнообразие архитектурно-планировочных и функционально-пространственных моделей подобных общественных пространств. В результате классификации общественных функций, выносимых в зону городской акватории, условно можно выделить три группы:

1) *камерные интимные функции*, включая: локальные зоны отдыха, небольшие рекреации в виде смотровых площадок, плавучих модулей, искусственных островов, пантонных мостков и др. (рис. 1);

2) *парадные, праздничные пространства*: фестивальные площадки на воде, дебаркадеры с общественно-развлекательными функциями и функциями общепита (рестораны и кафе на воде); фрагменты парковых пространств на воде: аттракционы, «обитаемые мосты» плавучий ресторан, сцена, медиа-фонтан с лазерным шоу на воде и др. (рис. 2);



Рис. 1. Пример общественного пространства на воде с камерными (интимными) функциями уединенного отдыха (береговое кафе, Финляндия, фото: В.А. Нефедова)



Рис. 2. Парадное общественное пространство на воде: разводной пешеходный мост Рамбла де Мар в Барселоне

3) *общественно-деловые пространства на воде*: променады и пешеходные галереи в виде пантонных мостов, пирсов и свайных сооружений; музейно-выставочные функции; причалы,

пирсы и искусственные острова для яхт, катамаранов и прогулочных судов и др. (рис. 3).



Рис. 3. Пространство променада перед офисно-деловыми зданиями:
Набережная Кальвебод Брюгге, Копенгаген, Дания

Типы возможного композиционного и пространственного взаимодействия общественных объектов и акватории могут включать варианты:

а) общественные пространства «интегрированы» в структуру акватории (погружные ванны, модули для дайвинга, заглубленные галереи и др.);

б) общественные пространства и объекты расположены *на воде* (пантонные мосты, плавучие острова, дебаркадеры, пирсы, надводные парки др.);

в) общественные функциональные пространства расположены *над водой* (консольные смотровые площадки, вынесенные над водой пандус-галереи, секции канатной дороги между берегами акватории).

Концепция внедрения общественной функции в ландшафтный и природный комплекс городской акватории порождает проблемы создания продуманных ансамблей с учетом визуальных характеристик формируемых фрагментов архитектурно-ландшафтной среды, в том числе: продуманных маршрутов, и свойств видовых картин, а также грамотное использование художественных качеств природного ландшафта акватории и уже сложившейся в береговой полосе эмоционально ориентированной среды набережной, как публичной и пешеходной зоны.

В этом аспекте можно выделить несколько перспективных направлений функционального и архитектурно-художественного освоения пространства акватории.

Первое направление – «сценарно-функциональное представление» общественно-пешеходной среды в зоне акватории – характерно

при эко-реконструкции урбанизированных и техногенных городских ландшафтов. В этом случае при организации во времени «линейных» функций (променадов, пешеходных набережных) среда прибрежных зон и самих акваторий может рассматриваться как своеобразный «пространственно-тематический сценарий». В основу сценарного освоения формируемых общественных пространств могут быть положены различные концепции и «сценарии» развития прибрежной зоны: декоративно-пластические, световые, цвето-морфные, метроритмические и др. Однако для создания у посетителей запоминающегося и целостного впечатления от посещения променада, особое значение имеет использование единого художественно-архитектурного стиля на протяжении всего линейного маршрута. Например, применение различных тематических ретроспекций, постисторических реминисценций в оформлении планируемых на променаде объектов, площадок, досуговых зон может стать единым стилистическим лейтмотивом общественных пространств на воде, который также является связующим компонентом единого пространственно-временного сценария. В качестве носителей функциональных, тематических и композиционно-стилистических «нагрузок» могут выступать малые формы в определенном стиле, в том числе и береговое ограждение, гармонирующее с историческими объектами, и создающее чередование «движений» и «пауз», своеобразные тематические объекты с общественными функциями: аллеи, сцены, террасы, кафе на воде и т.д., которые будут иметь определенную функциональную направленность, например: «обитаемый

мост», «ресторан – дебаркадер», «тихая заводь» и др.

Особенностью данного подхода является представление общественного пространства как «линейного тематического маршрута», разворачивающегося во времени и включающего в себя следующие циклические компоненты: а) «маркеры» – достопримечательности места, проектируемые катализаторы общественной активности и полифункциональности среды; б) «мизансцены» – микропространства общественной деятельности, информационного обмена и пешеходного движения, формируемые вокруг маркеров; в) «тематические зоны» - совокупность мизансцен, объединенных единым архитектурно-художественным стилем, «тематическим» звучанием и декоративно-пластическим «языком» про-

странства; г) «интегральный сценарий» - как пространственно-временная последовательность тематических зон в рамках одной концепции.

Такой сценарно-функциональный подход к использованию городских акваторий порождает несколько возможных *архитектурно-планировочных и функционально-пространственных моделей* размещения общественных пространств на воде.

А. «Линейно-поступательная» модель общественного пространства на воде – характерна параллельным размещением пешеходных связей и линейных пространств относительно береговой полосы городской акватории. Выражением такой модели выступает линейный водный парк, пантонный мост, связывающий отдельные плавучие модули или смотровые площадки на воде, формирующие своеобразные маркеры и мизансцены (рис. 4).

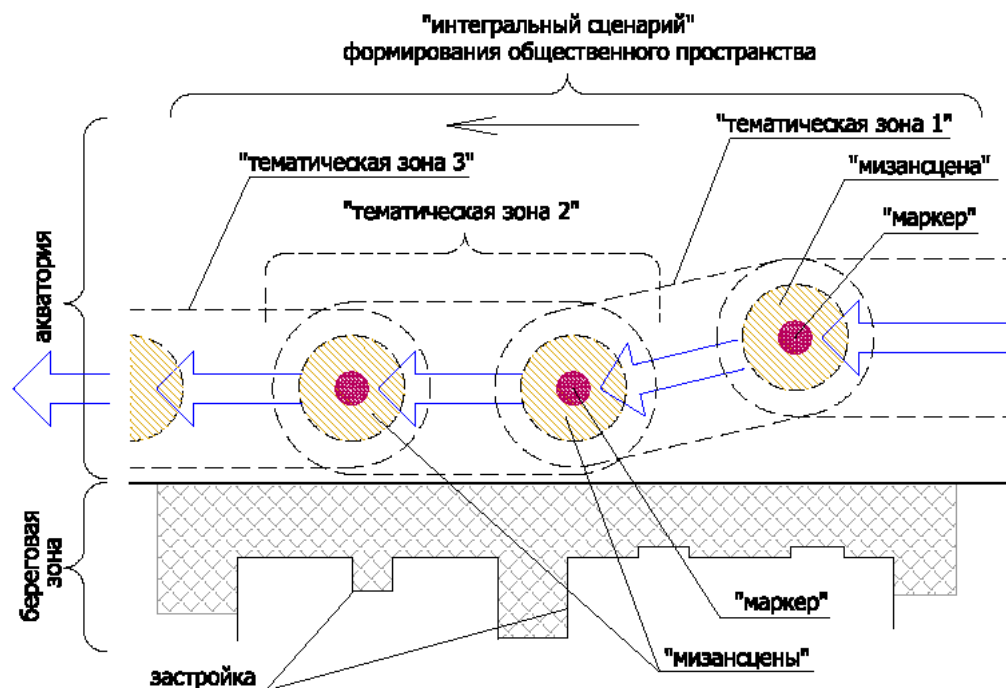


Рис. 4. Линейно-поступательная модель общественного пространства в структуре городской акватории (променад-пирс, линейный парк на воде и др.)

Б. «Сложно-расчлененная модель» общественных пространств на воде – формирует сложный пространственно-временной сценарий с характерной сменой направлений и маршрутов движения, возвращением к береговой полосе, пересечениями пешеходных связей. Примерами такого рода пространств выступают: болотный парк, секторальный пруд, «мост поворотов» и др. (рис. 5).

В. «Поперечная сценарно-функциональная модель» общественных пространств на воде – характеризуется их перпендикулярным

расположением относительно береговой полосы и линейной структуры городского водоема с организацией «мостового перехода», связывающего его противоположные берега. В качестве вариаций возможна организация нескольких пространственно-тематических сценариев общественных пространств на воде в одном уровне, двух- и многоуровневых структурах. Примерами такого рода пространств выступают: многоуровневые обитаемые мосты, торгово-пешеходные эспланады, смотровые площадки над переливными плотинами и др. (рис. 6).

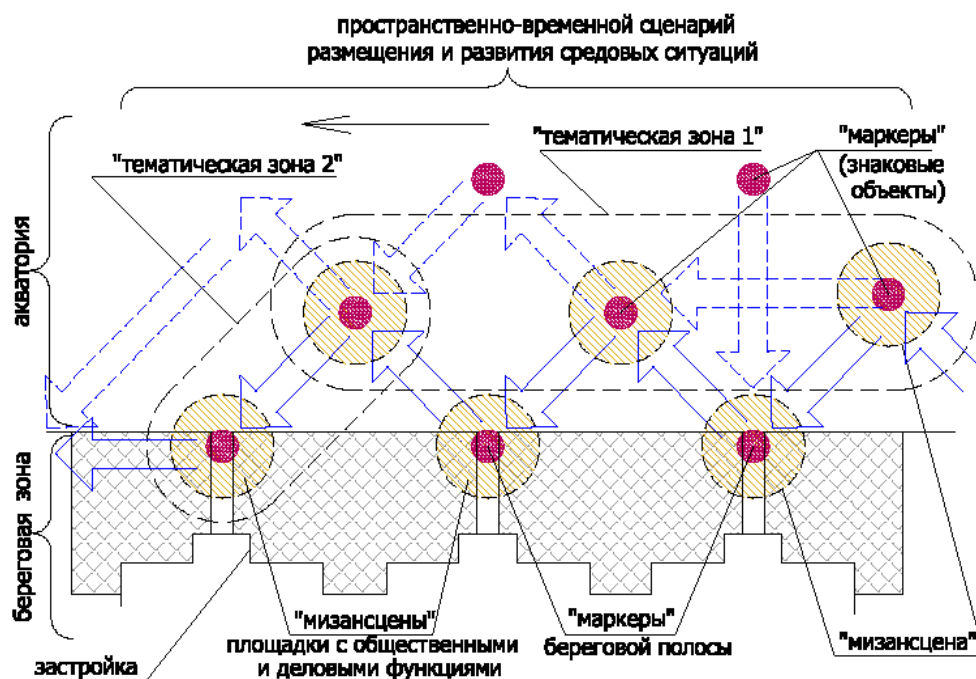


Рис. 5. Сложно-расчлененная модель общественного пространства на воде (отражает многомерность связей акватории и суши и сложные траектории движений и маршрутов)

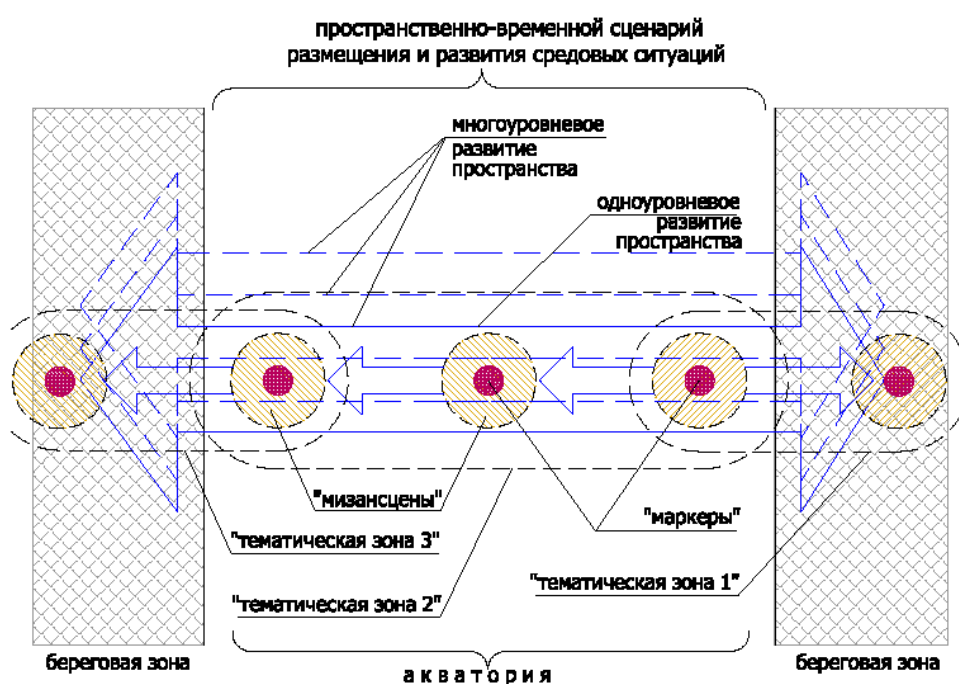


Рис. 6. Поперечная сценарно-функциональная модель общественного пространства на воде (обитаемый мост, многоуровневая пешеходная эспланада над водой)

Г. «Замкнутая (кольцевая) модель» общественного пространства на воде – предполагает объединение суши и акватории через замкнутую непрерывную цепь связующих маршрутов и пространственно-временных тематических зон в рамках единой концепции развития прибрежной

зоны городской акватории. Примером выступают проекты расширения и модернизации приречных парков с выносом отдельных функциональных зон - кафе, ресторанов, прогулочных аллей и секторов парка - в акваторию (рис. 7).

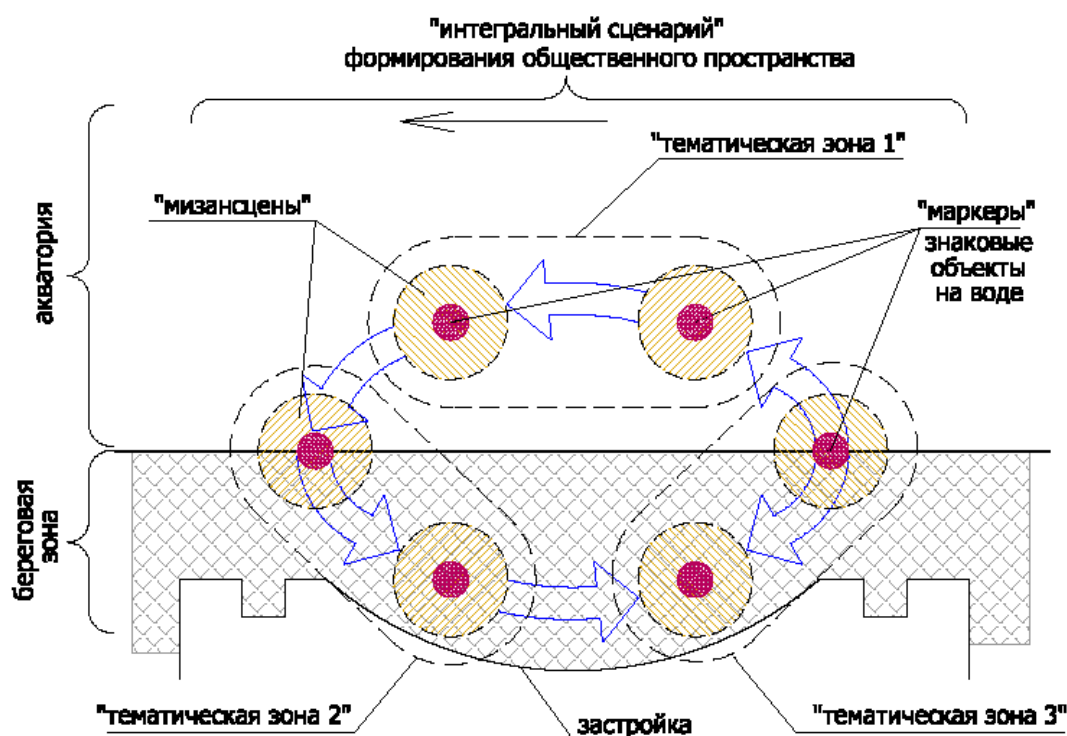


Рис. 7. Замкнутая (кольцевая) модель общественного пространства на воде (реконструкция с расширением приречного парка, плавучий ресторан)

Д. «Радиальная (дугообразная) модель» общественного пространства на воде – определяет дуговую траекторию формирования пешеходных связей и предполагает развитие и обогащение сценария берегового променада за счет усложнения средовых ситуаций с размещением части знаковых объектов – «маркеров» и «мизансцен» в акватории с объединением их за счет дебаркадоров, пантонных мостов, надводных галерей – как своеобразных тематических зон. В качестве примеров такого подхода выступают проекты развития водно-зеленой зоны береговой акватории, создание надводного променада-дублера, создание искусственной косы-пирса, вычлняющей из основной акватории замкнутый мини-водоём, бассейн (рис. 8).

Е. «Веерная» (лучевая) модель» общественного пространства, расположенного в структуре акватории, формируется за счет размещения в ней серии искусственных островов, плавучих платформ или объектов с точечной, локальной общественной функцией, связанных самостоятельными пешеходными, функциональными связями (мини-мостами) с береговой зоной, основной суши. Разнообразие и индивидуальность функций каждого такого объекта на

воде – определяет самобытность тематических зон – как своеобразных сценарных маршрутов, идущих от «центра», который может быть представлен: а) площадью в структуре набережной, б) завершением поперечного спуска, в) выступающим мысом в береговой полосе и т.д. (рис. 9).

Ж. «Возвратно-поступательная» (комбинированная) модель» сценарно-функциональной организации общественных пространств в структуре акватории – формируется в условиях сложно-расчлененного контура береговой зоны, в которой комбинируется метроритмическое расположение фьрдов, сильно выступающих мысов и полуостровов, связи между которыми (пешеходные и функциональные) организуются по воде. «Маркерами» и мизансценами в данном случае выступают знаковые природные или антропогенные объекты в структуре данных выступающих частей суши, обращенные в акваторию. Примерами подобной организации общественных пространств выступают фестивальные зоны на воде, рыбацкие поселки, культурно-познавательный экологический центр с туристическим маршрутом по полуостровам (рис. 10).

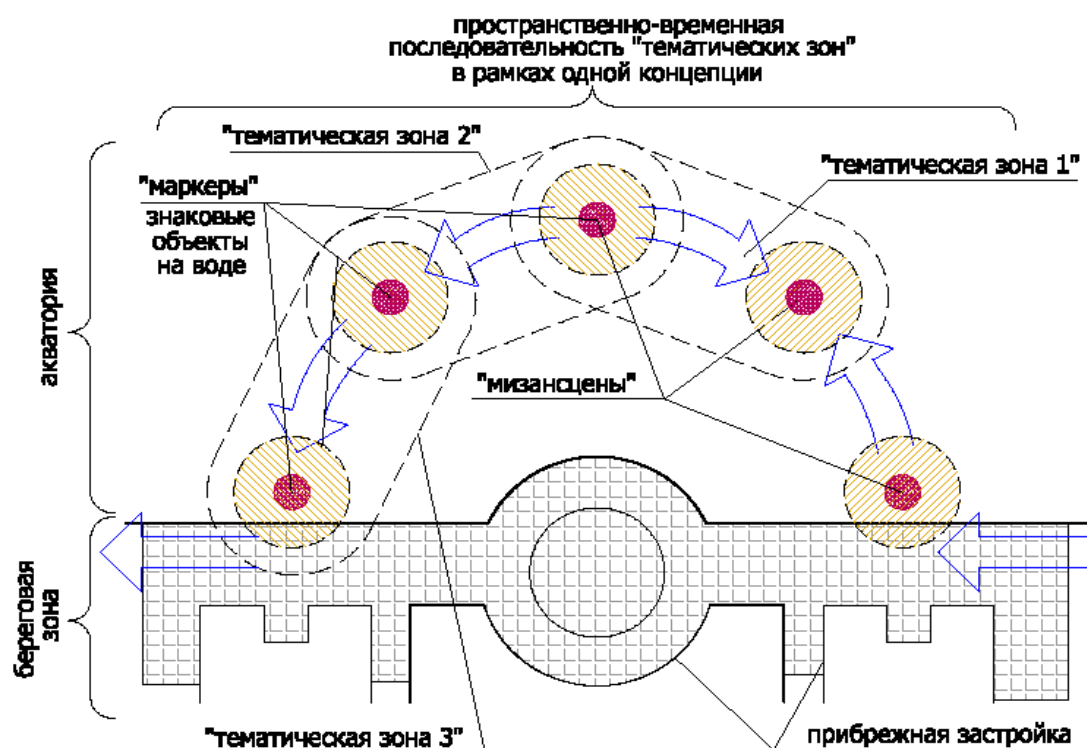


Рис. 8. «Радиальная (дугообразная) модель» сценарно-функционального размещения общественных пространств в акватории (водный променад, прогулочный пирс, марина)

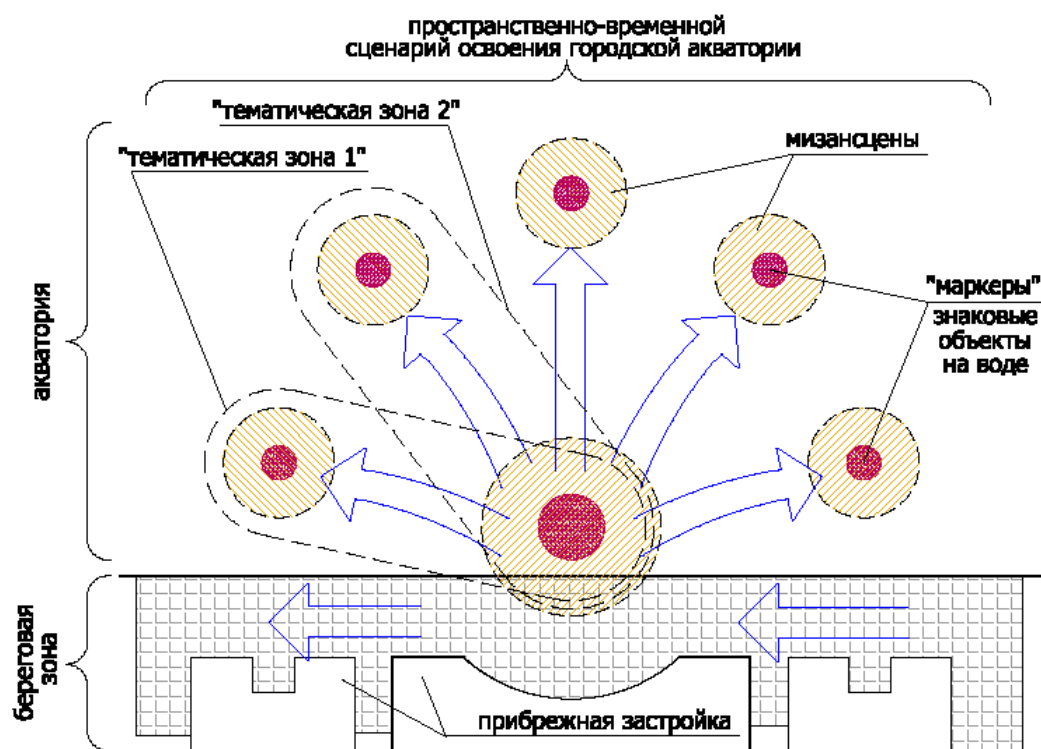


Рис. 9. «Веерная» (лучевая) модель общественного пространства в акватории (искусственные острова, водные платформы, соединенные мини-мостами с сушей)

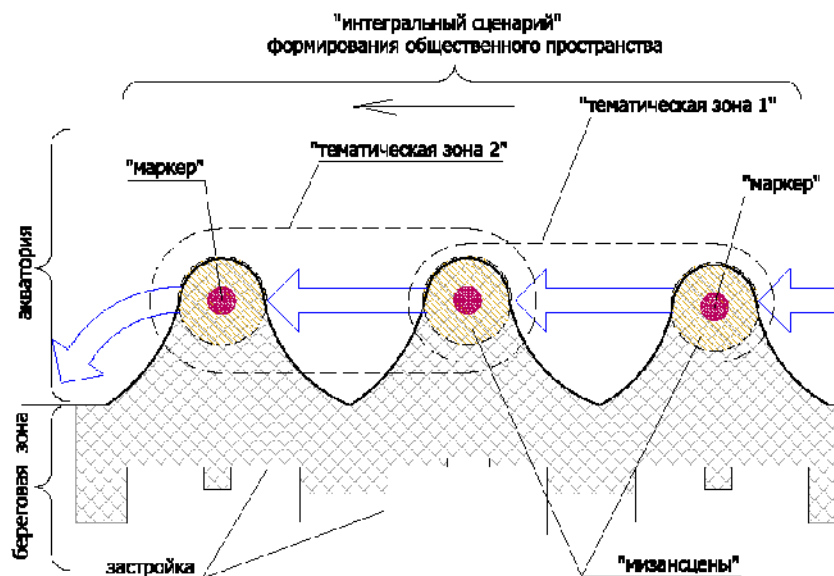


Рис. 10. «Возвратно-поступательная» (комбинированная) модель» сценарно-тематической организации общественной функции в структуре прибрежной зоны и акватории

3. «Дискретная модель» общественных пространств на воде – характерна для сложной формообразующей линии береговой полосы городского водоема с множеством островов различной конфигурации, выступов, мысов, заводей и т.д., выступающих своеобразными «маркерами» и природными достопримечательностями места. С учетом данной модели объединение

природных достопримечательностей и «духов места» происходит за счет включения в структуру акватории локальных общественно-пешеходных связей и самостоятельных сценарно-тематических маршрутов, формирующих несколько концепций реновации среды прибрежной зоны (рис. 11)

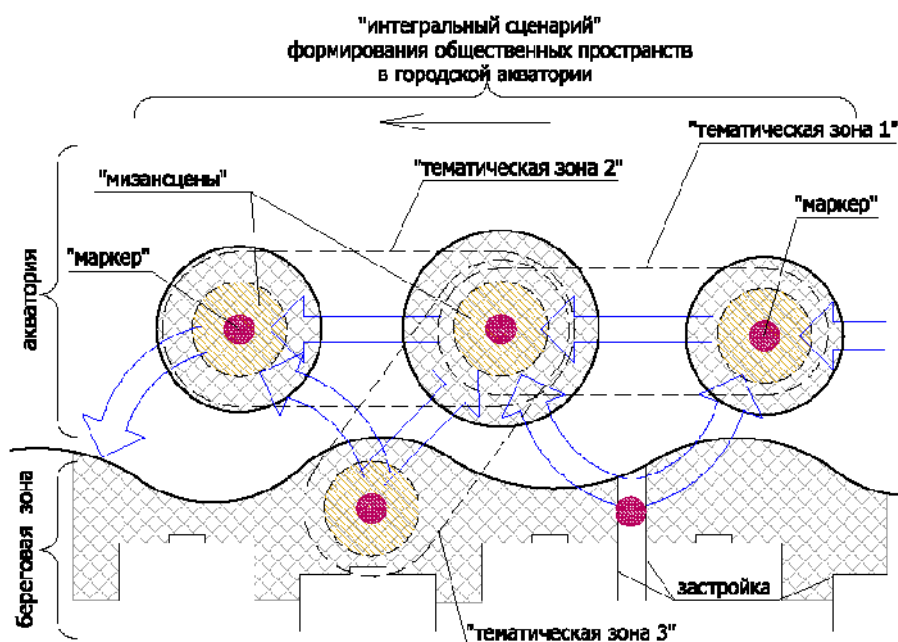


Рис. 11. «Дискретная модель» сценарно-функциональной организации общественных пространств на воде, объединяющих серию существующих островов в единый интегральный сценарий (туристический эко-маршрут, тематический парк на островах)

Представленные модели отражают разнообразие форм сценарно-функциональной организации непрерывного общественного пешеходного

пространства или серии пространственно-средовых ситуаций в структуре акватории на основе дополнения и развития общественных функций

существующего променада набережной и выявления архитектурно-ландшафтного потенциала прибрежной зоны. Однако в большинстве случаев на первый план при формировании общественных функций на воде выходят не столько композиционно-пространственные и средовые, сколько экологические проблемы, что делает актуальным сохранение природного потенциала самой акватории.

Второе направление возможного формообразования и размещения общественных функций на воде – **«дополнение и развитие экологического комплекса самой акватории»** – позволяет обеспечить экологическую реабилитацию среды прибрежных зон (примерами выступают: плавучий эко-парк, болотный парк, расширение сети обитаемых водоемов и др.). Долговременное игнорирование ценных внутригородских прибрежных территорий в большинстве случаев приводит к деградации этих зон. Нарушенная экология большинства портовых территорий в сочетании с низкой эффективностью освоения стали основными причинами для формирования нового направления, а именно экологической реабилитации. Данное направление организации общественных пространств на воде основано на дополнении (реабилитации) утраченных качеств приречных ландшафтов по трем составляющим компонентам:

1) Первый структурный компонент ландшафта городской акватории – «рельеф». Моделями возможной трансформации рельефа с помощью общественной функции выступают: а) Модель «береговой склон» – предполагает дополнение и развитие качеств рельефа и микрорельефа береговых склонов за счет интеграции в него объектов с общественно-пешеходными функциями с частичным выносом их в акваторию (смотровые площадки, подпорные стены, гроты, исторические редуты и др.); б) Модель «тематические террасы» – предполагает функциональное освоение приречных склонов в виде тематических террас (например террасы: «историческая», «ландшафтная», «общественная», «береговая» и др.) с выходом в акваторию; в) Модель «искусственные острова» – предполагает формирование дополнительной системы экологических островов с культурно-познавательными маршрутами.

2) Второй структурный компонент ландшафтного комплекса акватории – «зеленые структуры». Перспективными моделями организации общественных пространств в этом направлении выступают: а) Модель «парк на воде» – предполагает развитие комплекса зеленых структур приречного ландшафта в виде плавучих модулей с контейнерным озеленением, секторов парка платформ; б) Модель «буферная зона» –

предполагает восстановление прибрежной зеленой полосы – как воднозащитного барьера с променадом; в) Модель «зеленые эспланады» – размещение в структуре акватории озелененных мостов, водных аллей.

3) Третий структурный компонент приречной зоны – «зеркало» самой акватории предполагает в качестве перспективных моделей формирования общественных пространств у воды: а) усиление визуальной и художественной выразительности береговой линии за счет включения в нее арт-объектов, площадок со скульптурами, инсталляциями; б) усложнение конфигурации и абриса береговой полосы и зеркала акватории за счет воссоздания и регенерации утраченных компонентов (мысов, заводей, островов и др.).

Третье направление формирования общественных пространств на воде – «эстетическая гармонизация среды прибрежной зоны и акватории». Принцип эстетической гармонизации среды означает необходимость перехода от частных, фрагментарных преобразований прибрежной городской среды к рассмотрению её с позиций более высокой упорядоченности, целостности и «взаимосогласованности» отдельных частей. Это становится возможным лишь в случае соотнесения, формируемых новых архитектурно-ландшафтных ансамблей на воде с эстетическими ценностями территории, с включением различных композиционных и содержательных связей.

В этом аспекте может быть реализовано несколько моделей композиционной организации общественных пространств на воде: а) «тождественная модель», предполагает «слияние» вновь формируемых объектов с ландшафтным комплексом акватории по ряду признаков эстетической гармонизации; б) «компромиссная модель» отражает «работу в стиле», вариации на тему «био-подобной» архитектуры, либо поиск разумного баланса между сохранением «знаков прошлого» сложившейся прибрежной зоны и включением «элементов будущего». Второй вариант формообразования предполагает усложнение ведущих композиционных и образных характеристик среды прибрежной территории, поиск новых приемов симбиоза антропогенных и естественных природных структур в формировании общественных пространств на воде, использование как современного информационно-пластического слоя и знаковых элементов, так и исторического наследия в создании запоминающегося образа акватории и интегрированных в нее объектов.

Четвертое направление – «Усиление поперечных связей города и акватории через размещение общественных пространств на воде –

может рассматриваться как способ формирования «контактной зоны» реки и города». Отличительной особенностью данного подхода является формирование удобных и «сильных» связей-спусков и коммуникаций из городского центра к прибрежным зонам и акватории. В этом случае роль общественных пространств, размещаемых в структуре акватории, будет определяться: а) возможностью «усиления» функционального взаимодействия застройки прибрежной зоны и городского водоема через продолжение поперечных спусков и пешеходных эспланад с выходов на воду, а также б) формированием «устойчивых визуальных связей» города и акватории. «Продуманное» размещение общественных пространств и объектов на воде создает систему знаковых видовых точек и устойчивых моделей восприятия, которые включают: а) визуальные модели самой акватории и объектов на ней со стороны города, по оси поперечных спусков, со смотровых площадок; б) модели восприятия водного фасада города со стороны акватории и объектов, размещенных в ней.

Подобные приемы и модели визуального и композиционного формирования общественных пространств на воде будут способствовать усилению значимости и развитию образно-эмоциональных характеристик речного и водного фасада.

Выводы. С позиций архитектурно-ландшафтного формирования контактной зоны «река-город» предложен ряд подходов к устойчивому развитию прибрежных территорий через размещение пространств и объектов с общественными функциями на воде. Сформирован комплекс теоретических моделей организации общественных пространств в структуре городских акваторий, который позволяет организовать сценарно-функциональные маршруты в линейных пешеходных пространствах, применить приемы эстетической гармонизации приречных ландшафтов, дополнить утраченные качества их экологического комплекса и организовать поперечные связи города и акватории. Перечень представленных в исследовании моделей позволяет расширить область концептуальных поисков и вариантных решений при реконструкции и модернизации архитектурной среды приречных зон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gray F. Designing the seaside. Architecture, Society and Nature. London. Reaktion Books Ltd, 2006. Pp. 160–170.
2. Botao L. Zhangjiagang Town River Reconstruction [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.arch-daily.com/563128/zhangjiagang-town-river-reconstruction-botao-landscape> (дата обращения: 04.02.2020).
3. Australians Do It Better: Instructions for the Perfect Waterfront. Article by Maria Giovanna Drago. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://landarchs.com/australians-do-it-better-instructions-for-the-perfect-waterfront/> (дата обращения: 11.02.2017).
4. Экономов И.С. Современная типология архитектурных объектов на воде // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №4. С. 47–52.
5. Labarre S. Architects turn hydroelectric power Station into thing of beauty [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.fastcodesign.com/1664367/architects-turn-hydroelectric-power-into-thing-of-beauty> (дата обращения: 12.01.2019).
6. Ильичёва Д.А. Зарубежный опыт использования прибрежных территорий // Architecture and Modern Information Technologies. 2016. №3 (36). С. 10–15.
7. Ариф А.М. Вода и архитектура: смысловая и композиционная связь [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://ais.by/article/voda-i-arhitektura-smyslovaya-i-kompozicionnaya-svyaz> (дата обращения: 10.02.2014)
8. Рудакова О.Н. Модели визуального восприятия архитектурно-пространственных и композиционных качеств застройки прибрежных территорий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 8. С. 80–85
9. Задворянская Т.И. Ландшафтно-градостроительная организация рекреационных зон в структуре прибрежных территорий крупных городов: на примере Воронежа: автореф. дисс.... канд. арх. Воронеж, 2009. 23 с.
10. Литвинов Д. В. Анализ функционального зонирования прибрежных зон крупных городов Поволжья / Городская политика и управление городом // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 3. С. 58–60.
11. Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. Санкт-Петербург: Полиграфист, 2002. 295 с.
12. Robert MacFarlane. Multi-functional landscapes: conceptual and planning issues for the countryside // Landscape and sustainability. Second Edition. Edited by John F. Benson and Maggie Roe. London and New York, 2007. Pp. 138–166.
13. Ерышева Е.А., Моор В.К. Особенности устойчивого развития культурного ландшафта приморского города // Фундаментальные исследования.

дования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2014 году. Сб. науч. тр. РААСН. Юго-Западный государственный университет. Курск: Деловая полиграфия. 2015. С. 54-63.

14. Гельфонд А.Л., Родина О.А. Типология на границе стихий – архитектура приречных дебаркадеров (на примере Волжского бассейна) //

Academia. Архитектура и строительство. РААСН. 2014. №3. С. 36–41.

15. Рудакова О.Н. Теоретический подход к архитектурно-пространственному моделированию контактной зоны «река-город» // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3922.

Информация об авторах

Аборас Аднан Юсеф, бакалавр кафедры архитектурного и средового проектирования. E-mail: adnan.95aburas@hotmail.com. Южный федеральный университет, Академия архитектуры и искусств. Россия, 344002, Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Скопинцев Анатолий Вениаминович, кандидат архитектуры, профессор кафедры архитектурного и средового проектирования. E-mail: scoparh@yandex.ru. Южный федеральный университет, Академия архитектуры и искусств. Россия, 344002, Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Поступила 15.02.2020

© Аборас А.Ю., Скопинцев А.В., 2020

Aboras A.Yu., *Skopintsev A.V.

Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University,

**E-mail: scoparh@yandex.ru*

MODELS OF ARCHITECTURAL FORMATION OF PUBLIC SPACES IN THE STRUCTURE OF URBAN WATER

Abstract. *An approach to the architectural and landscape formation of public spaces on water, based on a model representation of the contact zone «river-city», is proposed. The functional loads of public spaces that are transferred to the structure of urban water areas are systematized. Several promising methods in the formation of public spaces on water are presented as meaningful levels of interaction between water area and coastal urban structure: 1) a scenario-functional approach to the formation of linear spaces of public pedestrian environment, 2) the addition and development of ecological complex of the waters, 3) the aesthetic harmonization of environment of coastal areas; 4) strengthening the transverse links of the city and the water area through the placement of public spaces on water. The first method based on scenario-functional approach proposes eight functional planning models for organizing public spaces on water: linear-translational model, complex-dissected model, transverse (scenario-functional) model, closed (ring) model, radial (arched) model, fan (beam) model of public spaces in the structure of the water area, reciprocating (combined) model and discrete model. A number of theoretical models of the organization of public spaces in the structure of urban water areas are proposed. They reflect the principles of aesthetic harmonization of riverside landscape, complement and rehabilitate lost qualities of their ecological complex and organize transverse links of urban environment with water area. The presented models expand the range of possible conceptual approaches and methods of riverside and water areas reconstruction, modernization and adaptation to public functions. In addition, they form new methodological tools for pre-project analysis, architectural concept search and modeling of the building-water zone.*

Keywords: *public spaces on water, urban water area, coastal zone, riverside landscape, functional-spatial and planning models.*

REFERENCES

1. Gray F. Designing the seaside: Architecture, Society and Nature. Reaktion Books Ltd. London, 2006. 336 p.

2. Botao L. Zhangjiagang Town River Reconstruction. URL: <http://www.archdaily.com/563128/zhangjiagang-town-river-reconstruction-botao-landscape> (accessed 04.02.2020)

3. Australians Do It Better: Instructions for the Perfect Waterfront. Article by Maria Giovanna Drago. URL: <https://landarchs.com/australians-do-it-better-instructions-for-the-perfect-waterfront/> (accessed: 02.11.2017)

4. Economov I.S. Modern typology of architectural objects on the water [Sovremennaya tipologiya

arhitekturnyh ob"ektov na vode]. Academia. Architecture and construction. 2010. No. 4. Pp. 47–52. (rus)

5. Labarre S. Architects turn hydroelectric power Station into thing of beauty [Electronic resource]. System. requirements: URL: <http://www.fastcodesign.com/1664367/architects-turn-hydroelectric-power-into-thing-of-beauty> (accessed: 01.12.2019)

6. Ilyicheva D.A. Foreign experience in the use of coastal territories [Zarubezhnyj opyt ispol'zovaniya pribrezhnyh territorij]. Architecture and Modern Information Technologies. 2016. No. 3 (36). Pp. 10-15. (rus)

7. Arif A. M. Water and architecture: semantic and compositional connection [Voda i arhitektura: smyslovaya i kompozicionnaya svyaz']. URL: <https://ais.by/article/voda-i-arhitektura-smyslovaya-i-kompozicionnaya-svyaz> (accessed: 02.02.2020). (rus)

8. Rudakova O.N. Models of visual perception of architectural-spatial and compositional qualities of coastal areas development [Modeli vizual'nogo vospriyatiya arhitekturno-prostranstvennyh i kompozicionnyh kachestv zastroyki pribrezhnyh territorij]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 8. Pp. 80–85. (rus)

9. Zadvoryanskaya T.I. Landscape-urban organization of recreational zones in the structure of coastal territories of large cities: on the example of Voronezh [Landshaftno-gradostroitel'naya organizatsiya rekreacionnyh zon v strukture pribrezhnyh territorij krupnyh gorodov: na primere Voronezha]: author. diss. ... cand. arch. Voronezh. 2009. 23 p. (rus)

10. Litvinov D.V. Analysis of the functional zoning of coastal zones of large cities of the Volga

region. City policy and city management [Analiz funktsional'nogo zonirovaniya pribrezhnyh zon krupnyh gorodov Povolzh'ya. Gorodskaya politika i upravlenie gorodom]. Vestnik SSASU. Urban planning and architecture. 2011. No. 3. Pp. 58-60. (rus)

11. Nefedov V.A. Landscaping and sustainability [Landshaftnyj dizajn i ustojchivost' sredy]. St. Petersburg: Polygraphist. 2002, 295 p. (rus)

12. Robert MacFarlane. Multi-functional landscapes: conceptual and planning issues for the countryside. Landscape and sustainability. Second Edition. Edited by John F. Benson and Maggie Roe. London and New York, 2007. Pp. 138–166.

13. Erysheva E.A., Moor V.K. Features of sustainable development of the cultural landscape of the coastal city [Osobennosti ustojchivogo razvitiya kul'turnogo landshafta primorskogo goroda]. Basic research of the RAASN on the scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2014. Scientific tr RAASN. Southwestern State University. Kursk: Business Printing. 2015. Pp. 54-63. (rus)

14. Gelfond A.L., Rodina O.A. Typology on the border of the elements - architecture of riverine landing stages (on the example of the Volga basin) [Tipologiya na granice stihij – arhitektura prirechnykh debarkaderov (na primere Volzhskogo bassejna)]. Academia. Architecture and construction. RAASN. 2014. No. 3. Pp. 36–41. (rus)

15. Rudakova O.N. Theoretical approach to the architectural and spatial modeling of the contact zone "river-city" [Teoreticheskij podhod k arhitekturno-prostranstvennomu modelirovaniyu kontaktnoj zony «reka-gorod»]. Engineering Herald of the Don. 2016. No. 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3922. (rus)

Information about the authors

Aboras, Adnan Y. Bachelor student. E-mail: adnan.95aburas@hotmail.com. Southern Federal University, Academy of Architecture and Arts. Russia, 344002, Rostov-on-Don, 39 Budennovsky Ave.

Skopintsev, Anatoly V. PhD, Assistant professor. E-mail: scoparh@yandex.ru. Southern Federal University, Academy of Architecture and Arts. Russia, 344002, Rostov-on-Don, 39 Budennovsky Ave.

Received 15.02.2020

Для цитирования:

Аборас А.Ю., Скопинцев А.В. Модели архитектурного формирования общественных пространств в структуре городских акваторий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 64–76. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-64-76

For citation:

Aboras A.Yu., Skopintsev A.V. Models of architectural formation of public spaces in the structure of urban water. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 64–76. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-64-76

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-77-90

**Монастырская М.Е., Песляк О.А.*

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**E-mail: gradoved@gmail.com*

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КРУПНЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ФИНЛЯНДИИ: ПАРАДИГМЫ, РЕГУЛЯТИВНЫЕ ИНСТИТУТЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В статье обоснованы актуальность и целесообразность изучения сферы градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий североамериканских стран, Финляндии, в первую очередь. Суоми является государством, сопредельным геостратегическим территориям России – Северо-Западному экономическому району, Ленинградской области, городу федерального значения Санкт-Петербург, – высокая эффективность функционирования системы градостроительного планирования которого признана и доказательно подтверждена мировым сообществом. Представлены результаты исследования процесса становления и развития системы градостроительного планирования регионов, субрегионов и муниципалитетов Финляндии по парадигмальному, институциональному, технологическому аспектам. Показано, что градостроительное планирование Суоми аккумулирует важнейшие направления градорегулирования, обеспечивающие взаимообусловленное и нередко сочетанное развитие законодательно дифференцированных типов градостроительных систем: агломераций, метрополитенских территорий и регионов, урбанизированных регионов. К таким направлениям, относятся: подготовка, принятие и воплощение иерархически соподчиненной рекомендательной и/или обязательной к исполнению планово-прогнозной и проектной документации, мониторинг результатов ее реализации, управление процессами возникновения, развития и функционирования интегрированных форм урбанизированного расселения. Результаты исследования могут послужить совершенствованию системы градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий Северо-Запада России и, тем самым, способствовать полноценной реализации агломерационного тренда Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г.

Ключевые слова: градостроительное планирование, городские агломерации, урбанизированные территории, проектная документация, Финляндия

Введение. В начале XXI века «процессы урбанизации планеты обрели беспрецедентные формы и значения» [1], что обусловило расширение, по отношению к последней четверти века XX, типологического диапазона крупных урбанизированных территорий европейских стран, государств Северной Европы и Фенноскандии, в первую очередь. Балтийская градотипологическая «палитра» представлена сегодня городскими агломерациями, городами-регионами, городскими конурбациями, метрополитенскими территориями, метрополитенскими регионами, урбанизированными регионами [2].

Актуализации «расширительного» градотипологического вектора североамериканской урбанизации способствуют не только и не столько многовариантность и динамичность процессов агломерирования (концентрации, сращения, спекания) городских поселений [3, 4], иных административно-территориальных образований и населенных пунктов [5], «объединенных общими элементами транспортной инфраструктуры и интенсивными трудовыми, экономическими, социальными связями» [6] с городами-центрами и/или

«городскими ядрами», сколько высокая адаптивность к непрерывно меняющимся условиям пространственного обустройства среды обитания систем градостроительного планирования, проектирования и управления развитием высокоурбанизированных территорий в Скандинавских странах и Финляндии [7].

В гораздо меньшей степени, чем в государствах «великого Севера» - эффективного и цивилизованного» [8], вариативная и динамичная градотипологическая тенденция прослеживается в отечественной практике «пространственного развития страны» [9], трактуемого российским истеблишментом как «изменение территориальной организации системы расселения и экономики Российской Федерации для целей устойчивого развития» [6]. Вероятно, поэтому формирование крупных урбанизированных территорий различной типологической принадлежности до сего дня соотносится субъектами градостроительных отношений преимущественно со становлением, развитием и трансформацией специфических «форм территориального устройства» [4] или «градостроительных систем» [10], иденти-

фицированных отечественными социально-экономической, экономико-географической и градостроительной науками как «агломерации» [11].

В соответствии с положениями Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г., утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р («Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года») (далее Стратегии пространственного развития) к настоящему моменту в России «сформировалось не менее 40 крупных городских агломераций» [6], численность населения которых, начиная с «2000-х годов, устойчиво возрастает и превысила 73 млн человек» [6]. Согласно же исследованиям Института экономики города и Центра стратегических разработок, в 20-ти крупных городских агломерациях РФ (Владивостокской, Волгоградской, Воронежской, Екатеринбургской, Иркутской, Казанской, Камской, Краснодарской, Красноярской, Московской, Нижегородской, Новосибирской, Омской, Пермской, Ростовской, Самаро-Гольятинской, Санкт-Петербургской, Тюменской, Уфинской, Челябинской), призванных в перспективе «стать сосредоточением технологий, интеллектуального потенциала, социального капитала и качества жизни» [12], проживают сегодня свыше 49 млн чел., т. е. более 34 % всего населения страны [13]. Поэтому отнюдь не случайно агломерационный тренд «пространственной организации социальных, экономических, экологических процессов жизнедеятельности населения» [14] федерации в целом, региональных, субрегиональных, городских и иных территориальных общностей с завидным постоянством декларируется как одно из базовых направлений общегосударственного и «регионального стратегирования» [15] в концептуальных и поисковых разработках Министерства экономического развития РФ, Российской академии архитектуры и строительных наук, Института Народного хозяйственного Прогнозирования Российской академии наук, Центра стратегических разработок, Института инноваций, инфраструктуры и инвестиций и т.д. Эти прогностические продукты, «содержащие концептуальные подходы и опирающиеся на долгосрочные прогнозы социально-экономического и пространственного развития страны» [9], а также представляющие их наиболее вероятные сценарии («консервативный сценарий» или «инерционный сценарий», «сценарий конкурентного роста» или «целевой сценарий») [6; 13; 15], нацелены на обеспечение благоприятных предпосылок «для устойчивого развития нашего государства» [9]. Так стабильное и безопасное развитие страны, согласно

Стратегии ее пространственного развития, предполагает формирование «устойчивой полицентрической системы пространственного развития за счет увеличения количества и расширения географии центров экономического роста» [6] – «крупных городских агломераций и городов с численностью населения от 100 тыс. до 500 тыс. человек» [6], создания условий для повышения «роли крупных городских агломераций в социально-экономическом развитии» [6] России, «стратегически приоритетных регионов» и/или «регионов-лидеров» [15] и увеличения степени их «связанности» [6]. «Развитие агломераций – естественный процесс во всем мире, <...> и Россия даже с некоторым опозданием присоединяется к нему» [16], обоснованно полагают представители властных структур [17] и видят свою задачу в том, чтобы «помогать формировать инфраструктуру точек роста там, где есть объективные предпосылки для формирования агломераций» [16]. Действительно, дальнейшее развитие крупных градостроительных систем «невозможно адекватно осознать» и предугадать, «полностью не освоив на современном этапе определяющее профессиональный подход к градорегулированию «агломерационное видение» [2; 18]. Однако, приведение всех «форм и значений» российской урбанизации к единому агломерационному знаменателю, привычное и часто необоснованное использование субъектами градостроительных отношений [12] понятия «агломерация» для обозначения типологически разнохарактерных форм «урбанизированных территорий различных иерархических уровней и масштаба» [19] искажает смысл концептуальных, планово-прогнозных, проектных и управленческих решений, снижая их качество и, следовательно, затрудняя их реализацию. Отсутствие научно обоснованной и законодательно закреплённой типологической дифференциации системных форм урбанизированного расселения – «типов территорий, различающихся условиями жизни и хозяйствования, а также выполняемыми ими функциями в социально-экономическом развитии страны» [6], рождает серьезную «технологическую» проблему. Она состоит в несоответствии действующего законосообразного формата градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий, ориентированного на устаревшие парадигмы [1], нормативно-правовую базу [20] и стандарты градостроительного проектирования [6], их статусу и уровню фактического развития, - и, следовательно, негативно сказывается и на функционировании городских агломераций, препятствуя наращиванию ожидаемых позитивных агломерационных эффектов.

Таким образом, несовершенство системы градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий блокирует полноценную реализацию «агломерационного» тренда процесса урбанизации в нашей стране – базового стратегического направления ее пространственного развития [11]. Особое значение эта проблема имеет для так называемых геостратегических территорий [6], к которым относятся Северо-Западный регион РФ, Приневский урбанизированный регион [21], Санкт-Петербургская агломерация, имеющие непосредственный выход к Балтийскому морю [6] и исторически, как неотъемлемая компонента «Балтийской морской цивилизации» [22], интегрированные с «циркум-балтийским пространством» [23].

Поскольку страны Фенноскандии во все времена являлись стратегически необходимыми в прямом смысле этого слова сопредельными России территориями, имеющими особое значение для Русского севера в части межгосударственных взаимодействий (политического, социально-экономического, инфраструктурного, культурного, военного и пр.), – постольку и сегодня их всестороннее сотрудничество с нашей страной является взаимной объективной необходимостью [24]. Трансграничное и приграничное региональное, субрегиональное и муниципальное сотрудничество с Данией, Норвегией, Швецией и Финляндией отвечает долгосрочным национальным интересам Российской Федерации, способствуя в перспективе более эффективному использованию потенциала [24] Северо-Западного экономического района, Ленинградской области и города федерального значения Санкт-Петербурга.

«Планирование приграничных субъектов Российской Федерации и приграничных муниципальных образований», согласно Стратегии пространственного развития, должно осуществляться «с учетом планов развития приграничных регионов соседних стран» [6]. Поэтому изучение позитивного опыта градорегулирования процессов урбанизации в развитых североевропейских странах, в т.ч. анализ, оценка и обобщение парадигмальных, институциональных и технологических аспектов градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий в Скандинавии и Финляндии, а также – практическое использование результатов научных изысканий позволят более эффективно решать проблемы развития городских агломераций и урбанизированных регионов в нашей стране.

В 1999 г. Советом министров Комитета по пространственному планированию в составе Европейской Комиссии был принят знаковый и значимый для всех государств Европы документ – «Европейская перспектива пространственного

планирования» [25], – в котором впервые была намечена стратегия пространственного развития континента на начало XXI в. Концептуальными доминантами этого документа стали теория «эндогенного пространственного роста, а также современные подходы, которые закладываются в долгосрочные стратегии пространственного развития Евросоюза <...>, – уникальность и ценность каждой территории, которая определяется не только природно-ресурсным и экономическим потенциалом, но и качеством человеческого капитала, историко-культурными и национальными особенностями» [15]. Именно на основе таких гуманистических подходов – с ориентацией на традицию, не превращенную в осознанную идеологию [26], и с опорой на «высокий уровень градостроительной и архитектурной культуры» [27], – во все времена выстраивалась градостроительная политика и осуществлялась градостроительная деятельность в Скандинавии и Финляндии [7]. Поэтому актуализация давно назревшей потребности в принятии субъектами градообразования согласованных и взаимообусловленных стратегических (долгосрочных, среднесрочных) и текущих решений, в первую очередь, на региональном и местном уровнях пространственной организации среды обитания, состоявшаяся в «Европейской перспективе пространственного планирования», была органично воспринята истеблишментом, архитектурным сообществом и населением Фенноскандии. Североевропейские эксперты-градостроители справедливо и с удовлетворением отмечают, что общеевропейский документ, посвященный пространственному планированию европейского континента, наметивший принципы и технологии формирования агломерационных и иных урбанизированных систем, конкретизировавший особенности организации управления метрополитенскими территориями и регионами, определивший методы кооперации в области градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий [25], ознаменовал собой окончательный переход от парадигм «отраслевого планирования» [5], «адвокативного планирования» [1] и «менеджеризма» [8] к парадигме «кооперации регионального и местного планирования» [28]. Эта парадигма в последнее десятилетие обрела наиболее совершенное практическое воплощение в градостроительном планировании Финляндии – небольшой страны на севере Европы (площадь территории 338 424 кв.км), являющейся одним из безусловных лидеров мировой архитектуры, градостроительства, дизайна [29].

Целью настоящего исследования стало выявление специфики градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий

в Финляндии; основной задачей исследования – выполнение дифференцированного и комплексного анализа, качественной оценки содержания и структуры важнейших аспектов функционирования системы градостроительного планирования Финляндии (парадигмального, институционального и технологического), а также – теоретическое обобщение их результатов. Объектом исследования является система градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий Суоми; предметом же изучения – ее парадигмальные, институциональные и технологические особенности.

Материалы и методы. Методология исследования основана на цивилизационном, системно-структурном, культурно-историческом, пространственно-морфологическом и градотипологическом подходах к изучению особенностей становления, развития и функционирования системы градостроительного планирования в Финляндии. Методика исследования предполагала проведение информационного поиска по заявленной теме; включала изучение научных и законодательных источников, нормативно-правовых и статистических документов, методических рекомендаций и обобщение содержащихся в них сведений; содержала планово-картографические, статистические и иконографические изыскания, оценку планово-прогнозных и проектных разработок, а также – результатов их реализации. Итоги проведенного исследования позволили сформулировать развернутые выводы.

Основная часть. Развитие процессов урбанизации в Великом Княжестве Финляндском – окраинном генерал-губернаторстве Российской империи (1809–1917 гг.), истоки которой восходят к XI–XII вв. [22], – существенно запаздывало относительно масштабной и динамичной урбанизации суверенных промышленно развитых стран Западной и Центральной Европы: в период ранней индустриализации, продлившийся здесь вплоть до 1880-х гг., лишь 10 % населения княжества проживало в городах [30]. Этот показатель благодаря интенсивному и эффективному развитию многих отраслей индустрии после обретения Финляндией государственной независимости от России (1917 г.) медленно, но неуклонно увеличивался вплоть до 1950-х гг. [31]. Так, например, уже к 1940 г. его величина была представлена 1/5 долей (23 %) городского населения в общем социально-демографическом балансе страны. Стремительный же рост процессов урбанизации состоялся после окончания Второй Мировой войны в период зрелой индустриализации Суоми (Suomi) [31]: с 1944 по 1970 гг. прирост городского населения по отношению к

довоенному уровню составил более 25%. В постиндустриальную эпоху численность городского населения продолжает медленно, но, тем не менее, стабильно возрастать. Согласно данным современной статистики, около 85 % человеческой популяции Финляндии проживает в городах [32], что позволяет говорить о высоком уровне урбанизации этой страны.

Население в территориально-географических границах Финляндии, где преобладающими типами расселения истари являются приморский, приозерный и приречный, распределено неравномерно. Высоким уровнем градостроительной освоенности характеризуются исторические регионы (historiallinen maakunnat) или губернии (1 января 2010 г. губернский уровень административно-территориального деления страны был упразднен) Западная Финляндия (Western Finland) с центром Турку (Turku), Южная Финляндия (Southern Finland) с центром Хямеенлинна (Hämeenlinna) и Аландские острова (Åland) с центром Мариехамн (Mariehamn), имеющие «фронтальный» выход к Финскому и Ботническому заливам Балтийского моря: в них проживает 78,5 % населения страны [32]. В меньшей степени урбанизированы бывшие губернии Восточная Финляндия (Eastern Finland) с центром Миккели (Mikkeli) и Оулу (Oulu) с одноименным центром, отличающиеся смешанным характером расселения (приозерно-приречным и приморско-приречным соответственно): в границах этих культурно-исторических территориальных образований сосредоточено 18,5 % человеческой популяции Суоми [32]. В северном же историческом регионе Финляндии Лапландия (Lapland) с центром Рованиеми (Rovaniemi), который характеризуется преимущественно приречным типом расселения, проживает, таким образом, лишь 3,5 % населения страны [32]. Плотность населения Финляндии относительно других высокоразвитых североевропейских государств, например, Дании и Швеции (134 и 22 чел/кв.км соответственно) невысока и составляет всего 16,6 чел/кв.км [31].

Наивысший уровень градостроительной освоенности достигнут в административных границах незначительной по площади (9096 кв.км) провинции (области, региона) Уусимаа (Uusimaa maakunta) исторического региона Южная Финляндия: здесь расположена метрополитенская территория Хельсинки (Helsinki) – столицы страны и здесь обитает сегодня 25% постоянного населения Суоми [32] «Хельсинки является ядром огромных территорий – столичного региона Финляндии и так называемого Большого Хельсинки» [27], который 12% жителей государства

выбрали в качестве места постоянного проживания [31].

Типологическая «палитра» крупных урбанизированных территорий в Финляндии представлена сегодня городскими агломерациями (Ювяскюля, Куопио, Лахти, Оулу и др.), метрополитенскими территориями (Тампере, Турку, Хельсинки), метрополитенским регионом Большого Хельсинки и урбанизированными регионами. Планирование развития урбанизированных территорий в Финляндии, равно как и в других странах Фенноскандии, осуществляется, по Чистобаеву, посредством разработки документов пространственного планирования («Spatial planning»), сочетающего в себе элементы территориального, морского и подземного планирования [33], и документов градостроительного планирования («urban planning») [34]. Сфера градостроительного планирования в европейской трактовке этого понятия и системы деятельности, как составной части пространственного планирования [34], его территориально-пространственной компоненты, охватывает региональный, субрегиональный и местный уровни пространственного обустройства среды обитания. Эта система деятельности в институциональном, содержательном и организационном аспектах существенно отличается от территориального планирования как понятия и системы деятельности в привычной для нас интерпретации Градостроительного кодекса РФ [35] и отечественной градостроительной науки [5; 9; 19] и потому не подлежит прямому отождествлению с ним. Опыт финских урбанистов свидетельствует о том, что градостроительное планирование развивается сегодня как инновационная практика на основе «парадигм развития, которые могут обеспечить переход к устойчивым моделям воспроизводства среды и потребления ресурсов» [20], и «в зависимости от контекста решаемых задач демонстрирует большое разнообразие подходов. В одних условиях оно <...> рассматривается как процесс консолидации информации относительно градостроительных ресурсов и территориальных потребностей как текущих, так и перспективных». В других ситуациях «<...> представляет собой инструментарий, который встраивает в социально-экономическую политику четкую логику и структурность в организации пространства» [20].

Пространственное планирование исторических регионов или губерний Финляндии (до 1997 г. 12-ти; с 1997 по 2010 г. – 6-ти), возникло как один из видов градостроительной деятельности в середине 1960-х г., став мощным стимулом к межмуниципальной и межрегиональной кооперации. Изначально пространственное планирование позиционировалось государством и по сути

являлось лишь инструментом управления и контроля результатов организации территориальных ресурсов муниципалитетов (*kunta*), субрегионов (*seutukunta*), регионов (*maakunta*) и губерний (*lääni*) со стороны органов власти [30], курировавших сферу пространственной организации процессов жизнедеятельности с учетом отраслевой структуры экономики страны. В качестве одного из обязательных документов пространственного планирования, утвержденных Строительным актом 1958 г. [36] и предоставивших широкие возможности для межмуниципальной кооперации соответствующих властных структур, стал региональный (областной, провинциальный) план землепользования. Разработка и утверждение этого документа – «исходного» документа градостроительного планирования, – осуществлялась Региональными советами по планированию (*Regional Planning Council*) [37]. Начиная с 1994 г., функции собственно градостроительного планирования как территориально-пространственной компоненты планирования пространственного также были переданы Региональным советам по планированию [38].

На рубеже 1980-х-1990-х гг. круг субъектов градостроительного планирования был значительно расширен – к процессам планирования профессионалы градостроительного дела начали активно привлекать широкие слои городского населения, общественные организации, неформальные локальные сообщества, жителей общин (*kommuns*) и соседств (*neighbourhoods*), девелоперов, инвесторов, застройщиков, формируя тем самым условия для эффективного взаимодействия большинства заинтересованных в результате градостроительной деятельности сторон [14]. Так в градостроительстве Финляндии была актуализирована парадигма «адвокативного планирования», которая предполагает, в первую очередь, «решение социальных задач, нацеленных на формирование интегрированных территориальных сообществ» [1]. В меньшей степени эта парадигма обеспечивает учет интересов бизнес-сообществ и административных структур, провоцирует излишнюю сконцентрированность субъектов градообразования на решении краткосрочных локальных задачах развития территорий [1].

Экономический кризис 1990-х гг. дал толчок к развитию новой идеологии управления процессами пространственного и градостроительного планирования – «менеджеризму» [8]. Основными направлениями реализации новой градостроительной политики в Финляндии стали: реформирование управления процессами планирования, оптимизация условий для проведения диалога между бизнес-сообществом и обществом в целом, дерегуляция и использования более гибких,

чем прежде, инструментов планирования [30]. Переход к новой модели управления градоформированием рассматривался его субъектами как один из доминантных факторов дальнейших преобразований в пространственном и градостроительном планировании Суоми. Европейскими экспертами отмечается усиление междисциплинарного характера планирования и проектирования, состоявшегося и утвердившегося практически за счет объединения усилий специалистов в сферах градостроительства, экономики, экологии, социологии и иных дисциплин, предполагающих в своей основе решение задач рационального землепользования, регионального, субрегионального и муниципального развития, охраны окружающей среды [37]. Однако, как отмечают многие урбанисты, до сего дня существует барьер между интересами и целями градостроительной и землеустроительной политики, политики в области окружающей среды и региональным управлением, который возникает из-за различий в их фундаментальных основах, берущих начало соответственно в архитектуре, биологии, экологии, экономике и географии [37].

Таким образом, практическое воплощение парадигм «отраслевого планирования», «адвокативного планирования» и «менеджеризма», по убеждению финских урбанистов, еще не гарантировало достижения сбалансированного решения возникающих градостроительных задач на различных уровнях организации социально-пространственной среды. Встал вопрос о постепенном переходе к еще более эффективной в современных условиях осуществления градостроительной деятельности парадигме планирования. Ею стала, как уже отмечалось, парадигма кооперации регионального и местного планирования развития территорий и поселений различных типов (городских, полугородских, сельских) [39], изначально свойственная градостроительной культуре Финляндии [7].

На национальном уровне сегодня формируется законодательная база и, как правило, формулируются основные концепты градостроительной политики, которые определяют цели и задачи пространственного планирования государственного уровня, закрепленные «руководящими принципами национального землепользования» (*valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet*) [7]. Координацию всех составляющих пространственного планирования (градостроительного, акваториального и пр.) [40] осуществляет Министерство окружающей среды, которое помимо развития сферы пространственного планирования, занимается разработкой стратегий защиты и использования среды обитания, вопросами регули-

рования землепользования и застройки. Министерство также ответственно за разработку и детализацию законодательства в этих областях [41].

Основным документом, регулирующим сферу пространственного планирования в Суоми, является сегодня «Закон о землепользовании и строительстве Финляндии» [42] от 1 января 2000 г., действующий на всей территории страны, за исключением Аландских островов, которые, обладая статусом автономной самоуправляемой провинции, имеют свой Строительный кодекс и «Закон о физическом и экономическом планировании» [37].

Несмотря на то, что пространственное планирование Финляндии сфокусировано на так называемом «физическом планировании» [9], существуют и другие механизмы планирования на всех уровнях освоения и хозяйственного использования природной и антропогенной среды, которые обеспечивают решение отраслевых задач транспорта, энергетики, охраны окружающей среды посредством подготовки соответствующих отраслевых планировочных документов [37].

Градостроительное планирование Финляндии в основе своей опирается на трехуровневое административно-территориальное деление страны: провинция (область, регион), район (субрегион), община (коммуна, муниципалитет) [37], – и потому представляет собой иерархическую систему, основанную на принципе непротиворечивости документов нижнего уровня пространственной организации процессов жизнедеятельности документам верхнего уровня. Совокупность документов градостроительного планирования представлена в Финляндии следующими форматами подготовки, согласования и утверждения планировочной и проектной документации:

- региональными планами землепользования, планами развития метрополитенских регионов и планами развития метрополитенских территорий (*maakuntakaava*);
- локальными мастер-планами (*yleiskaava*);
- локальными детальными планами (*asemakaava*) [37].

На региональном уровне, уровне метрополитенских регионов и метрополитенских территорий градостроительное планирование, как отмечалось выше, осуществляют Региональные советы по планированию [42]. В Строительном акте 1998 г. целью градостроительной политики финских регионов обозначено независимое и сбалансированное развитие крупных градостроительных систем, предполагающее взаимное усиление средоформирующей роли региональных

центров [37; 40], субрегиональных центров, подцентров агломераций и иных городских поселений различной типологической принадлежности. В Финляндии, в отличие от скандинавских стран, отсутствуют автономные органы регионального самоуправления, поэтому функции по осуществлению стратегического градостроительного планирования и подготовке проектно-планировочной документации возложены на органы местного самоуправления. Последние реализуют эту функцию посредством формирования из своих представителей Региональных советов по планированию. Эта особенность организации процесса регионального и муниципального взаимодействия, как отмечают некоторые специалисты, приводит к чрезмерному акцентированию интересов муниципалитетов в региональных планах [43].

Согласно «Кодексу о землепользовании и строительстве» 1999 г., план развития региона – области, провинции, – (maakuntakaava) может разрабатываться в трех форматах, а именно:

- в виде комплексного плана, охватывающего территорию всей провинции и рассматривающего все сферы пространственной организации среды обитания;
- в виде фазового плана, разрабатываемого для каждой из отдельных отраслей планирования региона;
- в виде субплана, охватывающего территории субрегионов (районов), т.е. для метрополитенских регионов и входящих в их границы метрополитенских территорий [42].

Планы развития метрополитенских регионов и метрополитенских территорий, устанавливающие стратегические задачи развития городов и окружающих их территорий на 20–30 лет, могут быть разработаны посредством кооперации входящих в них муниципалитетов, и поскольку содержание и состав планов развития метрополитенских территорий нормативно-правовыми актами не регламентированы, постольку субъекты градообразования в регионах вправе сами регулировать как структуру, так и существо этих документов [36, 37].

Перечисленные варианты исполнения планов развития метрополитенских регионов и метрополитенских территорий разрабатываются, как правило, в масштабах 1:100 000 или 1:250 000 и сопровождаются планировочными регламентами [37].

Решения, заложенные в Региональных планах землепользования, обязательно учитываются на следующих за этой стадией разработки документации этапах и уровнях градостроительного проектирования; планы же развития метрополи-

тенских регионов и метрополитенских территорий имеют рекомендательный характер [44]. В совокупности, принятые в перечисленных документах решения формируют концептуальную и структурную основу для разработки локальных мастер-планов.

Мастер-планы локального уровня разрабатывают и утверждают местные органы управления (yleiskaava) [41]. Целью подготовки таких документов является формирование и/или упорядочение планировочной структуры и установление функциональных зон на территориях муниципалитетов или их частей. Локальные мастер-планы служат основанием для дальнейшей проработки базовых установок градостроительной деятельности в локальных детальном плане. Локальный мастер-план может являться единственным документом, необходимым и достаточным для территорий, характеризующихся низкой плотностью застройки (например, в сельской местности или в полугородских поселениях), а также в разнообразных градостроительных контекстах, требующих минимизации объемов дополнительной застройки [44]. В этих случаях разработка локальных детальном планов, согласно финскому градостроительному законодательству, не требуется, и строительство осуществляется на основании локального мастер-плана. Масштаб разработки локальных мастер-планов варьируется, как правило, от 1:2000 до 1:50 000 и сопровождается планировочными регламентами [44].

«Закон о землепользовании и строительстве Финляндии» (2000 г.) определил возможность разработки комбинированных мастер-планов, охватывающих территории соседствующих муниципалитетов [42]. Этот вид документации градостроительного планирования, как свидетельствует финская практика градообразования, целесообразно разрабатывать для территорий муниципалитетов, объединенных множественными межмуниципальными связями в неоднозначных или конфликтосодержащих условиях проектирования: например, при регулировании процесса «расползания» городов, размещении крупномасштабных торговых площадей, производственных, логистических, транспортных или общественно-деловых объектов. Решения, заложенные субъектами градообразования в комбинированных мастер-планах, утверждаются Региональными советами по планированию. Фактически, в комбинированных мастер-планах могут корректироваться установки градостроительной деятельности, заложенные и утвержденные в составе региональных планов землепользования [44].

Низший уровень в иерархии документов градостроительного планирования в Финляндии

представлен локальными детальными планами (asemakaava), которые разрабатываются как на отдельные кварталы (микрорайоны, комплексы), так и на целые районы с целью уточнения структуры землепользования, формирования застройки, инженерной, транспортной и социальной инфраструктур, благоустройства и озеленения и, таким образом, дальнейшего развития градопланировочного объекта [44]. Локальные деталированные планы готовят и утверждают органы муниципального управления. На период разработки документации локального уровня местные власти могут установить запрет на новое строительство в границах территорий проектирования с максимальным сроком до двух лет. При этом органами муниципального управления регулярно проводятся процедуры мониторинга застройки и хозяйственного использования соответствующих территорий с целью своевременного внесения изменений в наличествующие планировочные документы; в ситуациях устаревания документации (для планов, разработанных более 13-ти лет назад), обязательно выполняется ее ревизия на актуальность. Локальные деталированные планы разрабатываются, как правило, в масштабе 1:2000 или в еще более крупном [44].

Муниципалитетам и региональным властям Финляндии законами, регулирующими сферу градообразования, предоставлены широкие возможности для эффективной кооперации в целях осуществления совместного планирования крупных урбанизированных территорий, представляющих общественный интерес. Специальная комиссия, в которую включаются представители каждого из муниципалитетов, входящих в регион (область, провинцию) или метрополитенский регион (район, субрегион), совместно с представителями Министерства транспорта и Министерства окружающей среды разрабатывает, как правило, общую концепцию развития урбанизированных территорий, устанавливающую долгосрочные цели в части формирования транспортного, инженерного и информационного каркасов, охраны окружающей среды, размещения жилых, производственных, коммерческих, общественно-деловых и иных зон, комплексов, объектов и т. д. [44]. Эта концепция служит в дальнейшем основой для подготовки среднесрочной градопланировочной документации (комплексных и локальных мастер-планов и пр.) и документов градостроительного планирования локального уровня.

Итак, градостроительное планирование Финляндии представляет собой территориально-пространственную компоненту процесса ее «пространственного планирования», который предполагает создание в конкретных национальных масштабах правового поля и системы управления

эффективным и устойчивым природопользованием, размещением и развитием отраслевой структуры экономики, сети населенных мест, инженерно-транспортного и энергетического обеспечения территорий» [5]. Система градостроительного планирования Суоми аккумулирует сегодня важнейшие направления градостроительной деятельности по обеспечению взаимообусловленного и нередко сочетанного развития законодательно дифференцированных типов градостроительных систем, а именно: городских агломераций, метрополитенских территорий, метрополитенских регионов, урбанизированных регионов. К таким направлениям или сферам деятельности относятся: 1) подготовка, принятие и предметное воплощение иерархически соподчиненной рекомендательной и/или обязательной к исполнению планово-прогнозной и проектной документации (долгосрочное, среднесрочное, текущее планирование), 2) мониторинг результатов ее реализации, 3) управление процессами возникновения, развития и функционирования различных форм урбанизированного расселения. Таким образом, помимо осуществления «канонических» видов градостроительной активности – «прогнозирования, программирования и планирования», поддерживающих устойчивое развитие урбанизированных территорий и поселений «в настоящем и будущем» [45], правовые императивы и нормативно-технические стандарты градостроительного планирования Финляндии требуют постоянного обновления и модернизации информационных систем обеспечения градостроительной деятельности, индуцируют разработку и апробацию инновационных моделей организации межрегиональных и межмуниципальных взаимодействий, служат гарантией практической реализации парадигмы «кооперации регионального и местного планирования». Поэтому можно констатировать, что градостроительное планирование в Суоми «выступает как важнейшая функция государственного управления на <...> региональном уровне и является приоритетной задачей местного самоуправления» [5]. Содержательная и структурная вариативность планово-прогнозной и проектной составляющих градостроительного планирования Финляндии, предполагающая и допускающая исполнение документации с учетом наиболее перспективных направлений развития и фактического статуса территорий и поселений, их высокая адаптивность к постоянно и динамично меняющимся условиям градообразования, «пластичность» в отношении социально значимых аспектов градостроительной политики в совокупности с успешно апробированными методами и алгоритмами кооперации субъектов градостроительных

отношений позволяют эффективно решать задачи регулирования развития крупных урбанизированных территорий.

Вывод. Результаты предпринятого авторами исследования парадигмального, институционального и технологического аспектов функционирования системы градостроительного планирования Финляндии могут послужить информационно-методическим обеспечением совершенствования системы градостроительного планирования, действующей сегодня в нашей стране, и, тем самым, способствовать полноценной реализации агломерационного тренда Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г. Преодоление несоответствия законосообразного формата градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий их типологическому статусу и уровню фактического развития позволит добиться сбалансированного функционирования градостроительных систем, гарантировать достижение ожидаемых агломерационных эффектов. Оптимизация же системы градостроительного планирования Северо-Запада России с учетом региональной североευропейской специфики градорегулирования, современных социально-экономических потребностей и урбанистических инициатив «балтийских» субъектов Российской Федерации и высочайшей геостратегической роли Приневского урбанизированного региона и Санкт-Петербургской агломерации в системе внешних связей, будет способствовать интеграции нашей страны не только с культурно-историческими пространствами Фенноскандии и «Балтийской морской цивилизации», но и с обновленным «европейским пространством свободы, безопасности и правопорядка» [46] в целом, сохранению актуальных исторических и становлению новых перспективных тенденций приграничного и трансграничного сотрудничества на региональном, субрегиональном и местном уровнях обустройства среды обитания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моисеев Ю.М. Пороги неопределенности в системе градостроительного планирования: автореф. дис.... доктора. арх. М., 2017. 48 с.
2. Монастырская М. Е., Песляк О. А Современные методы делимитации границ городских агломераций (Европейские наука и практика) // Градостроительство и архитектура. 2017. № 3(28). С. 80–86.
3. Антюфеев А.В., Птичникова Г.А. Линейный город. Градостроительная система «Большой Волгоград». Волгоград: ВолГТУ, 2018. 196 с.
4. Митягин С. Д. Агломерация как объект управления / В сб. «Градостроительство. Эпоха перемен». СПб.: «Издательство «ЗОДЧИЙ», 2016. 221 с.
5. Митягин С.Д. Территориальное планирование, градостроительное зонирование и планировка территорий: учебное пособие. СПб.: Лань, 2019. 200 с.
6. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-Р.) [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVA1qUtT08o60RktoOX122JjAe7irNxc.pdf> (09.04.2020).
7. Монастырская М.Е. Балтийская идентичность градостроительной деятельности: генезис явления, подходы к изучению // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3. С. 28–37.
8. Птичникова Г.А. Градостроительство и архитектура Швеции. 1980-2000. СПб.: Наука, 1999. 199 с.
9. Лежава, И.Г. Проблемы проектирования городов России // Жилищное строительство. 2013. № 5. С. 5–13.
10. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
11. Туманик Г.Н., Колпакова М.Р. Актуализация градостроительной доктрины Российской Федерации как важный шаг в совершенствовании государственной градостроительной политики (стратегия развития) // Региональные архитектурно-художественные школы. 2017. № 1(1). С. 4–9.
12. Кудрин А. России необходимо создать 20 крупнейших агломераций: доклад на Петербургском международном экономическом форуме 2 июня 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://tass.ru/pmef-2017/articles/4308990>. (12.03.2020)
13. Экономика Российских городов и городских агломераций. Выпуск 1: работают ли городские активы на городское развитие? Фонд «Институт экономики города». Москва. 2017. [Электронный ресурс]. URL: http://www.urbanomics.ru/sites/default/files/ekonomika_rossijskih_gorodov_i_gorodskih_aglomeracij_vypusk_1_iyul_2017.pdf (09.04.2020)
14. Крашенинников А.В. Градостроительное развитие и градостроительная среда: Учебное пособие А.В. Крашенинников. Alexey Krashennnikov. Urban Development and Built environment. Raleigh, North Carolina, USA: Open Science Publishing, 2017. 170 p.

15. Михеева Н.Н. Стратегия пространственного развития: новый этап или повторение старых ошибок? // ЭКО. 2018. № 5. С. 158–178.
16. Бирюков, С. Проект «20 агломераций»: шанс для провинциальной России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.apn.ru/?newsid=23519> (09.04.2020).
17. Набиуллина Э.С. Глобальные решения для российских городов: доклад на Московском урбанистическом форуме 08.12.2011. [Электронный ресурс]. URL: http://old.economy.gov.ru/minrec/press/news/doc20111208_004.
18. Ахмедова Е.А., Яковлев И.Н. Планировочные аспекты перспективного преобразования агломераций // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 40–45.
19. Концепция Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года. Проект. Министерство экономического развития РФ. Москва, 2016 [Электронный ресурс]. URL: http://карьер-евразии.pf/uploadedFiles/files/Kontseptsiya_SPR.pdf (09.04.2020).
20. Градостроительное планирование. Архитектурные размышления. [Электронный ресурс]. URL: <https://architecturalidea.com/gradostroitelnoe-planirovanie/> (09.04.2020).
21. Монастырская М.Е., Песляк О.А. Инновационные алгоритмы определения границ городских агломераций и урбанизированных регионов // Инновационный альбом Российской академии архитектуры и строительных наук. 2018. № 2017-1. С. 9–10.
22. Лебедев Г.С. Балтийская морская цивилизация: Путь из варяг в греки и петербургский миф // Историософские проблемы общественных наук на рубеже тысячелетий: 2-я пол. XIX–XX вв.: Современ. видение истории: тез. докл. конф. (30–31 мая 1996 г.) Рос. нац. б-ка. СПб., 1996. С. 97–99.
23. Лебедев Г.С. Хайтабу: Шлезвиг = Ладога: Петербург: этапы урбанизации Балт. культур.-ист. пространства / XII конференция по изучению истории, экономики, литературы и языка скандинавских стран и Финляндии: тез. докл.: [в 2 ч.] // Рос. акад. наук. Ин-т рос. истории. М., 1993. Ч. 1. С. 128–131.
24. Северная Европа. Регион нового развития / под ред. Ю. С. Дерябина, Н.М. Антюшиной. М.: Издательство «Весь мир», 2008. 512 с.
25. European Spatial Development Perspective, Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the European Union (Agreed at the Informal Council of Ministers responsible for Spatial Planning, May 1999). [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/pdf/sum_en.pdf (09.04.2020).
26. Палласмаа Ю. Скрытые нарративы в финской архитектуре. Диалектика локальности и глобализации // Проект Балтия. SUOMI. 2015. № 03. С. 26–32.
27. Курбатов Ю.И. Хельсинки: образы города. СПб.: Коло, 2013. 272 с.
28. Vanthillo T., Verhetsel A. Paradigm change in regional policy: towards smart specialization? Lessons from Flanders. *Belgeo, Belgian Journal of Geograph.* № 1-2. 2012. [Электронный ресурс] // URL: <http://journals.openedition.org/belgeo/7083> (09.04.2020).
29. Григорьев В. Минимализм и эклектика // Проект Балтия. SUOMI. 2015. № 03. С. 70–73.
30. Hall T. Planning and Urban Growth in Nordic Countries. Routledge, 2003. 256 p.
31. Takala A., Bjorksten T. Finland's flight from the country [Электронный ресурс] // URL: https://yle.fi/uutiset/osasto/news/flight_from_the_country_how_finland_moved_from_rural_areas_to_the_cities/7677896 (09.04.2020).
32. Сайт компании «Wordometer». [Электронный ресурс] // URL: <https://www.worldometers.info/world-population/finland-population/> (09.04.2020).
33. Чистобаев А.И., Красовская С.В., Скатерщиков С.В. Территориальное планирование на уровне субъектов России. СПб: Изд-во Инкери, 2010. 296 с.
34. Nigel T. What Is This Thing Called Spatial Planning? An Analysis of the British Government's View. *The Town Planning Review.* Vol. 81. № 2. 2010. Pp. 193–208.
35. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ с изменениями от 29.07.2017 (редакция, действующая с 27.12.2019) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (09.04.2020).
36. Строительный акт Финляндии 1958 г. Сайт Министерства Юстиции Финляндии. База законодательных и юридических документов Финляндии. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/1958/19580370> (09.04.2020).
37. BSR INTERREG III B Project. The Baltic Spatial conceptshare COMMUN [Электронный ресурс]. URL: http://commun.org/upload/Finland/FI_Planning_System_Engl.pdf (09.04.2020).
38. Newman P., Thornley A. Urban planning in Europe: International Competition, National Systems and Planning Projects. London. Routledge. 2002. 304 p.
39. Методические рекомендации к национальному планированию землепользования Финляндии (Утверждены 30.11.2000)

[Электронный ресурс]. URL: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135808/Ymp%C3%A4rist%C3%B6pas_93en.pdf?sequence=1 (09.04.2020)

40. Regional planning in Finland, Iceland, Norway and Sweden. Nordegio for Ministry of Environment, forest and nature agency. Spatial planning department. 2004 [Электронный ресурс]. URL: https://naturstyrelsen.dk/media/nst/attachments/92263/regional_planning_in20nordic_uk.pdf (09.04.2020)

41. Сайт Министерства окружающей среды Финляндии. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ym.fi/en-US/Land_use_and_build-Steering_of_land_use_planning (09.04.2020)

42. Закон о землепользовании и строительстве Финляндии 2003 г. Finlex вфеф ифыу [Электронный ресурс] ГКДЖ <https://www.finlex.fi/fi/laki/kaannokset/1999/en19990132.pdf> (09.04.2020)

43. Purkarthofer E., Humer A. City-regional policies in the planning systems of Finland and Austria: National initiatives and European opportunities. Belgeo. № 2. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://journals.openedition.org/belgeo/32122> (09.04.2020)

44. OECD, Land-use Planning Systems in the OECD: Country Fact Sheets. Paris: OECD Publishing. 2017. 230 p.

45. Смоляр И.М. Градостроительное планирование как система: прогнозирование, программирование, проектирование. М.: Изд-во Эдиториал УРСС, 2001. С. 164.

46. Потемкина О.Ю. Становление обновленной Европы (Европейское пространство свободы, безопасности и правопорядка – новый проект ЕС) // Современная Европа. 2001. №3(7). С. 24–36.

Информация об авторах

Монастырская Марина Евгеньевна, кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурного проектирования. E-mail: gradoved@gmail.com. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4

Песляк Оксана Александровна, старший преподаватель кафедры градостроительства. E-mail: opeslyak@mail.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4

Поступила 15.04.2020

© Монастырская М.Е., Песляк О.А., 2020

***Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A.**

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

**E-mail: kyudin@mail.ru*

URBAN PLANNING OF LARGE URBAN TERRITORIES IN FINLAND: PARADIGMS, REGULATORY INSTITUTIONS AND TECHNOLOGIES

Abstract. The article substantiates the relevance and expediency of studying the sphere of urban planning of large urbanized territories of the Northern European countries, especially Finland. Suomi is a country adjacent to the geostrategic territories of Russia - the North-Western economic district, the Leningrad oblast and the Federal city of Saint Petersburg. The high efficiency of its urban planning system is recognized and proven by the international community. The article presents the results of a study of the process of formation and development of the urban planning system of regions, subregions and municipalities in Finland on the paradigm, institutional and technological aspects. It is shown that the urban planning of Suomi accumulates the most important directions of urban regulation that ensure the mutually dependent and often combined development of legally differentiated types of urban planning systems: agglomerations, metropolitan areas and regions, urbanized regions. These directions include preparation, adoption and implementation of hierarchically subordinate recommendation and/or mandatory planning and forecast and project documentation, monitoring of the results of its implementation, management of the processes of emergence, development and functioning of integrated forms of urban settlement. The results of the study can serve to improve the urban planning system of large urbanized territories of the North-West of Russia and, thereby, contribute to the full implementation of the agglomeration trend of the spatial development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025.

Keywords: urban planning, urban agglomerations, urbanized territories, project documentation, Finland

REFERENCES

1. Moiseev Ju.M. Thresholds of uncertainty in the system of urban planning [Porogi neopredelennosti v sisteme gradostroitel'nogo planirovaniya]: autoref. dis.... doctor of arch. M., 2017, 48 p. (rus)
2. Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. Modern methods of delimitation of urban agglomerations (European science and practice) [Sovremennye metody delimitatsii granic gorodskih aglomeratsij (Evropejskie nauka i praktika)]. *Gradostroitel'stvo i arhitektura*. 2017. No. 3(28). Pp. 80–86. (rus)
3. Antyufeev V.A., Ptichnikova G. A. The linear city. Urban planning system "Big Volgograd" [Linejnyj gorod. Gradostroitel'naya sistema «Bol'shoj Volgograd»]. Monography. Volgograd: VolgGTU, 2018. 196 p. (rus)
4. Mytyagin S.D. Agglomeration as a management object [Aglomeratsiya kak ob"ekt upravleniya]. In book. «Urban planning. Time of changes» [Gradostroitel'stvo. Epoha peremen]. SPt.: «Publishing house «Zodchij», 2016. 221 p. (rus)
5. Mytyagin S.D. Territorial planning, urban planning zoning and territory planning: textbook [Territorial'noe planirovanie, gradostroitel'noe zoni-rovanie i planirovka territorij: uchebnoe posobie]. SPt.: Lan', 2019. 200 p. (rus)
6. Spatial development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025 [Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda] (Approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated February 13, 2019, No. 207-R.) Available at: <http://static.government.ru/media/files/UVAUqU08o60RktoOX122JjAe7irNxc.pdf> (09.04.2020). (rus)
7. Monastyrskaya M.E. Baltic identity of urban planning activity: Genesis of the phenomenon approaches to study [Baltijskaya identichnost' gradostroitel'noj deyatel'nosti: genezis yavleniya, podhody k izucheniyu]. *Bulletin of civil engineers*. 2016. No. 3. Pp. 28–37. (rus)
8. Ptichnikova G. A. Urban Planning and Architecture in Sweden. 1980-2000. [Gradostroitel'stvo i arhitektura Shvecii. 1980-2000.] SPt: Nauka, 1999. 199 p. (rus)
9. Lezava I.G. Problems of designing Russian cities [Problemy proektirovaniya gorodov Rossii]. *Housing construction [Zhilishchnoe stroitel'stvo]*. 2013. No. 5. Pp. 5–13. (rus)
10. Gutnov A.E. Evolution of urban planning [Evolutsiya gradostroitel'stva]. M.: Stroyizdat, 1984. 256 p. (rus)
11. Tumanik G.N., Kolpakova M.R. Actualization of the urban planning doctrine of the Russian Federation as an important step in improving the state urban planning policy (development strategy) [Aktualizatsiya gradostroitel'noj doktriny Rossijskoj Federacii kak vazhnyj shag v sovershenstvovanii gosudarstvennoj gradostroitel'noj politiki (strategiya razvitiya)]. *Regional architectural and art schools [Regional'nye arhitekturno-hudozhestvennye shkoly]*. 2017. No 1(1). Pp. 4–9 (rus)
12. Kudrin A. Russia needs to create 20 major agglomerations: report at the St. Petersburg international economic forum [Rossii neobhodimo sozdat' 20 krupnejshih aglomeratsij: doklad na Peterburgskom mezhdunarodnom ekonomicheskom forume] 2 June 2017 r. Available at: <http://tass.ru/pmef-2017/articles/4308990>. (12.03.2020) (rus)
13. Economics of Russian cities and urban agglomerations [Ekonomika Rossijskih gorodov i gorodskih aglomeratsij]. Issue 1: do urban assets work for urban development [Vypusk 1: rabotayut li gorodskie aktivy na gorodskoe razvitiye]? Moscow: Foundation "Institute of city Economics", 2017. Available at: http://www.urbanomics.ru/sites/default/files/ekonomika_rossijskih_gorodov_i_gorodskih_aglomeratsiy_vypusk_1_iyul_2017.pdf (09.04.2020) (rus)
14. Krashenninikov A. Urban Development and Built environment. Raleigh, North Carolina, USA: Open Science Publishing, 2017. 170 p. (rus)
15. Miheeva N.N. The strategy of spatial development: a new phase or the repetition of old mistakes? [Strategiya prostranstvennogo razvitiya: novyy etap ili povtorenie staryh oshibok?]. *EKO*. 2018. No 5. Pp. 158-178. (rus)
16. Biryukov S. 20 agglomerations project: a chance for provincial Russia [Proekt «20 aglomeratsij»: shans dlya provincial'noj Rossii]. Available at: <https://www.apn.ru/?newsid=23519> (09.04.2020).
17. Nabiullina E. S. Global solutions for Russian cities: report at the Moscow urban forum 08.12.2011 [Global'nye resheniya dlya rossijskih gorodov: doklad na Moskovskom urbanisticheskom forume 08.12.2011]. Available at: http://old.economy.gov.ru/minrec/press/news/doc20111208_004. (rus)
18. Ahmedova E.A., Yakovlev I.N. Planning aspects of prospective transformation of agglomerations [Planirovochnye aspekty perspektivnogo preobrazovaniya aglomeratsij]. *Academia. Architecture and building*. 2009. No. 1. Pp. 40–45. (rus)
19. Concept of the spatial development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 [Koncepciya Strategii prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda.]. Project. Ministry of economic development of the Russian Federation. Moscow, 2016 Available at: http://uploadedFiles/files/Kontseptsiya_SPR.pdf (09.04.2020). (rus)
20. Urban planning. Architectural reflections. [Gradostroitel'noe planirovanie. Arhitekturnye

razmyshleniya.] Available at: <https://architecturalidea.com/gradostroitelnoe-planirovanie/> (09.04.2020). (rus)

21. Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. Innovative algorithms for determining the boundaries of urban agglomerations and urbanized regions [Innovacionnye algoritmy opredeleniya granic gorodskih aglomeracij i urbanizirovannyh regionov]. Innovative album of the Russian Academy of architecture and construction Sciences. 2018. No. 2017-1. Pp. 9–10. (rus)

22. Lebedev G.S. Baltic sea civilization: The way from the Varangians to the Greeks and the Petersburg myth [Baltiyskaya morskaya civilizaciya: Put' iz varyag v greki i peterburgskij mif]. Historiosophical problems of social Sciences at the turn of the Millennium: 2nd half of the XIX-XX centuries [Istoriosofskie problemy obshchestvennyh nauk na rubezhe tysyacheletij: 2-ya pol. XIX-XX vekov]: Sovrem. vision of history: TEZ. Dokl. Conf. (30–31 мая 1996 г.) / Russian national library. SPt, 1996. Pp. 97–99. (rus)

23. Lebedev G. S. Haitabu: Schleswig = Ladoga: Petersburg: stages of urbanisation of the Baltic cultures-East. Space [Hajtabu: SHlezhvig = Ladoga: Peterburg: etapy urbanizacii Balt. kul'tur.-ist. prostranstva]. XII conference on the study of the history, economy, literature and language of the Scandinavian countries and Finland: TEZ. Dokl.: [in 2 parts] [XII konferenciya po izucheniyu istorii, ekonomiki, literatury i yazyka skandinavskih stran i Finlyandii: tez. dokl.]. Russian Academy of Sciences. In-t ROS. history. Moscow, 1993. No. 1. Pp. 128–131. (rus)

24. Northern Europe. Region new development [Severnaya Evropa. Region novogo razvitiya] / under the editorship of J. S. Deryabina, N. M. Antolini. M.: Izdatelstvo "the Whole world". 2008. 512 p. (rus)

25. European Spatial Development Perspective, Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the European Union (Agreed at the Informal Council of Ministers responsible for Spatial Planning, May 1999). Available at: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/pdf/sum_en.pdf (09.04.2020)

26. Pallasmaa Ju. Hidden narratives in Finnish architecture. Dialectics of locality and globalization. Project Baltic. SUOMI. 2015. No 03. Pp. 26–32.

27. Kurbatov Ju. I. Helsinki: images of the city [Hel'sinki: obrazy goroda]. SPt.: Kolo, 2013. 272 p. (rus)

28. Vanthillo T., Verhetsel A. Paradigm change in regional policy: towards smart specialization? Lessons from Flanders. Belgeo, Belgian Journal of Geograph. № 1-2. 2012. Available at: <http://journals.openedition.org/belgeo/7083> (09.04.2020)

29. Grigoriev, V. Minimalism and eclecticism [Minimalizm i eklektika]. Baltic Project SUOMI. 2015. No. 03. Pp. 70–73. (rus)

30. Hall T. Planning and Urban Growth in Nordic Countries. Routledge, 2003. 256 p.

31. Takala A., Bjorksten T. Finland's flight from the country. Available at: https://yle.fi/uutiset/osasto/news/flight_from_the_country_how_finland_moved_from_rural_areas_to_the_cities/7677896 (09.04.2020)

32. Company «Wordometer». Available at: <https://www.worldometers.info/world-population/finland-population/> (09.04.2020)

33. Chistobaev A.I., Krasovskaya S.V., skatershchikov S.V. territorial planning at the level of subjects of Russia [Territorial'noe planirovanie na urovne sub"ektov Rossii]. SPb: Izd-vo Inkeri, 2010. 296 p. (rus)

34. Nigel T. What Is This Thing Called Spatial Planning? An Analysis of the British Government's View. The Town Planning Review. vol. 81. № 2. 2010, Pp. 193–208.

35. Urban planning code of the Russian Federation No. 190-FZ of 29.12.2004, as amended on 29.07.2017 (version effective from 27.12.2019) [Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 29.12.2004 № 190-FZ s izmeneniyami ot 29.07.2017 (redakciya, dejstvuyushchaya s 27.12.2019)]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (09.04.2020) (rus)

36. Building act of Finland 1958 Website Of The Ministry Of Justice Of Finland. Database of Finnish legislative and legal documents with translation into Swedish and English. Available at: <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/1958/19580370> (09.04.2020)

37. BSR INTERREG III B Project. The Baltic Spatial conceptshare COMMUN Available at: http://commin.org/upload/Finland/FI_Planning_System_Engl.pdf (09.04.2020)

38. Newman P., Thornley A. Urban planning in Europe: International Competition, National Systems and Planning Projects. London. Routledge. 2002. 304 p.

39. Finland's National land use guidelines. Issued by the Council of State on November 30, 2000. Available at: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135808/Ymp%C3%A4rist%C3%B6opas_93en.pdf?sequence=1 (09.04.2020)

40. Regional planning in Finland, Iceland, Norway and Sweden. Nordegio for Ministry of Environment, forest and nature agency. Spatial planning department. 2004. Available at: https://naturstyrelsen.dk/media/nst/attachments/92263/regional_planning_in20nordic_uk.pdf (09.04.2020)

41. Ministry of the Environment of Finland. Available at: <https://www.ym.fi/en>

US/Land_use_and_building/Steering_of_land_use_planning (09.04.2020)

42. Land Use and Building Act. 132/1999, amendment 222/2003. Finlex data base. Available at: <https://www.finlex.fi/fi/laki/kaan-nokset/1999/en19990132.pdf> (09.04.2020)

43. Purkarthofer E., Humer A. City-regional policies in the planning systems of Finland and Austria: National initiatives and European opportunities. Belgeo. No. 2. 2019. Available at: <http://journals.openedition.org/belgeo/32122> (09.04.2020)

44. OECD, Land-use Planning Systems in the OECD: Country Fact Sheets. Paris: OECD Publishing. 2017. 230 p.

45. Smolyar I.M. Urban planning as a system: forecasting, programming, project [Gradostroitel'noe planirovanie kak sistema: prognozirovanie, programmirovaniye, proektirovaniye]. M.: URSS, 2001. 164 p. (rus)

46. Potemkina O.Ju. The formation of a renewed Europe (European space for freedom, security and law and order – a new EU project) [Stanovlenie obnovlennoj Evropy (Evropejskoe prostranstvo svobody, bezopasnosti i pravoporyadka – novyj proekt ES)]. Sovremennaya Evropa. 2001. No. 3(7). Pp. 24–36. (rus)

Information about the authors

Monastyrskaya, Marina E. PhD, Assistant professor. E-mail: gradoved@gmail.com. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Saint Petersburg, 2-nd Krasnoarmeyskaya st., 4.

Peslyak, Oksana A. Senior lecturer. E-mail: opeslyak@mail.ru. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Saint Petersburg, 2-nd Krasnoarmeyskaya st., 4.

Received 15.04.2020

Для цитирования:

Монастырская М.Е., Песляк О.А. Градостроительное планирование крупных урбанизированных территорий в Финляндии: парадигмы, регулятивные институты, технологии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 77–90. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-77-90

For citation:

Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. Urban planning of large urban territories in Finland: paradigms, regulatory institutions and technologies. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 77–90. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-77-90

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-91-99

Назарова А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

НИИПИ «Спецреставрация»

E-mail: zoloto-reyna@yandex.ru

СТРАТЕГИЯ СОХРАНЕНИЯ СИЛУЭТА ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Аннотация. Силуэт застройки определяет самобытность городских панорам и видов, являясь одной из наиболее ярких особенностей визуального образа городского ландшафта. Реконструкция зданий и сооружений, а также новое строительство на территории исторических центров городов способствует трансформации городского образа, приводит к формированию новых высотных, пространственных и композиционных соотношений элементов. В условиях изменений градостроительного контекста силуэт – одна из наиболее уязвимых характеристик городских видов и панорам. Исторический центр Санкт-Петербурга служит уникальным примером целостной историко-градостроительной среды. Выдающаяся историко-культурная ценность этого объекта градостроительного искусства стала основанием для включения исторического центра и пригородов Санкт-Петербурга в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО. Городские виды и панорамы, их силуэтная организация являются выражением ценностных характеристик объекта всемирного наследия. В условиях градостроительного развития, визуальный образ и силуэт города подвергаются значительному воздействию. В статье на основе анализа инструментария охраны видов и панорам исторического городского ландшафта, опыта сохранения видовых раскрытий Санкт-Петербурга определяются направления совершенствования законодательства в области сохранения и управления изменениями исторической среды. Основываясь на методологии ландшафтно-визуального анализа разработана модель анализа силуэтных композиций, городских видов и панорам, предложена система критериев их оценки. С учетом необходимости сохранения ценностных характеристик разработаны рекомендации по охране визуального образа и силуэта города, отвечающие целям устойчивого развития.

Ключевые слова: силуэт города, виды и панорамы, визуальный образ, историко-культурная ценность, градостроительное регулирование.

Введение. Панорамы исторического центра Санкт-Петербурга являются определяющим элементом визуального образа города, символическим выражением преемственности основных принципов градостроительного развития. Являясь произведением коллективного творчества архитекторов и градостроителей нескольких поколений, панорамы и виды раскрывают систему ценностей, принятых в сознании сообщества на разных этапах формирования городского ландшафта. Уникальность панорам и силуэт Санкт-Петербурга как основа образа и *genius loci* северной столицы признаются неотъемлемыми компонентами выдающейся ценности объекта всемирного наследия ЮНЕСКО – «Исторический центр Санкт-Петербурга и связанные с ним группы памятников» [1].

Панорамы Санкт-Петербурга формируются на основе сочетания элементов природного ландшафта, планировки и застройки прибрежных территорий. Отнесение ряда панорам к категории «охраняемых» обусловлено их художественной, эстетической ценностью, композиционной завершенностью. Изучение панорам и видов связано с исследованием основ градостроительной компо-

зиции и восприятия городского ландшафта. Анализ различных аспектов композиции исторического центра Санкт-Петербурга посвящены работы А.В. Бунина, М.Г. Кругловой, Н.Н. Баранова [2–3]. К формообразующим элементам городских видов отнесены плоскостный рельеф акватории дельты Невы с системой протоков, регулярная планировка и застройка, каркас архитектурных доминант. По результатам изучения связей элементов пространственной структуры выявлены устойчивые пространственные и высотные соотношения архитектурных доминант с фоновой застройкой [2].

В общих трудах, посвященных восприятию города, авторы рассматривают вопросы оптических возможностей восприятия человеческим глазом отдельных элементов градостроительной среды [4], психологии восприятия городского пространства [5], семиотики и феноменологии города [6]. Наиболее распространенная модель восприятия образа города, применяемая отечественными и зарубежными специалистами, включает ряд универсальных оценочных категорий, направленных на выявление региональной идентичности городских ландшафтов. К ним относятся пути, районы, границы, узлы, ориентиры

[7]. Важное значение имеет исследование роли объективных и субъективных оценок восприятия среды [8]. В структуре градостроительной композиции исследователями осмысляются формообразующие элементы, пространственные и композиционные связи, образно-символическая структура городского пространства [2–3, 9]

Особенности ландшафта дельты Невы в сочетании с устойчивыми принципами формирования планировки и застройки определяют условия восприятия городских видов и панорам Санкт-Петербурга. Осознание логики градостроительного развития позволяет выделить общие закономерности и устойчивые композиционные принципы построения панорам и видовых перспектив [10]. В процессе исследования городской среды Санкт-Петербургской агломерации исследователями определена теоретическая система градостроительно-композиционных закономерностей построения городского ландшафта – «генетический код Петербурга» [11], проведена классификация иерархии архитектурных доминант по степени их композиционного влияния, определены зоны видимости [12]. На основе феноменологического подхода изучается многослойность смысловых значений и культурных ассоциаций, *genius loci* городского пространства [13–14].

Силуэт имеет особое значение в структуре образа городского пространства. Линия, очерчивающая контур пространственной среды на фоне неба, быстро считывается наблюдателем, служит зримым символом, ориентиром и информационным ресурсом, обеспечивает узнаваемость конкретного города. Осознание ценности силуэта как уникальной характеристики городского ландшафта сложилось в архитектуроведении благодаря работам А.В. Бунина, М.Г. Кругловой относивших проблему силуэтной организации городской среды к числу важнейших художественных проблем в градостроительстве. [2]. Формированию силуэта Петербурга на протяжении всех этапов его градостроительного развития уделялось особое внимание. Преобразования силуэтной композиции были связаны с изменением типов завершений храмов, уплотнением и увеличением высоты фоновой застройки, изменением соотношений открытых и застроенных пространств.

Обширный опыт изучения исторической среды стал основой развития теории и практики охраны градостроительного наследия. В настоящее время изменение облика исторических городов под воздействием градостроительного развития признается неотъемлемым признаком их существования во времени. Актуальными общими тенденциями охраны исторических городских ландшафтов являются поиски путей

управления изменениями, связанными с включением новых объектов в сложившийся городской контекст [15–16]. Предметом научных дискуссий становятся вопросы допустимых преобразований, не оказывающих негативного влияния на ценностные элементы и характеристики исторической среды.

С целью поиска эффективных методов сохранения и поддержания образной целостности города определяются границы зон видимости, точки наилучшего восприятия ценных панорам и перспективных видов [17], разрабатываются методы когнитивного картирования [18]. В процессе развития методов охраны исторической среды в ряде стран разработаны специальные документы, обеспечивающие охрану городских видов и панорам [19]. Международный опыт включения стратегий охраны видов и силуэта города в документы территориального планирования может служить показателем уязвимости данных элементов исторической среды и необходимости их специальной охраны.

Проблема взаимодействия новых высотных зданий с исторической застройкой в пределах исторического центра Санкт-Петербурга активно обсуждается в рамках дискуссии о сохранении силуэта города. По результатам анализа панорам выявляются факторы негативного воздействия на исторический силуэт [20], ведутся поиски адекватных методов охраны и преемственного развития силуэтной организации города. Важное значение в этом направлении исследований имеет анализ исторического опыта градостроительного регулирования [21]. Принимая во внимание уникальность исторического городского ландшафта Санкт-Петербурга как объекта градостроительного наследия всемирного значения, совершенствование инструментария охраны визуального образа города признается важной и актуальной задачей современного этапа развития охраны культурного наследия.

Цель настоящего исследования заключается в определении методов охраны силуэтной организации исторического города, разработке рекомендаций по регулированию градостроительной деятельности, обеспечивающих сохранность силуэта и композиции городских видов и панорам. Задачами исследования являются изучение действующего законодательства в сфере охраны культурного наследия, анализ опыта охраны видов и панорам как ценных элементов исторической среды Санкт-Петербурга, разработка модели анализа и критериев оценки репрезентативных видов и панорам.

Материалы и методы. Исследование основывается на комплексном подходе, включающем

общекультурные теоретические методы (системно-структурный анализ, сравнительный анализ и теоретическое обобщение), экспериментальные (метод моделирования), а также специальные методы – ландшафтно-визуальный анализ объектов градостроительного наследия. Объектом исследования стал инструментарий охраны силуэта, панорам и видов городского ландшафта.

Правовые основы охраны видов и панорам

Охрана образа исторических городов не предусмотрена законодательством в сфере охраны культурного наследия. Законом об охране памятников истории и культуры [Федеральный закон от 25.06.2002 №73] охраняется визуальное восприятие отдельных элементов исторической среды – объектов культурного наследия. Характерные виды и точки восприятия этих объектов в качестве предмета охраны объектов культурного наследия подлежат охране при проведении работ на территории объектов культурного наследия.

Целостные фрагменты городских территорий с высокой историко-культурной значимостью могут быть отнесены к особому виду объектов культурного наследия – достопримечательному месту [Федеральный закон от 25.06.2002 №73. Ст.3], в этом случае видовые перспективы и панорамные раскрытия, композиционно-пространственные и визуальные особенности застройки подлежат охране как ценностные особенности объекта культурного наследия [Методические рекомендации по отнесению историко-культурных территорий к объектам культурного наследия в виде достопримечательного места. Рекомендованы к применению МК РФ письмом от 28.02.2017 №49-01.1-39-НМ].

Наиболее распространенным методом охраны визуальной целостности исторической среды и образа города считается охранное зонирование. Границы зон охраны объектов культурного наследия распространяются на участки сохранившейся исторической и природной среды объектов культурного наследия, могут включать обширные территории исторических городских ландшафтов в случае объединения зон охраны нескольких объектов. Ограничения градостроительной деятельности в зонах охраны устанавливаются с учетом сохранения композиционных и визуальных связей объектов культурного насле-

дия [Положение о зонах охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 12.09.2015 №972].

Панорамы и виды в системе охраны исторической среды Санкт-Петербурга

В Санкт-Петербурге традиция объединения охранных зон объектов культурного наследия, расположенных на территории исторического центра и пригородов, поддерживается с 1960-х гг. В настоящее время границы единых зон охраны охватывают территорию исторического центра Санкт-Петербурга с пригородами площадью более 37 000 га¹. Объектами градостроительной охраны являются все наиболее ценные компоненты историко-градостроительной среды: планировочная структура, историческое межевание; исторические здания и сооружения, зеленые насаждения, ландшафтно-композиционная структура; силуэт застройки; панорамы и виды с основных площадок обзора и путей следования; направления визуального восприятия доминант (табл. 1).

В целях сохранения визуального образа городского ландшафта г. Санкт-Петербурга в границах зон охраны объектов культурного наследия охраняются панорамы, основные визуальные направления на архитектурные доминанты, виды городского ландшафта, композиционно завершенные городские пространства (см. табл. 1. Ландшафтно-композиционная структура). Содержание понятия «сохранение» ценных элементов среды в системе запретов и ограничений градостроительной деятельности носит достаточно общий характер и не раскрыто применительно к конкретным элементам исторической среды.

Визуальный образ и силуэт города охраняется за счет высотного регулирования реконструкции и нового строительства, охраны исторической застройки. Комплекс ограничений и запретов в границах зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории Санкт-Петербурга, не исключает, однако, возможности реконструкции исторических зданий с изменением габаритов и их архитектурного облика, а также возведения новых зданий и сооружений в пределах максимально допустимых высотных ограничений [Закон Санкт-Петербурга №820-7].

¹ Закон Санкт-Петербурга №820-7 «О границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга и режимах использования земель в

границах указанных зон...» Площадь территории в границах зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории Санкт-Петербурга около 23 000 га.

Анализ композиционной целостности видов и панорам исторического центра Санкт-Петербурга позволяет сделать выводы о существенном влиянии на сложившийся визуальный образ и силуэт города вновь возведенных зданий и сооружений, не соответствующих устойчивым характеристикам исторической застройки. Негативное

воздействие на целостность панорам р. Невы и силуэта застройки оказывают включенные в структуру видовых раскрытий здания крупного архитектурного модуля с неупорядоченной конфигурацией линии крыш при отсутствии доминирования горизонталей венчающих карнизов.

Таблица 1

Охраняемые элементы историко-градостроительной среды на территории исторического центра Санкт-Петербурга (согласно Закону Санкт-Петербурга №820-7)

Объекты культурного наследия (ОКН)	Историческая и природная среда объектов культурного наследия (элементы и характеристики)		
	Планировочная структура	Ландшафтно-композиционная структура	Фоновая застройка
ОКН федерального значения	исторические дороги;	исторические гидросистемы; открытые ландшафты;	исторические средовые характеристики;
ОКН регионального значения	исторический планировочный каркас (набережные, проспекты, улицы, площади, переулки и проезды);	силуэт застройки (соотношение архитектурных доминант и фоновой застройки): панорамы;	историческая фоновая (рядовая) застройка
Выявленные ОКН	историческое межевание; исторические зеленые насаждения	основные визуальные направления на архитектурные доминанты; виды городского ландшафта; композиционно завершенные пространства	

Речные панорамы и силуэт оказываются чувствительными к высотному строительству на территориях за границами исторического центра. Комплексы многоэтажных зданий, возведенных на значительных расстояниях от исторического центра, вследствие изгибов русла реки вторгаются в панорамы акватории р. Невы, нарушая сложившуюся структуру восприятия визуального образа и силуэта. Значительность воздействия нового строительства на восприятие панорам и силуэта застройки приводит к потере историко-культурной ценности визуального образа города, утрате культурной идентичности исторического городского ландшафта.

Сохранение и преемственное развитие визуального образа города имеет особое значение в структуре поддержания культурной идентичности. Современный этап развития отечественного законодательства в сфере охраны культурного наследия характеризуется разработкой нового инструмента комплексной охраны исторической среды – правового статуса «историческое поселение», предметом охраны которого является историко-градостроительная среда во всем многообразии элементов и характеристик [Федеральный закон от 25.06.2002 №73, ст. 59]. При включения населенного пункта в перечень исторических поселений определяются наиболее значимые характеристики среды, подлежащие охране: историче-

ски ценные градоформирующие объекты, планировочная структура, объемно-пространственная структура, композиция и силуэт застройки, соотношение между различными городскими пространствами, композиционно-видовые связи (панорамы), соотношение природного и созданного человеком окружения» [Федеральный закон от 25.06.2002 №73, ст. 59].

Внедрение нового инструмента охраны исторической среды на практике усложняется отсутствием консолидированной позиции в отношении критериев оценки средовых элементов и характеристик, подлежащих охране, а также неразработанностью методов охраны. В системе критериев оценки отдельных компонентов исторической среды специалисты отдают приоритетное значение градостроительной ценности, определяемой как совокупность планировочной структуры, застройки, композиции и силуэта городского ландшафта [22]. В структуре ценностных критериев городских видов доминирует наличие взаимосвязей художественно-эстетической, эмоциональной и ассоциативной ценности средовых элементов [23].

Базовым исследованием для определения методов охраны ценных элементов и связей визуального образа является ландшафтно-визуальный анализ, в процессе которого выявляются наиболее характерные элементы и особенности городских видов и панорам, их визуальные и

композиционные связи, зоны видимости и точки восприятия. Проведение дополнительного исследования историко-культурной ценности, а также условий восприятия видов и панорам (табл. 2) позволяет выявить чувствительные к изменениям

особенности ценных видовых раскрытий. На основе обобщения практического и теоретического опыта ландшафтно-визуального анализа выделены первичные элементы, которые являются основой предлагаемой модели анализа панорам и видов (табл. 2).

Таблица 2

Модель описания и оценки видовых раскрытий

Формообразующие элементы	Параметры оценки
ландшафт (рельеф местности)	– высотные отметки природного рельефа, – характер береговой линии (террасированность рельефа, величина уклона береговой террасы), соотношения различных типов рельефа; – система озеленения; – гидрологические особенности территории; – соотношения открытых пространств;
планировка	– панорама/перспективное раскрытие – ритм и характер застройки
застройка	– масштабные (архитектурный модуль, этажность), типологические, стилистические характеристики зданий и сооружений (фоновой застройки); – историческая репрезентативность застройки как иллюстрация этапа градостроительного развития территории; – система размещения архитектурных доминант и акцентов
пространственные и композиционные связи	– высотные соотношения фоновой застройки с архитектурными доминантами (иерархия доминант, плотность акцентов, закономерность распределения доминант и акцентов); – целостность видовой картины (отсутствие несомасштабных и диссонирующих по стилистике, материалу, объемно-пространственному решению объектов); – плановость композиции; – силуэтная активность фрагментов городского пейзажа и видовой системы города в целом; – преемственность исторических принципов формирования видовых раскрытий

Необходимым этапом разработки комплекса ограничений градостроительной деятельности, направленного на сохранение, поддержание и преемственное развитие ценности среды, должен стать прогноз чувствительности видовых раскрытий к трансформациям городской среды и моделирование предельно допустимых изменений, не оказывающих негативного влияния на ценностные элементы и характеристики видовых раскрытий.

Сохранение и поддержание ценных особенностей визуального образа городского ландшафта может быть осуществлено на основе тщательно спланированной стратегии градостроительного развития, включающей требования к сохранению видов и панорам, и рекомендации по реабилитации и преемственному развитию формообразующих элементов, их пространственных композиционных и иных связей. В настоящее время методами реабилитации ценностных характеристик исторических видовых раскрытий

осознаются восстановление утраченных архитектурных доминант, а также исторических пространственных соотношений и композиционных связей методами ландшафтной архитектуры [24–25].

Выводы. Современные стратегии устойчивого развития исторических городов рассматривают сохранение культурного наследия как ресурс социального и экономического развития. Сохранение визуального образа города – символа культурной идентичности – обеспечивает поддержание регионального своеобразия городского ландшафта. В области охраны градостроительного наследия ведется поиск наиболее эффективного инструментария охраны исторической среды городов и управления изменениями исторических городских ландшафтов. Статус «историческое поселение», предметом охраны которого в том числе являются силуэт и композиция застройки, композиционно-видовые связи (панорамы), соотношение природного и созданного человеком окружения, может оцениваться как

наиболее перспективный подход к охране исторического городского ландшафта, обеспечивающий соблюдение баланса сохранения ценных элементов среды и преемственного развития устойчивых формообразующих принципов организации городского ландшафта.

На территории Санкт-Петербурга система ограничений градостроительной деятельности в границах объединенных зон охраны объектов культурного наследия включает общее требование охраны визуальных направлений, панорамных видов и композиционно завершенных пространств городского ландшафта. Недостаточная определенность содержания общих требований к охране визуального образа города предопределяет возможность изменений видов и панорам, снижающих историко-культурную ценность отдельных видовых раскрытий.

В условиях градостроительного развития городов выбор методов охраны исторической среды основывается на определении ценностных средовых элементов и их взаимосвязей. В зависимости от ценности и чувствительности к изменениям силуэта города, видов и панорам, разрабатывается система ограничений градостроительной деятельности в зоне восприятия ценных видов и панорам. Актуальными направлениями совершенствования регулирования в целях охраны силуэта города являются детализация высотных ограничений в границах зон восприятия городских видов и панорам, разработка требований к архитектурному решению вновь возводимых в зонах формирования видов зданий и сооружений, восстановление исторических высотных и пространственных соотношений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ретроспективная декларация о выдающейся универсальной ценности объекта всемирного наследия «Исторический центр Санкт-Петербурга и связанные с ним группы памятников» [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: ftp://kgiop.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2015/08/24/Декларация_ВУЦ.pdf (дата обращения: 20.03.2020)
2. Бунин А.В., Круглова М.Г. Архитектурная композиция городов. М.: Изд-во Академия архитектуры СССР, 1940. 204 с.
3. Баранов Н.Н. Силуэт города. Л.: Стройиздат, 1980. 183 с.
4. Беляева Е.Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия. М.: Стройиздат, 1977. 127 с.
5. Гутнов А.Э., Глазычев В.Л. Мир архитектуры [Электронный ресурс]. URL:

- http://www.glazychyev.ru/books/mir_architecture/глава_7 (дата обращения: 02.02.2020)
6. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
 7. Линч К. Образ города. Перевод с английского В.Л. Глазычев. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
 8. Nasar. J.L. The Evaluative Image of the City. The Ohio State University, 1998. 182 p.
 9. Федоров А.Н. Образно-символическая система композиции древнерусского города. СПб.: Специальная литература, 1999. 200 с.
 10. Лисовский В.Г. Санкт-Петербург. Очерки архитектурной истории города в 2-х томах. СПб.: Коло, 2009. 584 с.
 11. Семенцов С.В. Санкт-Петербургская агломерация – уникальный градостроительный объект мирового масштаба // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2012. №1. (20). С. 1–16.
 12. Петербургские чтения, 98-99: Материалы энциклопедической библиотеки «Санкт-Петербург-2003». СПб: Петербургский институт печати, 1999. 837 с.
 13. Анциферов Н.П. «Непостижимый город...» Душа Петербурга. Петербург Достоевского. Петербург Пушкина. Сост. М.Б. Вербловская. СПб.: Лениздат, 1991. 335 с.
 14. Степанов А.В. Феноменология архитектуры Петербурга. СПб.: Арка, 2016. 396 с.
 15. Bandarin F., Van Oers R. Historic Urban Landscape: Managing Heritage in an Urban Century. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. 236 p.
 16. Пасечник И.Л., Марушина Н.В. Категория ценности в теории и практике сохранения исторической городской среды (в контексте изучения рядовой исторической застройки) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т.21. № 3. С. 9–19.
 17. Moggridge H. Visual analysis: tools for conservation of urban views during development: Managing historic cities. UNESCO World Heritage Centre, 2010. Pp. 65–71.
 18. Seda H.Bostanci, Murat Oral. Experimental Approach on the Cognitive Perception of Historical Urban Skyline// International Journal of Architecture & Planning. 2017. Vol. 5. Pp. 45–59.
 19. Karaga K. Urban skyline planning strategy. Case study. London. 2014-2015 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.academia.edu/22759923/Urban_skyline_planning_strategy_analysis_Case_study_London. (дата обращения: 07.03.2020)
 20. Granstre M., Zolotareva M., Slavina T. High-rise construction in historical cities through the example of Saint Petersburg // E3S Web of Conferences 33, 01028 (2018) HRC 2017. [Электронный

ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.e3s-conferences.org/> (дата обращения: 20.03.2020)

21. Вайтенс А.Г. Роль городских положений 1870 и 1892 годов в развитии градостроительства в Петербурге-Петрограде // Архитектура, градостроительство, дизайн. 2008. № 4(17). С. 3–8

22. Никифоров А.А. О критериях историко-культурной ценности исторических поселений // Культура, управление, экономика, право. 2016. № 2. С. 38–47

23. Шевченко Э.А. Методические рекомендации оценки историко-культурной ценности поселения. Применение критериев историко-куль-

турной ценности поселения в оценке недвижимости, расположенной в границах исторического поселения. СПб: Зодчий, 2014. 264 с.

24. Vaytens A., Yankovskaya Y. Saint-Petersburg landscape scenarios and green architecture in the strategy of urban development // MATEC Web Conf. Vol. 170. 2018. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.matec-conferences.org> (дата обращения: 20.03.2020)

25. Лавров Л.П. Реконструкция ландшафтов исторического ядра Санкт-Петербурга в 1870–1910 гг. // Вестник СПбГУ. 2015. Сер. 15. No. 3. С. 78–96.

Информация об авторах

Назарова Анна Юрьевна, аспирант кафедры архитектурного и градостроительного наследия E-mail: zoloto-reyna@yandex.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Поступила 23.03.2020

© Назарова А.Ю., 2020

Nazarova A. Yu

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,

Scientific Research & Project Institute "Spetsrestavratsiya"

E-mail: zoloto-reyna@yandex.ru

STRATEGY OF PROTECTING THE SILHOUETTE OF A HISTORICAL CITY: THE CASE OF SAINT-PETERSBURG

Abstract. The silhouette of buildings determines the identity of city panoramas and views, being one of the most striking features of the visual image of the urban landscape. Reconstruction of buildings, as well as new construction on the territory of city core contributes to the transformation of the urban image, leads to the creation of new high-rise, spatial and compositional relationships of elements. In the context of changes in the urban planning context, the silhouette is one of the most vulnerable characteristics of urban views and panoramas. The historical center of Saint Petersburg is a unique example of a complete historical and urban planning environment. The outstanding historical and cultural value of this site is the basis for the inclusion of the city core and suburbs of St. Petersburg in the list of UNESCO world heritage sites. Urban views and panoramas, their silhouette organization are an expression of the value characteristics of the world heritage site. In terms of urban development, the visual image and silhouette of the city are significantly affected. Based on the analysis of tools for the protection of views and panoramas of the historical urban landscape, the experience of preserving panoramas in St. Petersburg, the article identifies ways to improve legislation in the field of preserving and managing changes in the historical environment. A model for analyzing silhouette compositions, urban views and panoramas has been developed, and a system of criteria for evaluating them has been proposed based on the methodology of landscape-visual analysis. Taking into account the need to preserve value characteristics, recommendations to protect the visual image and silhouette of the city that conform the goals of sustainable development have been developed.

Keywords: city silhouette, panoramas and views, visual image of the city, historical and cultural value, urban planning

REFERENCES

1. Retrospective Declaration of the Outstanding Universal Value of a world heritage site «Historic Centre of Saint-Petersburg and Related Groups of Monuments» [Retrospektivnaya deklaraciya o vydayushchejsya universal'noj cennosti ob"ekta

vsemirnogo naslediya «Istoricheskij centr Sankt-Peterburga i svyazannye s nim gruppy pamyatnikov»]. URL: http://kgiop.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2015/08/24/Deklaratsiya_VUTs.pdf. (date of treatment: 20.03.2020) (rus)

2. Bunin A.V., Kruglova M.G. Architectural composition of cities [Arkhitekturnaya kompozitsiya

- gorodov]. Moscow: Akademiya arhitektury SSSR, 1940. 204 p. (rus)
3. Baranov N.N. City skyline [Siluet goroda]. Leningrad: STROIIZDAT, 1980. 183 p. (rus)
 4. Belyaeva E.L. Architectural and spatial environment as an object of visual perception [Arhitekturno-prostranstvennaya sreda goroda kak ob"ekt zritel'nogo vospriyatiya]. M.: Stroiizdat, 1977. 127 p. (rus)
 5. Gutnov A.E., Glazychev V.L. World of architecture [Mir arkhitektury]. AdobeAcrobatReader. URL: http://www.glazychev.ru/books/mir_architecture/glava_7/ (rus) (date of treatment: 20.03.2020) (rus)
 6. Gutnov A.E. Evolution of urban planning [Evoluciya gradostroitel'stva]. Moscow: Stroiizdat, 1984. 256 p. (rus)
 7. Lynch K. The Image of the City. Translation by V.L. Glazychev. Moscow: Stroiizdat, 1982. 328 p. (rus)
 8. Nasar J.L. The Evaluative Image of the City. The Ohio State University, 1998. 182 p.
 9. Fedorov A.N. Figurative and symbolic system of composition of the ancient Russian city [Obrazno-simvolicheskaya sistema kompozicii drevnerusskogo goroda]. Saint-Petersburg: Special'naya literature, 1999. 200 p. (rus)
 10. Lisovskij V.G. Saint-Petersburg. Essays on the architectural history of the city [Sankt-Peterburg. Ocherki arkhitekturnoi istorii goroda] v 2-kh tomakh. Saint-Petersburg: Kolo, 2009. 584 p. (rus)
 11. Semencov S.V. The Saint Petersburg historic agglomeration as an urban planning world-wide object [Sankt-Peterburgskaya aglomeraciya – unikal'nyj gradostroitel'nyj ob"ekt mirovogo masshtaba]. Internet-Vestnik VolgGASU. 2012. No. 1 (20). Pp.1-16 (rus)
 12. St. Petersburg readings, 98-99: Materials of the encyclopedia library "Saint Petersburg-2003» [Peterburgskie chteniya, 98-99: Materialy enciklopedicheskoy biblioteki «Sankt-Peterburg-2003»]. Saint-Petersburg: Peterburgskij institut pechaty, 1999. 837 p. (rus)
 13. Anciferov N.P. An unfathomable city. The soul of St. Petersburg. Dostoevsky's Petersburg. Pushkin's Petersburg [«Nepostizhimyj gorod...» Dusha Peterburga. Peterburg Dostoevskogo. Peterburg Pushkina]. Saint-Petersburg: Lenizdat, 1991. 335 p. (rus)
 14. Stepanov A.V. Phenomenology of architecture of St. Petersburg [Fenomenologiya arkhitektury Peterburga]. Saint-Petersburg: Arka, 2016. 396 p. (rus)
 15. Bandarin F., Van Oers R. Historic Urban Landscape. Managing Heritage in an Urban Century. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. 236 p.
 16. Pasechnik I.L., Marushina N.V. The category of value in theory and practice of conservation of the historical urban environment (in the context of evaluation of the regular historical building) [Kategoriya cennosti v teorii i praktike sohraneniya istoricheskoy gorodskoj sredy (v kontekste izucheniya ryadovoy istoricheskoy zastroyki)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2019. Vol.21. No. 3. Pp. 9–19. (rus)
 17. Moggridge H. Visual analysis: tools for conservation of urban views during development. Managing historic cities. UNESCO World Heritage Centre, 2010. Pp.65–71.
 18. Seda H. Bostanci, Murat Oral. Experimental Approach on the Cognitive Perception of Historical Urban Skyline. International Journal of Architecture & Planning. 2017. Vol. 5. Special Issue. Pp. 45-59
 19. Karaga K. Urban skyline planning strategy. Case study. London. 2014-2015. AdobeAcrobatReader. URL: https://www.researchgate.net/publication/296695437_Urban_skyline_planning_strategy_analysis_Case_study_London/link/56d872d808aee1aa5f80175c/download (date of treatment: 07.03.2020)
 20. Granstre M., Zolotareva M., Slavina T. High-rise construction in historical cities through the example of Saint Petersburg: E3S Web of Conferences 33, 01028 (2018) HRC. 2017. AdobeAcrobatReader. URL: <https://www.e3s-conferences.org/> (date of treatment: 20.03.2020)
 21. Vaitens A.G. The role of city regulations of 1870 and 1892 in the development of city regulation in Saint Petersburg [Rol' gorodovykh polozhenij 1870 i 1892 godov v razvitii gradoregulirovaniya v Peterburge-Petrograde]. Architectura, urbanism & design. 2008. No. 4(17). Pp. 3–8 (rus)
 22. Nikiforov A.A. About criteria of historical and cultural value of historical settlements [O kriteriyah istoriko-kul'turnoj cennosti istoricheskikh poselenij]. Kul'tura, upravlenie, ekonomika, pravo. 2016. No. 2. Pp. 38–47 (rus)
 23. Shevchenko E.A. Methodological recommendations for assessing the historical and cultural value of a settlement. Application of criteria of historical and cultural value of a settlement in the assessment of real estate located within the borders of a historical settlement [Metodicheskie rekomendacii ocenki istoriko-kul'turnoj cennosti poseleniya. Primenenie kriteriev istoriko-kul'turnoj cennosti poseleniya v ocenke nedvizhimosti, raspolozhennoj v granichah istoricheskogo poseleniya]. Saint-Petersburg: Zodchii, 2014. 264 p. (rus)
 24. Vaytens A., Yankovskaya Y. Saint-Petersburg landscape scenarios and green architecture in the strategy of urban development: MATEC Web Conf. 2018. Vol. 170. AdobeAcrobatReader. URL:

<https://www.matec-conferences.org> (date of treatment: 20.03.2020)

25. Lavrov L.P. Reconstruction of landscapes of the historical core of Saint Petersburg

[Rekonstruktsiya landshaftov istoricheskogo yadra Sankt-Peterburga v 1870-1910 gg.]. Vestnik of Saint Petersburg University. Arts. 2015. Vol. 15. No. 3. Pp. 78–96. (rus)

Information about the authors

Nazarova, Anna Yu. Post-graduate student. E-mail: zoloto-reyna@yandex.ru Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Sankt-Petersburg, 2-ya Krasnoarmeiskaya str., 4.

Received 23.03.2020

Для цитирования:

Назарова А.Ю. Стратегия сохранения силуэта исторического города (на примере Санкт-Петербурга) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 91–99. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-91-99

For citation:

Nazarova A.Yu. Strategy of protecting the silhouette of a historical city: the case of Saint-Petersburg. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 91–99. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-91-99

ЦЕННОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ Г. МУРМАНСКА (1920-е – КОНЕЦ 1950-х гг.)

Аннотация. Определены основные этапы формирования пространственно-планировочной структуры города Мурманска в 1920-е–1950-е гг. На основе анализа этапов развития города, архивных документов и основных исторически сложившихся градостроительных ситуаций, выявлена логика её исторического развития. Рассмотрены особенности исходного рельефа местности, а также его влияние на формирование пространственно-планировочной структуры города. Охарактеризована специфика структуры проспекта Ленина – главной планировочной оси Мурманска, отмечено её значение в поэтапном формировании пространственно-планировочной структуры исторического центра города. Определены ценные компоненты структуры, а именно устойчивые во времени планировочные узлы, а также архитектурные элементы – доминанты, акценты, пластические детали, формирующие силуэт и ритмику улиц. Для выявления архитектурно-планировочной специфики Мурманска проведено сравнение пространственно-планировочной структуры Мурманска и Ленинграда 1930-х–1950-х гг., определены сходства и различия. Выдвинуты предложения по корректировке зон охраны исторического центра города. В статье приводятся материалы фотофиксации, архивные снимки, схемы поэтапного развития пространственно-планировочной структуры и её ценных элементов, а также карты-схемы объектов культурного наследия с существующими зонами охраны исторического центра Мурманска и с предложениями по корректировке.

Ключевые слова: этапы развития, специфика структуры, компоненты структуры, охрана наследия

Введение. Мурманск занимает особое место среди северных городов России. В настоящее время город является опорной зоной развития в Арктическом регионе: это крупнейший незамерзающий порт и центральный пункт Северного морского пути. За последние годы Мурманск приобрёл стратегическое значение для российской экономики в вопросах перспективного освоения углеводородных ресурсов арктического шельфа.

Государственная политика в отношении Арктики будет нести определённые изменения, стимулирующие строительную активность в Мурманске. В свою очередь, это может повлечь за собой вмешательство в застройку и структуру исторической части города. Подобное развитие ситуации делает актуальной задачу выявления историко-культурной ценности сложившейся пространственно-планировочной структуры Мурманска.

Необходимость в заявленном исследовании также вызвана отсутствием фундаментальных научных трудов по архитектуре и градостроительству Мурманска. Тема затрагивалась в краеведческой литературе [1, 2] и кратких исторических обзорах в местной прессе [3–5], а также в рамках предпроектных работ проектных институтов Ленинграда [6–8].

Тема исторического архитектурно-градостроительного развития северных городов в первой половине XX века рассматривается и в зарубежных исследованиях [9, 10, 11, 12, 13].

Нижняя хронологическая граница исследования – 1920-е гг., обусловлена началом активного формирования пространственно-планировочной структуры Мурманска; верхняя – конец 1950-х гг. – принципиально новым этапом развития структуры, связанного с переходом к индустриальному домостроению.

Географические границы обусловлены территорией исторического центра Мурманска (ограниченной портовой зоной на западе, улицей Капитана Буркова и улицей Папанина на востоке, улицей Книповича на юге и улицей Папанина на севере). В статье используются современные названия улиц.

Сформулированные выше положения определяют предмет исследования: ценностные характеристики исторической пространственно-планировочной структуры Мурманска. Исходя из этого определена цель работы: выявить ценностные характеристики исторической пространственно-планировочной структуры Мурманска.

Объект исследования – историческая пространственно-планировочная структура Мурманска.

Предмет и цель определили задачи исследования:

- сформулировать понятие и критерии ценности элементов пространственно-планировочной структуры исторических городов;
- выявить этапы развития пространственно-планировочной структуры Мурманска;
- выявить ценные элементы в пространственно-планировочной структуре исторического центра Мурманска;
- обобщить результаты исследования в виде заключения и кратких выводов.

Методом решения поставленных в статье цели и задач являлся сравнительный анализ привлечённых картографических, литературных, фото- и графических материалов, а также материалов натурного обследования. Для характеристики ценностей использован метод сопоставления мурманских объектов с типологически сходными объектами Ленинграда. Результаты анализа представлены в том числе в виде графических схем пространственно-планировочной структуры Мурманска на конкретных этапах его развития.

Этапы развития пространственно-планировочной структуры Мурманска до конца 1950-х гг. Возникновение города Мурманска связано с событиями Первой мировой войны, когда Кольский Север приобрёл для России стратегическое значение. Строительство железной дороги и морского порта в годы войны стало толчком для появления в регионе крупного города.

Идея организации портового города за полярным кругом появилась во второй половине XIX столетия, а в 1912 г. первые исследователи начали разведку новых мест на мурманском берегу. Выбор был остановлен на незамерзающей бухте в южной части Кольского залива, в 50 км от побережья Баренцева моря. Три относительно плоские террасы, спускавшихся к Кольскому заливу, оказались пригодными для строительства портовых сооружений и будущего города. Природные условия указывали на достаточно благоприятный микроклимат в бухте [1, с. 7].

На начальном этапе (1916 – начало 1920-х гг.) Мурманск развивался как группа рабочих поселков стихийной застройки, поэтому в городе отсутствовал выраженный общественный центр (Рис. 1). Портовая зона вместе с железной дорогой полностью заняли территорию первой террасы, тем самым отрезав город от воды. Жилая зона развивалась выше – на второй террасе.

В течение 1920-х гг. на основе дореволюционного проекта генерального плана (автор – инженер Б. В. Сабанин) в городе сформировалась рациональная планировка. Беспорядочная застройка постепенно сменяется на регулярную квартальную сетку улиц, намечается зона центра (рис. 1). Подобный

прагматичный подход развития города можно объяснить тем фактом, что строительство города выпало на период крупных внутривосточных потрясений. Мурманск развивался вверх по рельефу, частично занимая территории третьей террасы, и приобретал вид амфитеатра, раскрывающегося на залив (рис. 1).

В довоенное десятилетие своё развитие получает главная улица – проспект Ленина. Магистраль обогащается небольшими доминантами и акцентами. Таким способом обозначилась главенствующая роль проспекта в пространственно-планировочной структуре.

В 1930-е годы правительство стало уделять внимание разведке полезных ископаемых на Кольском полуострове. Дальнейшее развитие получает рыбная промышленность, увеличивается объём грузоперевозок в Мурманском порту. Это даёт новый толчок для развития Мурманска. Город становится центром округа, а затем и области. Значительно увеличиваются капитальные вложения на строительство жилых и общественных зданий, благоустройство и инженерное обеспечение [1, с. 13].

В довоенный период в Мурманске наблюдалась нехватка кирпича, поэтому город оставался преимущественно малоэтажным и деревянным. Капитальное строительство в Мурманске началось только в разгар второй пятилетки – с середины 1930-х гг. [2, с. 14]. В то время Мурманск не располагал проектными организациями, поэтому заказы на разработку проектов жилых и общественных зданий поступали в проектные институты Ленинграда [1, с. 13].

В послевоенный период (1945 – конец 1950-х гг.) в силу своей стратегической значимости Мурманск был включён в список 15 городов СССР, которые в первую очередь подлежали восстановлению. Это помогло в короткие сроки восстановить капитальную застройку. Постепенно в городе процент деревянных строений уменьшался. При общей неизменности планировки происходило дальнейшее обогащение пространства центра доминантными зданиями и акцентами (рис. 1).

Ценностные характеристики планировочной структуры Мурманска до конца 1950-х гг.

В структуре центральной части Мурманска до конца 1950-х гг. сохранились «устойчивые» планировочные элементы и, таким образом, приобрели ценность как характерные именно для исторического центра города.

Планировочная структура Мурманска интересна благодаря исходному ландшафту, терра-

сами спускающемуся к заливу. Центр практически полностью разместился на второй террасе – достаточно широком, плоском и пригодном для городского строительства месте, благодаря чему приобрёл вытянутую в форму с небольшим изломом, повторяющую контуры второй террасы.

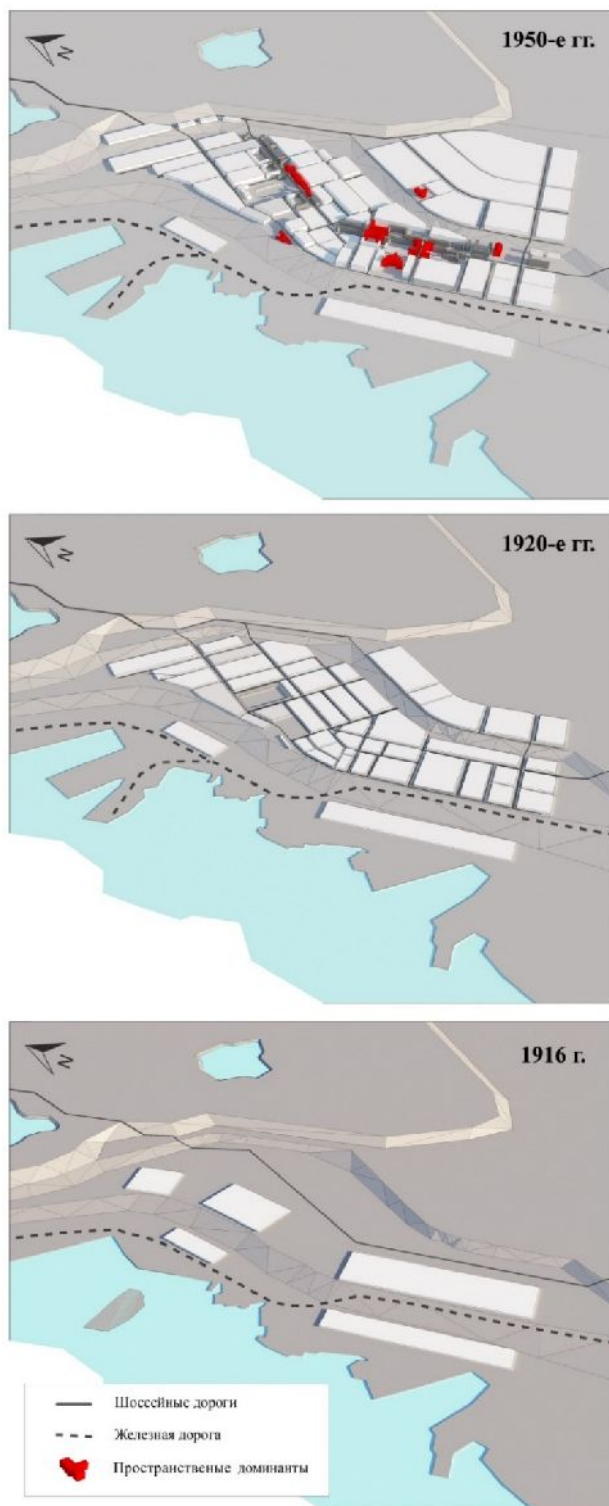


Рис. 1. Этапы развития пространственно-планировочной структуры Мурманска

Рельеф в Мурманске стал определяющим фактором формирования планировочной структуры города, поскольку дал возможность естественным образом разграничить и изолировать друг от друга жилую зону и промышленную, расположенную на нижней террасе.

Жилая зона стала развиваться полосой в меридиональном направлении вдоль главной магистрали – современного проспекта Ленина. Такое развитие города соответствовало террасной структуре рельефа. Эта структура предопределила и расположение главной широтной оси города – современной улицы Воровского [14, с. 6].

Планировка центральной части города решалась по классической регулярной схеме. Две главные оси предопределили прямоугольную структуру планировочной сетки, развивавшейся в сторону главного объекта – портовой зоны, а на их пересечении образовалась центральная площадь (пл. Пять Углов) [14, с. 6]. Также по оси улицы Воровского решалась связь основного транспортного узла – железнодорожного вокзала, с центром города. Главную меридиональную ось – проспект Ленина, под прямым углом пересекали широтные улицы, тем самым разделяя городскую территорию на небольшие кварталы.

В планировке Мурманска на проспекте Ленина в период с 1930-х по 1950-е гг. возникло несколько важных узлов – подцентров, открытых пространств и видовых прострелов. Центральная площадь города (Пять углов) хоть и выполняла функции административного центра, но полностью сформировалась только к середине 1980-х гг.

Первым подцентром стал небольшой сквер в южной части проспекта, появившийся в конце 1930-х гг. напротив брандмауэрной застройки. Структура южной части проспекта Ленина обогатилась небольшой зелёной площадью в виде прямоугольного курдонёра, образованного П-образным в плане жилым домом горсовета (№ 63). Такой контраст оживил монотонный облик главной городской улицы и стал объединяющим центом довоенной застройки проспекта.

В конце 1950-х годов на северном отрезке проспекта Ленина, перед важнейшей доминантой – Домом Советов, был построен стадион. Использование бывшего оврага для создания городского стадиона и включение его в архитектурный ансамбль главной улицы города позволили создать крупный подцентр на северном отрезке проспекта. Дополнила это открытое пространство перед административным зданием и закрепила угол перекрёстка пр. Ленина и ул. Профсоюзная небольшая площадь с памятником А.Ф.

Бредову (скульпторы Г.Д. Ястребенецкий, А.И. Долиненко, В.Н. Татарович, архитектор А.Ф. Ан-

тонов). Эта площадь стала переходом от оживлённой застройки проспекта к спортивно-рекреационной зоне (рис. 2).



Рис. 2. Площадь с памятником А. Ф. Бредову перед зданием Дома Советов

В 1950-е гг. перспектива северной части главной широтной оси города – улицы Воровского, получила завершение (рис. 3) в виде важной стилистической доминанты и пространственного ориентира – нового здания железнодорожного вокзала (ул. Коминтерна, 14; 1954 г., архитекторы Н. Ф. Шимбаревич и Л. И. Коган).



Рис. 3. Улица Воровского. Вид на железнодорожный вокзал от площади Пять Углов. ГАМО. Ф. Р-1310. Д. 1762

Ценностные характеристики пространственной структуры Мурманска до конца 1950-х гг. Пространственная структура Мурманска ценна и уникальна благодаря исходному рельефу, спускающемуся к заливу широкими ступенчатыми террасами. Территорию исторической части города можно охарактеризовать как амфитеатральный ландшафт, окружённый сильным рельефом: с юга и с севера – сопками, с востока – скалистым краем четвёртой террасы.

Развитие застройки Мурманска проходило преимущественно вдоль главной городской оси (современный проспект Ленина), которая стала

сосредоточением городской жизни и выполняла функцию общественного центра. Поэтому первые монументальные здания стали появляться с середины 1930-х годов именно вдоль проспекта, преимущественно на его южном отрезке. Появление первых каменных строений в городе повлекло за собой повышение этажности зданий.

Важной особенностью пространственной структуры Мурманска является выделение главной магистрали из однородной и равновысотной застройки города благодаря появлению системы акцентных объектов. Объёмно-пространственное решение проспекта предусматривало строительство зданий приблизительно одной высоты, и обогащение силуэта шло за счёт увеличения отдельных зданий на 1-2 этажа (рис. 4).

Ещё одним характерным приёмом является размещение акцентных элементов на перекрёстках проспекта с главными широтными улицами. Акцент делался на выделении угловой части здания в отдельный укрупнённый объём либо средствами архитектурной пластики (балконы, лоджии, аттик). Таким образом, пространство проспекта насытилось элементами, визуальными закрепляющими узловые точки. На других улицах города также есть несколько акцентных зданий, фиксирующих важные перекрёстки, однако подобный приём встречается значительно реже, благодаря чему в планировочной структуре Мурманска чётко прослеживается иерархия магистралей.

Часто применяемым в застройке проспекта Ленина композиционным приёмом, характерным для архитектуры 1930-х – 1950-х гг. был принцип зеркального расположения зданий [15, с. 79]. Та-

ким способом было построено несколько рядовых и доминантных зданий, что придало проспекту строгий и парадный облик. Две пары доминант благодаря такому решению формируют в

пространственной структуре локальные ансамбли. Эти значительные по массе и высоте сооружения на проспекте стали выполнять роль символических пропилеев.

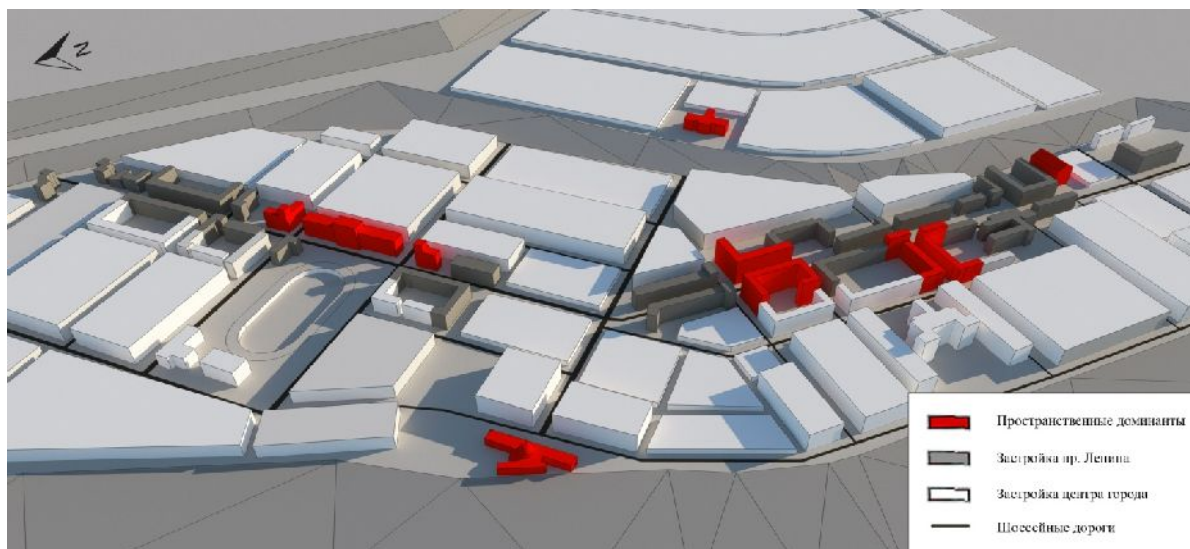


Рис. 4. Пространственно-планировочная структура пр. Ленина в конце 1950-х гг.

Первая пара домов (пр. Ленина 65, 78, архитектор В. Оленёв), построенных по обе стороны проспекта, представляет собой парадный въезд с южной стороны на площадь Пять углов – административный центр города. Вторая пара зданий

(рис. 5), известная как «капитанские дома» (пр. Ленина 70, 72, архитектор В.Ф. Овчинников), расположена по одну сторону проспекта и служит символическим парадным въездом в портовую часть города [5].

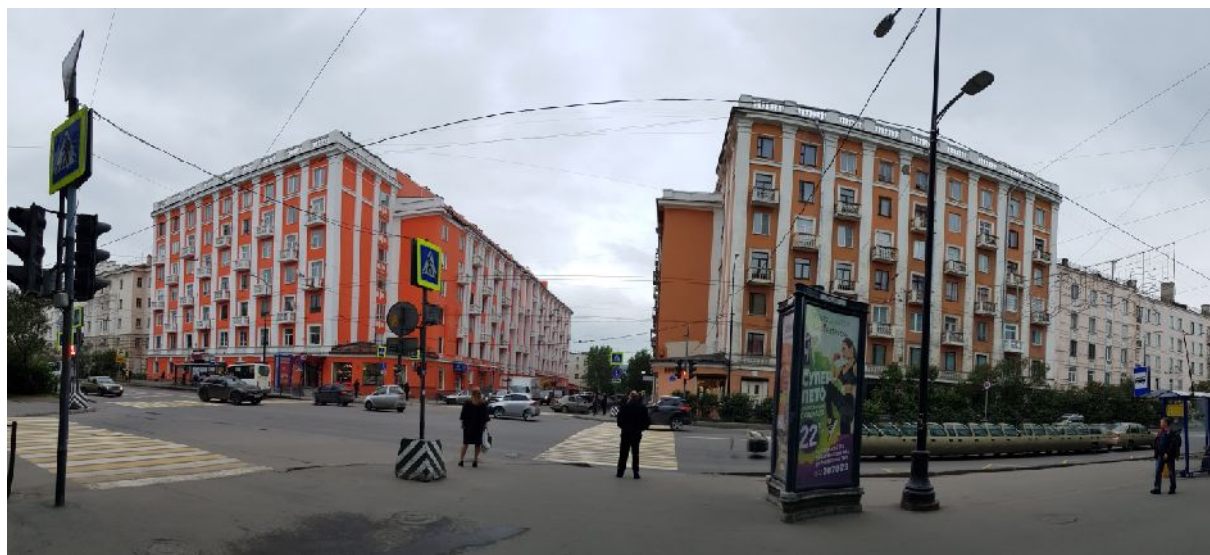


Рис. 5. Дома-пропилеи на пр. Ленина (№№ 70, 72)

В довоенное десятилетие северный отрезок проспекта Ленина также был отмечен доминантами – домом Главсевморпути (№ 77, 1937 г.) и зданием военного госпиталя (№ 73, 1939 г.). Оба здания аналогичны по композиции и состоят из трёх разновысотных объёмов с акцентом на угловую башню.

Застройка проспекта Ленина сочетает в себе отрезки как отдельно стоящих, так и брандмауэрных зданий. Однако чёткого ритма зданий или

чередования отдельной и брандмауэрной застройки не прослеживается. Единая модульность в застройке также отсутствует. Нужно отметить, что выходящие торцевой частью на проспект здания – это скорее исключение [15, с. 79].

До 1941 года жилыми зданиями в 5-7 этажей застраивался только проспект Ленина. Остальные улицы центра города формировались двухэтажными рублеными домами с вкраплениями

отдельных каменных зданий [16, л. 3]. В довоенные годы в Мурманске не сооружались каменные двух-трёхэтажные каменные жилые дома ввиду крайней ограниченности удобных для застройки территорий [16, л. 6].

В довоенный период несколько четырёхэтажных зданий школ, поставленных с удачным

использованием рельефа, как архитектурные доминанты организовывали районы деревянной застройки [16, л. 3]. Характерным примером такого решения является здание школы №1 (ул. Капитана Буркова, 31; 1935 г.), построенное на границе второй и третьей террасы и с юга замыкающее перспективу улицы Воровского (рис. 6).



Рис. 6. Южная часть ул. Воровского

В историческом центре Мурманска в послевоенное десятилетие средняя этажность городской застройки установилась в пределах 4-5 этажей [16, л. 20]. Такие изменения были связаны прежде всего с эксплуатационными расходами. Массивы застройки следовали направлениям основных дорог: осуществлялась регулярная сплошная периметральная застройка кварталов, которая оказалась оптимальным и хорошо оправдывающим себя решением в условиях ветров и метелей полярной зимы [16, л. 5а]. Высота северных кварталов исторической части вовсе понижается до 2-3 этажей (рис. 7). В Мурманске это был один из первых опытов квартальной застройки по типовым проектам [16, л. 6].

Активно велись работы по застройке северного отрезка проспекта. Наиболее значимым зданием на проспекте Ленина в послевоенное время, ставшее новой доминантой, является Дом Советов (№ 75; 1949 г., архитектор А. В. Баранский) (рис. 2). Композиционно здание выстроено по классической трёхчастной схеме. Вместе со зданиями госпиталя и Главсевморпути Дом Советов создал практически симметричную композицию, чем обогатил силуэт проспекта.

На отдельных участках проспекта Ленина и основных городских улицах (ул. К. Маркса, ул. Профсоюзов, ул. Володарского, ул. Октябрьская,

ул. Челюскинцев, ул. С. Перовской) в послевоенной застройке появляются редкие выступающие за плоскость фасада элементы (эркеры, балконы, пилястры). «Излишества» в проектировании для Мурманска не имели выраженного характера [16, л. 22], поскольку их применение считалось непрактичным в северных условиях. Однако на некоторых фасадах появляются пластические акценты, которые увеличивают значимость объекта в пространственной структуре (рис. 8).



Рис. 7. Улица Карла Либкнехта. ГАМО. Ф. П-2393. Оп. 2. Д. 258. Л. 16.

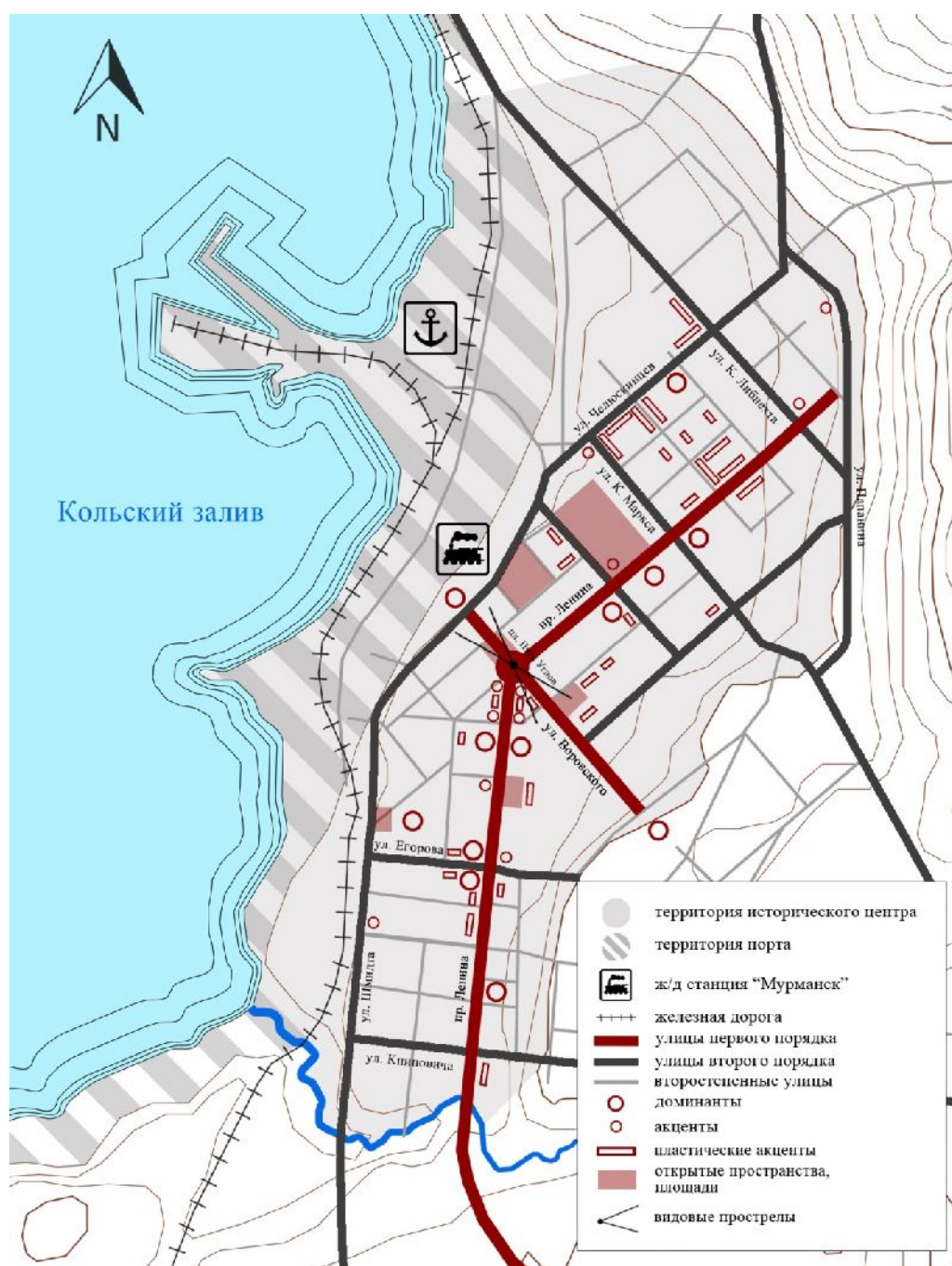


Рис. 8. Ценные элементы пространственно-планировочной структуры Мурманска

Сравнение пространственно-планировочной структуры Мурманска и Ленинграда в исследуемый период. Поскольку градостроительное проектирование Мурманска в исследуемый период велось ленинградскими проектными институтами, то в пространственно-планировочной структуре Мурманска и Ленинграда 1930-х – 1950-х гг. можно проследить определённые сходства, особенно в организации главных городских магистралей – пр. Ленина в Мурманске и Московского пр. (отрезок от станции метро Электросила до пл. Победы) в Ленинграде.

Исторически оба проспекта играли роль главной планировочной оси. Приём зеркального

размещения зданий, характерный для мурманского проспекта Ленина, встречается и в парадной застройке Московского проспекта (жилые дома в районе парка Победы, Московская площадь). В его пространственно-планировочную структуру также включена система площадей-подцентров (в частности пл. Чернышевского, выполненная по принципу курдонёра), открытых пространств с видовыми прострелами (композиционная ось гостиница «Россия» – Аллея Героев в парке Победы – Спортивно-концертный комплекс), а также чёткая периметральная схема кварталов.

В отличие от Ленинграда застройка проспекта Ленина и прилегающих кварталов в Мурманске выполнена в менее крупном масштабе. Однако, главное отличие – в организации главной магистрали в пространственно-планировочной структуре города. Как отмечалось выше, средняя этажность проспекта Ленина такая же, как и у рядовой застройки, и он выделяется в структуре исторического центра благодаря системе небольших доминант. В то время Московский проспект выделяется из застройки прилегающих кварталов благодаря увеличению общей этажности.

Результаты и выводы. Краткий анализ процесса формирования пространственно-планировочной структуры исторического центра Мурманска позволяет сделать вывод о её органичном соответствии характеру ландшафта. Центр города представляет собой амфитеатр с четким функциональным зонированием по террасам: первая терраса – промышленная зона, вторая – общественно-деловая и жилая зоны, третья – жилая зона.

К концу 1950-х гг. путём простых архитектурных решений сложилась цельная пространственно-планировочная структура города. Большое внимание было уделено организующей роли главной улицы города – проспекта Ленина, а именно решению основных планировочных узлов с характерным объёмно-пространственным оформлением в виде акцентных зданий, архитектурных доминант, а также открытым пространствам и видовым точкам. К концу 1950-х гг. сложилась однородная городская застройка примерно одной этажности, в которой выделена главная планировочная ось путём расстановки небольших доминант.

Особо ценными являются планировочная структура и общий исторически сложившийся средовой тип застройки исторической части Мурманска, наиболее характерно представленный в кварталах вдоль северного отрезка пр. Ленина (ул. Челюскинцев, ул. К. Маркса, ул. Володарского, ул. Октябрьская, ул. К. Либнехта), где сохраняется цельное восприятие среды за счёт небольшой этажности и единого масштаба. Это рационально организованные кварталы периметральной застройки, сомасштабные человеку, увязанные с сетью улиц, с пластически насыщенной архитектурой и минимальными вкраплениями зданий поздних периодов.

В ходе исследования были выявлены следующие ценные элементы пространственно-планировочной структуры:

1. Планировочная сеть основных улиц (пр. Ленина, ул. Воровского, ул. С. Перовской, ул.

Егорова, ул. Шмидта, ул. Профсоюзов, ул. К. Маркса, ул. Володарского, ул. Октябрьская, ул. К. Либнехта, ул. Челюскинцев) исторического центра, не претерпевшая серьёзных изменений до конца 1950-х гг.

2. Система пространственных доминант и акцентов в узловых точках вдоль проспекта Ленина на всём его протяжении от ул. Книповича до ул. Папанина, указывающая на его организующую роль в пространственно-планировочной структуре исторического центра.

3. Система площадей и открытых пространств, отмечающих каждый отрезок проспекта Ленина и являющиеся точками притяжения. На южном отрезке проспекта – это площадь-курдонёр как организующий элемент довоенной застройки. На центральном отрезке, на пересечении главных планировочных осей – площадь Пять Углов как административный центр города, на северном – площадь с памятником Бредову и стадион как большое открытое пространство перед главной доминантой северной части и место проведения массовых мероприятий.

4. Улица Воровского – главная широтная ось, которую также можно считать видовым прострелом в пространственной структуре исторического центра Мурманска. Улица ориентирована на пространственные доминанты – здание вокзала и здание школы № 1.

5. Группа кварталов северной части исторического центра между улицами К. Маркса и К. Либнехта со сложившимся средовым типом застройки равномерной этажности. По сравнению с кварталами южной части центра, они сложились цельной и стилистически единой средой. Также северные кварталы значительно больше насыщены пластическими акцентными элементами.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Предложение по корректировке зон охраны исторического центра Мурманска. Сегодня на территории исторической части Мурманска около 30 зданий признаны объектами культурного наследия [17], менее десятка зданий имеют статус выявленных объектов [18]. За последний год многие здания, играющие акцентную роль в пространственно-планировочной структуре центра города, в том числе и в кварталах северной части, лишились статуса выявленных объектов культурного наследия (рис. 9), что фактически лишает их охранного статуса.

Согласно правилам землепользования и застройки Мурманска [19] охранным режимом преимущественно обладает территория проспекта Ленина, особенно на южном отрезке,

где расположены здания довоенной постройки, являющиеся объектами культурного наследия (рис. 9).

Рассмотренные в статье кварталы северной части исторического центра Мурманска являются характерным примером жилого строительства послевоенного десятилетия. Они сочетают в себе образцы жилых зданий по индивидуальным проектам, а также образцы зданий дохрущёвских типовых серий. Некоторые здания играют акцентную роль в пространственно-планировочной структуре исторического центра (Рис. 8). Поскольку кварталы вдоль северного отрезка пр. Ленина сформировались однородной

средой, необходимо установить на этих территориях охранный статус (рис. 10), регулирующий строительную деятельность, в том числе габариты и этажность возможных новых строений. Это особенно актуально для малоэтажных кварталов, где ещё сохранилась деревянная застройка, поскольку они в первую очередь рискуют стать территорией потенциального строительства. Подобная процедура имеет смысл, так как на сегодняшний день часть охранных зон в центре Мурманска, согласно правилам землепользования и застройки, требует своего уточнения [19].

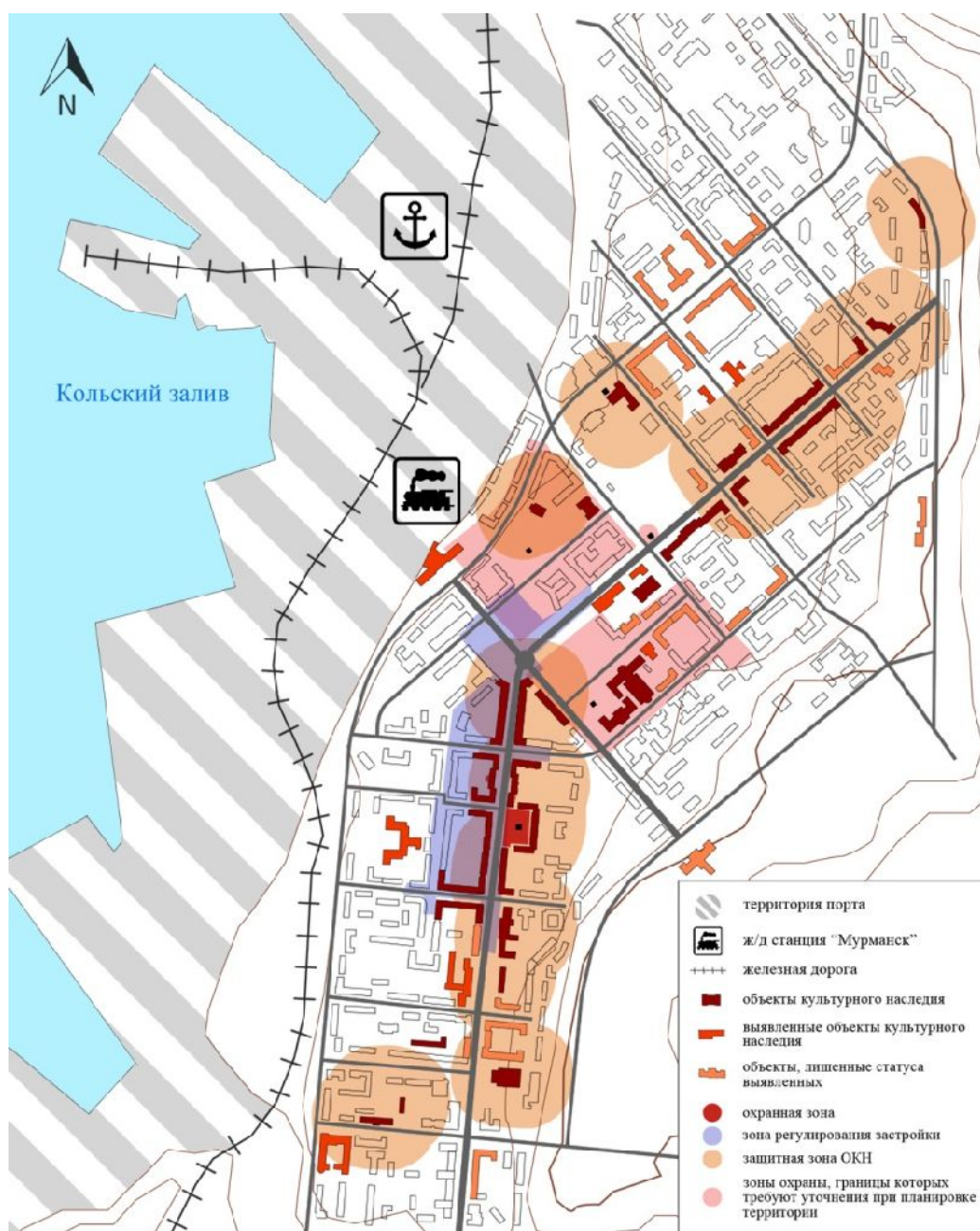


Рис. 9. Объекты культурного наследия и существующее охранное зонирование исторического центра Мурманска

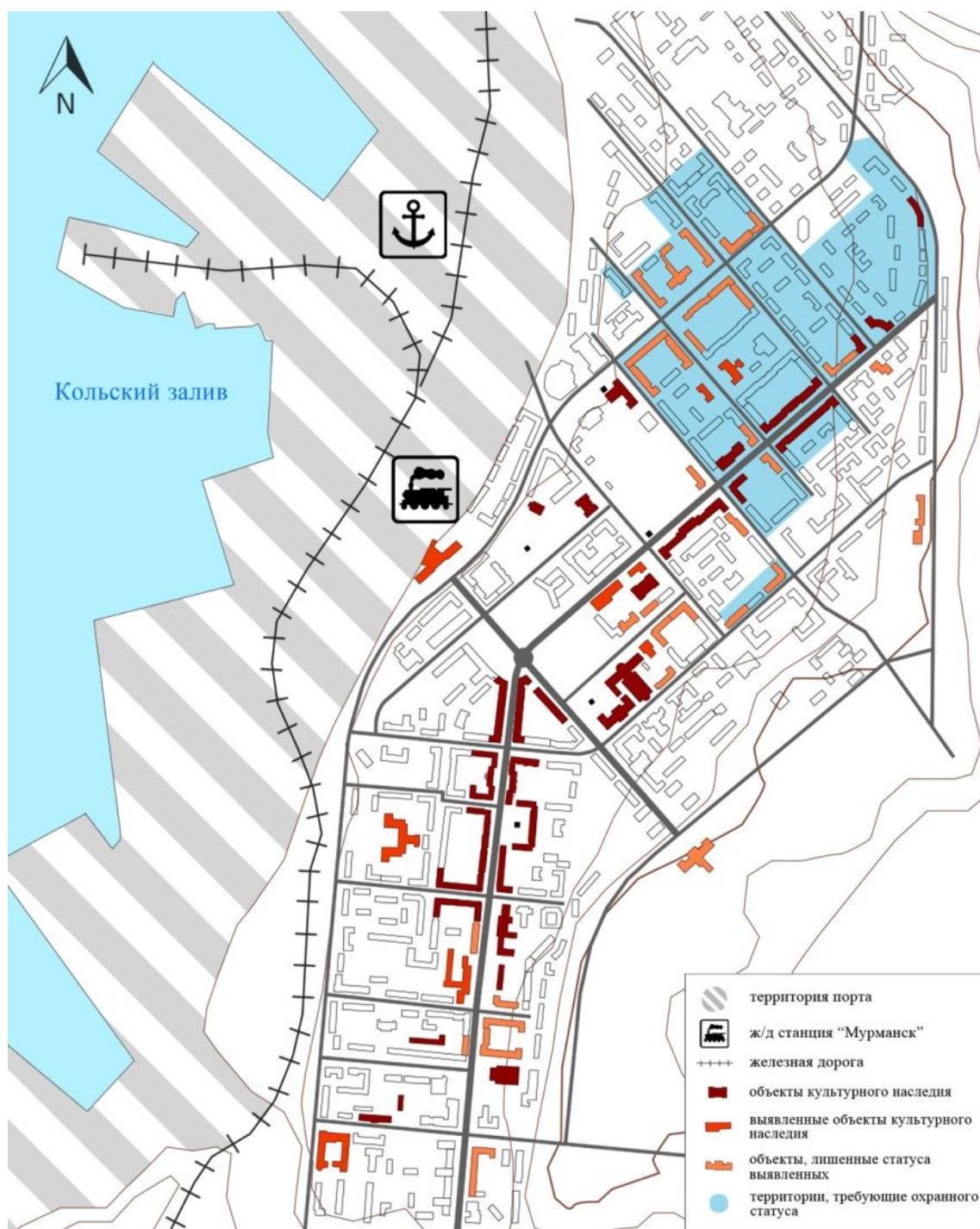


Рис. 10. Объекты культурного наследия и предлагаемое охрannое зонирование исторического центра Мурманска

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Неруш И. А. Город-герой Мурманск. М.: Стройиздат, 1988. 160 с.
2. Киселев А. А., Тулин М. А. Улицы Мурманска. Мурманск: Кн. изд-во, 1991. 288 с.
3. Жалнин Д.Е. Сто страниц истории к 100-летию Мурманска: [коллективная монография / Дмитрий Жалнин, Владимир Семенов, Владимир Сорокажердьев и др.; газета «Вечерний Мурманск»]. Мурманск: Глобал Медиа, 2016. 195 с.
4. Водопьянова С.О. Мурманск в венецианском стиле // газета «Вечерний Мурманск». 2018. 2 февраля.
5. Водопьянова С.О. Кто поселил в Мурманске белых медведей? // газета «Вечерний Мурманск». 2018. 2 марта.
6. Проект Генерального плана г. Мурманска. Пояснительная записка к проекту Генерального плана г. Мурманска. ЛЕНГИПРОГОР. 1946 г. // ЦГАНТД СПб. Ф. Р-46. Оп. 37. Д. 82. 200 л.
7. Махровская А.В. Планировка и застройка сложившихся городов (строительство на новых

территориях и реконструкция) Мурманск - Архангельск - Пермь. Раздел: Научные предложения по повышению качества планировки и застройки города Мурманска (строительство на новых территориях и реконструкция), часть 1. ЛенНИИП Градостроительства. 1965 г. // ЦГАНТД СПб. Ф. Р-29. Оп. 21. Д. 22. 258 л.

8. Махровская А. В. Планировка и застройка сложившихся городов (строительство на новых территориях и реконструкция) Мурманск - Архангельск - Пермь. Раздел: Научные предложения по повышению качества планировки и застройки города Мурманска (строительство на свободных территориях и реконструкция), часть 2. Основные положения. ЛенНИИП Градостроительства. 1965 г. // ЦГАНТД СПб. Ф. Р-29. Оп. 21. Д. 23. 71 л.

9. Thomas Hall. Planning and Urban Growth in the Nordic Countries. E & FN Spon, 1991. 271 p.

10. Bente Aass Solbakken. Fra nyklassisisme til funksjonalisme i den sosiale boligbyggingen – en analyse av Ilaløkken og Sinsenbyen. Hovedoppgave i kunsthistorie. Universitetet i Oslo, 2001. 88 p.

11. Donnelly M. Architecture in the Scandinavian countries. London, 1992. 401 p.

12. Ole Daniel Bruun. Arkitektur i Oslo. Oslo, 1999. 312 p.

13. William C Miller. Nordic Modernism: Scandinavian Architecture 1890-2017. The Crowood Press, 2016. 300 p.

14. Иголкин Н. В., Заварихин С. П. Специфика структуры исторического центра города Мурманска в конце 1950-х гг. // Вестник гражданских инженеров. 2019. №2 (73). С. 5–12

15. Иголкин Н.В. Мурманск конца пятидесятих годов: структура главной

магистральной города // Современные проблемы истории и теории архитектуры: материалы IV Всероссийской науч.-практ. конференции. СПбГАСУ. 2018. С. 76–80.

16. Доклад главного архитектора г. Мурманска «Восстановление и развитие г. Мурманска в 1945–1955 гг.» Государственному комитету Совета Министров РСФСР. Справка по планировке и застройке г. Мурманска в послевоенный период; о состоянии архитектурно-строительного дела на 1955 г. // ГАМО, Ф. Р956. Оп. 1. Д. 7. 23 л.

17. Перечень объектов культурного наследия, включенных в Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://culture.gov-murman.ru/napravleniya-deyatelnosti/okhrana-obektov-kulturnogo-naslediya/objects_for_reestr/ (дата обращения 30.03.2020)

18. Перечень выявленных объектов культурного наследия, расположенных на территории Мурманской области [Электронный ресурс]. URL: https://culture.gov-murman.ru/napravleniya-deyatelnosti/okhrana-obektov-kulturnogo-naslediya/objects_detected/ (дата обращения 30.03.2020)

19. Карта границ территорий объектов культурного наследия (Приложение №3 к правилам землепользования и застройки муниципального образования город Мурманск) [Электронный ресурс]. URL: https://www.citymurmansk.ru/strukturnye_podr/?ite_mid=118 (дата обращения 30.03.2020).

Информация об авторах

Иголкин Никита Владимирович, аспирант кафедры истории и теории архитектуры. E-mail: igolkin_nikita@mail.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.

Поступила 10.04.2020

© Иголкин Н.В., 2020

Igolkin N. V.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: igolkin_nikita@mail.ru

VALUE CHARACTERISTICS OF THE HISTORICAL SPATIAL PLANNING STRUCTURE OF MURMANSK (1920s – THE END OF 1950s)

Abstract. The main stages of development of spatial planning structure of Murmansk in the 1920s–1950s are determined. Archival documents and the main historically developed urban planning situations, the logic of its historical development is revealed based on the analysis of the stages of development of the city. The features of the original relief and its influence on the formation of the spatial planning structure of the city are

considered. The specificity of the structure of Prospect Lenina, the main planning axis of Murmansk, is characterized; its importance in the phased development of the spatial structure of the historic city center is noted. Valuable components of the structure are identified, namely, time-stable planning nodes, as well as architectural elements - dominants, accents, plastic details that form the silhouette and rhythm of the streets. The spatial and planning structures of Murmansk and Leningrad of 1930s –1950s are compared and similarities and differences are determined to identify the architectural and planning specifics of Murmansk. The author makes a suggestion for adjustment the protection zones of the historic city center. The article provides photo materials, archive photos, schemes of the phased development of the spatial planning structure and its valuable elements, as well as maps of cultural heritage sites with existing protection zones of the historical center of Murmansk and with suggestions for adjustment.

Keywords: *development stages, specifics of structure, structural components, heritage preservation.*

REFERENCES

1. Nerush I.A. The Hero-City of Murmansk [Gorod-geroy Murmansk]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988, 160 p. (rus)
2. Kiselev A.A., Tulin M.A. The streets of Murmansk [Ulitsy Murmansk]. Murmansk, Knizh. izd-vo Publ., 1991, 288 p. (rus)
3. Zhalnin D.E. One hundred pages of history to the 100th anniversary of Murmansk [Sto stranits istorii k 100-letiyu Murmansk]. Murmansk, Global Media Publ., 2016. 195 p. (rus)
4. Vodopyanova S.O. Murmansk in the Venetian style [Murmansk v venetsianskom stile]. Murmansk. Newspaper "Vecherniy Murmansk", 2 February, 2018. (rus)
5. Vodopyanova S.O. Who settled polar bears in Murmansk? [Kto poselil v Murmanske belyh medvedey?]. Murmansk. Newspaper "Vecherniy Murmansk", 2 March, 2018. (rus)
6. Central State Archive of Scientific and Technical Documentation of St. Petersburg, coll. R-46, aids 37, fol. 82. (rus)
7. Central State Archive of Scientific and Technical Documentation of St. Petersburg, coll. R-29, aids 21, fol. 22. (rus)
8. Central State Archive of Scientific and Technical Documentation of St. Petersburg, coll. R-29, aids 21, fol. 23. (rus)
9. Thomas Hall. Planning and Urban Growth in the Nordic Countries. E & FN Spon, 1991. 271 p.
10. Bente Aass Solbakken. Fra nyklassisisme til funksjonalisme i den sosiale boligbyggingen – en analyse av Ilaløkken og Sinsenbyen. Hovedoppgave i kunsthistorie. Universitetet i Oslo, 2001. 88 p.
11. Donnelly M. Architecture in the Scandinavian countries. London, 1992. 401 p.
12. Ole Daniel Bruun. Arkitektur i Oslo. Oslo, 1999. 312 p.
13. William C Miller. Nordic Modernism: Scandinavian Architecture 1890-2017. The Crowood Press, 2016. 300 p.
14. Igolkin N.V., Zavarikhin S.P. Specificity of the structure of the Murmansk city historical centre in the late 1950-s [Spetsifika struktury istoricheskogo tsentra goroda Murmansk v kontse 1950-h gg.]. Bulletin of Civil Engineers. 2019. No. 2 (73). Pp. 5 – 12. (rus)
15. Igolkin N.V. Murmansk of the late 1950-s: the structure of the main highway of the city [Murmansk kontsa pyatidesyatykh godov: struktura glavnoy magistrali goroda]. Trudy IV Vseros. nauch.-prakt. konf. «Sovremennyye problemy istorii i teorii arkhitektury» [Proc. of the IV AllRussia sci.-pract. conf. "Modern problems of history and theory of architecture"]. SPbGASU Publ., 2018, pp. 76–80. (rus)
16. State archive of the Murmansk region, coll. R956, aids 1, fol. 7. 23 p.
17. The list of cultural heritage objects included in the national cultural heritage register of Russia [Perechen' ob'yektov kul'turnogo naslediya, vklyuchennykh v Yedinyy gosudarstvennyy reyestr ob'yektov kul'turnogo naslediya (pamyatnikov istorii i kul'tury) narodov Rossiyskoy Federatsii]. URL: https://culture.gov-murman.ru/napravleniya-deyatelnosti/okhrana-obektov-kulturnogo-naslediya/objects_for_reestr/ (accessed: 30.03.2020) (rus)
18. The list of identified cultural heritage objects located in the Murmansk region [Perechen' vyavlennykh ob'yektov kul'turnogo naslediya, raspolzhenykh na territorii Murmanskoy oblasti]. URL: https://culture.gov-murman.ru/napravleniya-deyatelnosti/okhrana-obektov-kulturnogo-naslediya/objects_detected/ (accessed: 30.03.2020) (rus)
19. Karta granits territoriy ob'yektov kul'turnogo naslediya (Prilozheniye №3 k pravilam zemlepol'zovaniya i zastroyki munitsipal'nogo obrazovaniya gorod Murmansk) [Map of the boundaries of the territories of objects of cultural heritage (Annex No. 3 of the land use and development rules of the municipality of the city of Murmansk)]. URL: https://www.citymurmansk.ru/strukturnye_podr/?ite mid=118 (accessed: 30.03.2020) (rus)

Information about the authors

Igolkin, Nikita V. Postgraduate student. E-mail: igolkin_nikita@mail.ru. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Saint Petersburg, 2-nd Krasnoarmeiskaya st., 4.

Received 10.04.2020

Для цитирования:

Иголкин Н.В. Ценностные характеристики исторической пространственно-планировочной структуры г. Мурманска (1920-е – конец 1950-х гг.) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 100–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-100-112

For citation:

Igolkin N.V. Value characteristics of the historical spatial planning structure of Murmansk (1920s – the end of 1950s). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 100–112. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-100-112

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-113-120

^{1,2}Ильвицкая С.В., ^{2,*}Жица П.¹Государственный университет по землеустройству²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

*E-mail: petarzica91@gmail.com

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ СЕРБСКИХ И РУССКИХ МОНАСТЫРЕЙ

Аннотация. В работе дан компаративный анализ и изучена тема эволюции православных монастырей на примере Сербии и России, которая является актуальной в вопросе возрождения Православной культуры. Формирование архитектуры монастырских комплексов в современных условиях способствует определению принципов функциональной и архитектурно-пространственной организации православных монастырей с социально-образовательными объектами. В настоящее время функции монастырей расширяются, их образовательно-просветительская, социальная, паломническая и др. деятельность становится все более востребуемой. Монастырский ансамбль является открытой и постоянно развивающейся системой, и методология исследования монастырских комплексов базируется на системном подходе к изучению архитектуры православных храмов и монастырей. До настоящего времени не проводились комплексные исследования православного монастырского зодчества Сербии и всего балканского региона в целом. Однако, опыт монастырского строительства России и Балкан позволяет исследовать многие особенности архитектуры православных монастырей и разработать рекомендации для восстановления храмовой архитектуры и нового строительства храмовых комплексов и монастырей с учетом их социально-образовательной и культурной деятельности. В возрождении монастырей Сербии в настоящее время может широко использоваться опыт России. При этом основной задачей архитектора является сохранение особенностей сербской храмовой архитектуры и ее самобытности.

Ключевые слова: монастырь, архитектура, православие, традиция, Россия, Сербия, культурное наследие, социально-образовательные объекты.

Введение. В настоящее время проблема архитектурного формирования при монастырях социально-образовательных объектов и центров с различными культурно-духовными функциями, предназначенных для детей и молодежи, необычайно актуальна и обуславливается статистическими данными.

На протяжении всей своей истории православные храмы и монастыри служили с первую очередь как центры духовности. Вместе с тем православные монастыри выполняли миссию социального служения, духовного воспитания общества.

В настоящий период возрождения православия в России, а также смены ценностных духовно-нравственных ориентиров, восстановление храмовых и монастырских комплексов становится все более востребуемой задачей [1–2, 5–6]. Таким образом, очевидна необходимость создания аналогичных объектов и центров, которые послужат кратчайшим путем духовной интеграции в общество детей и подростков.

Целью настоящего исследования является выявление принципов формирования архитектуры монастырских комплексов Балканских стран в современных условиях, для чего необходимо решение следующих задач:

- изучения опыта монастырского строительства России и Балкан;

- определение особенностей архитектуры монастырских комплексов, включающих объекты разнообразного назначения

При этом объектом настоящего исследования является архитектура монастырских комплексов, совмещающих различные виды деятельности.

Монастыри и храмовые комплексы являются неотъемлемой частью архитектурного наследия России и Балкан, а также Сербии и других православных стран. В V–IX вв. территории Балкан входили в состав провинций Византийской империи, потому христианство пришло на Балканы в этот период. В X в. христианство пришло из Византии в Россию, при участии просветителей балканских стран. Таким образом, общая византийская культура и православие тесно связывают архитектуру монастырей этих стран. Храмовая архитектура балканских стран отличается самобытностью, и ее изучение представляет интерес не только для архитектора [2, 5, 7].

Методология. Поскольку монастырский ансамбль является открытой и постоянно развивающейся системой, методология исследования базируется на системном подходе к изучению архитектуры православных храмов и монастырей.

К основным методам относятся:

- Типологический;
- Функциональный;
- Компаративный;
- Стилистический;

К примеру, сравнительный метод позволил исследовать в частности монастырский опыт Сербии и России в различных пространственных и временных границах. На его основе были разработаны типологические классификации монастырских комплексов [1–2, 7].

До настоящего времени не проводились комплексные исследования православного монастырского зодчества Сербии и всего балканского региона в целом. В России комплексное изучение православных монастырей также отсутствует. Вопросы близкие к теме изучали ряд авторов по культовой архитектуре Византии и Балкан: Краутхеймер Р., Кондаков Н.П., Брунов Н.И., Якобсон А.Л., Лихачева В.Д. и др. На русском языке монастырям Сербии посвящена работа Вороновой Д.А. Компаративному (сравнительному) анализу и исследованию закономерностей формирования архитектуры православных монастырей Балкан, в т.ч. Сербии и России посвящены фундаментальные труды Ильвицкой С.В. [2, 5, 7–9].

Основная часть. Пережив годы лихолетия и безбожной власти, разрушенные православные святыни начали снова возрождаться. Помимо духовной миссии, деятельность православных монастырей и храмов имеет благотворительную и просветительскую составляющие. Опыт современного уклада жизни монастырей в новых экономических и социокультурных условиях позволяет создавать инфраструктуру для активного паломничества и туризма. Этому благоприятствует развитие и хозяйственной деятельности монастырей, что определенным образом оказывает влияние на уровень жизни населения близлежащей провинции. [1–5, 7, 9].

Таким образом, опыт монастырского строительства России и Балкан позволяет исследовать особенности архитектуры православных монастырей и разработать рекомендации для восстановления храмовой архитектуры и нового строительства храмовых комплексов и монастырей с учетом их социально-образовательной и культурной деятельности. В возрождении монастырей Сербии в настоящее время может широко использоваться опыт России. При этом основной задачей архитектора является сохранение особенностей сербской храмовой архитектуры и ее самобытности.

Война в Сербии привела к значительному разрушению православных святынь, что оказало

влияние на утрату взаимосвязи архитектуры города с храмовой архитектурой, а также на историческую преемственность в строительстве храмов и монастырей. В XX веке монастыри утратили свою роль в обществе в связи с социально-экономическими и социально-культурными преобразованиями. Однако с начала XXI века их значение в культурной жизни стало вновь возрастать как памятников истории, культуры и духовности. Данные объекты в новом статусе начинают привлекать внимание людей, и в этом контексте особую роль играет возрождение ряда функций, одна из которых образовательная [10–11].

С начала XX века монастыри утратили свою роль в обществе в связи с негативными социально-экономическими и социально-культурными преобразованиями. Однако с начала XXI века их значение в культурной жизни стало вновь возрастать как центра истории, культуры и духовности. Данные объекты в новом статусе начинают привлекать внимание людей и, в этом контексте, особую роль играет возрождение ряда функций, одна из которых образовательная. Так, например, Свято-Алексиевская Пустынь с Храмом преподобного Алексия, человека Божия, – российский монастырь, в котором построены, открыты и функционируют великолепно организованные Православная гимназия и Кадетский корпус с библиотекой, содержащей многочисленные богословские книги, среди которых уникальное сербское Четвероевангелие сер.16 века (рис. 1, рис. 2, рис. 3).

В настоящее время европейские города сумели сохранить свой художественный образ, несмотря на то, что появились новые современные здания в их историко-архитектурной среде. С другой стороны, мегаполисы становятся все более узнаваемые и привлекательные благодаря тому, что они могут предложить больше архитектурно-инновационных зданий, смелых концептуальных решений. Это главная причина, почему известные европейские столицы: Париж, Лондон или Берлин, но и новые европейские центры, такие как Таллин, Загреб, Братислава, Варшава растут в высоту рядом с исторической средой. Сегодня Белград пытается позиционировать себя на международной сцене в качестве делового центра Юго-Восточной Европы, пытаясь найти свой путь развития в пост-тоталитарном обществе.

При восстановлении храмов и монастырей Сербии необходимо сохранять традиции в архитектурном облике, и при этом, особенно в современном строительстве, должно уделяться особое внимание проектированию новых архитектурных решений в исторической среде [11–13].



Рис.1 Свято-Алексиевская Пустынь



Рис.2 Храм святого преподобного Алексия, человека Божия



Рис.3. Библиотека кадетского корпуса

Включение в монастырский ансамбль зданий библиотек, духовно-просветительских школ и других объектов, играющих в настоящее время важную роль в духовно-нравственном возрождении общества, является по существу древней традицией [14]. Можно привести некоторые примеры архитектурного решения монастырских комплексов Сербии, включающих объекты социально и иного значения.

На площади в 500 кв. км, района Фрушкогора исторической области Срем, обосновались 16 величественных древних монастырей сербской православной церкви, Фрушкогорские монастыри. Они были возведены в позднее средневековье, в период турецкого нашествия. Центром сербской культуры в то время стала территория, ранее принадлежавшая южной Венгрии. Этот уникальный монастырский комплекс имеет статус культурно-исторического наследия особой значимости для Сербии. Большая часть этих монастырей построена опытными зодчими под влиянием моравской и рашской строительной культуры. В дальнейшей истории они неоднократно реконструировались. Результатом этого явилась постройка высоких многоступенчатых колоколен, в стиле барокко. Внутри же храмов лучшие сербские мастера и иконописцы возвели великолепные, изящные иконостасы, и расписали их в лучших традициях своего времени. На территории многих монастырских комплексов расположены музеи, как например сербский монастырь Джурджеви Ступови, в музее которого хранятся археологические находки, принадлежащие монастырю (рис. 4). Еще один пример – сербский мо-

настырь Студеница, расположенный в живописном ущелье реки Ибар, недалеко от города Кралево (рис.5). Эта святая обитель была политическим, культурным и духовным центром всей средневековой Сербии. Богатый реликвиями музей и ризница также находятся на территории монастыря.

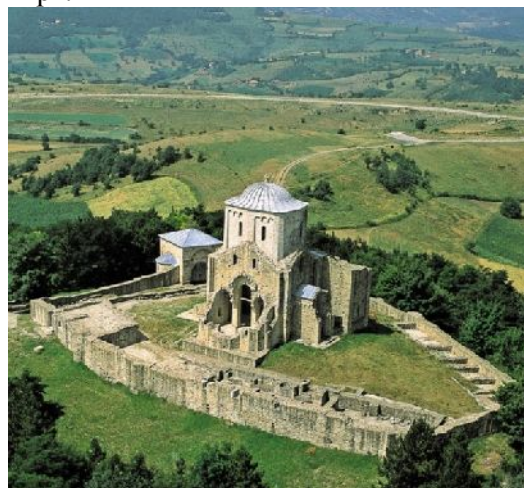


Рис. 4. Монастырь Джурджеви Ступови



Рис. 5. Монастырь Студеница. Сербия

Существует множество примеров среди русских монастырей, объединяющих на своей территории различные виды деятельности. Один из них – Валаамский монастырь. Спасо-Преображенский Валаамский монастырь, один из важнейших объектов паломничества северо-западной России, был основан святыми преподобными Сергием и Германом. В настоящее время при монастыре работает ферма по производству молочных продуктов, построенная в 1882 г, и большая пекарня. Известны великолепные сады монастыря, еще в 1824 году в них произрастал 21 сорт яблонь. Следует особо выделить волонтерское движение при монастыре, посвященное возрождению в нем сельского хозяйства.

Все эти примеры свидетельствуют о разнообразии хозяйственной и иной деятельности при монастырях, которые традиционно существовали и существуют в современных условиях. При рассмотрении каждого из приведенных примеров можно убедиться в том, что традиции в архитектуре монастырских комплексов остаются основой всех реставрационных мероприятий [15–20].

По результатам изучения функциональной организации монастырской деятельности и ее взаимосвязи с особенностями планировки внутреннего пространства, архитектуры, и декора храмов и построек обители - можно предложить ряд рекомендаций для реставрации существующих или возведения новых монастырских зданий при расширении монастыря:

- Сохранение существующего ландшафта;
- Архитектурно-планировочное решение должно быть согласно одному из основных принципов монашеской жизни – уединению. Вновь возводимые постройки не должны нарушать уклада монастырской жизни.
- Архитектура должна подчеркивать историю обители (к примеру, устройство предела в честь святого основателя монастыря)
- Бережное отношение к окружающей среде, которая является продолжением архитектуры монастыря;
- Соблюдение традиций в архитектурном облике здания и всего монастырского ансамбля;
- Территориальное планирование внутреннего пространства согласно уставам монастырской жизни (часть построек, к примеру паломнические корпуса, должны располагаться за пределами монастыря).

Выводы. В работе выявлена актуальность и необходимость проектирования и строительства объектов, представляющих значимость для укрепления и развития православия и духовно-нравственных основ жизни общества. Приняв за

основу и обобщив опыт строительства монастырей с России и Сербии, выработаны рекомендации для реконструкции архитектурных ансамблей монастырей, основой которых является связь с традициями храмового зодчества при расширении функций монастырской деятельности, а также взаимосвязь пространств храмовых комплексов и окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильвицкая С.В. Пространства цивилизационного туризма и архитектурное наследие монастырских духовных центров // Архитектура и строительство России. 2017. № 1. С. 59–67.
2. Ильвицкая С.В. Компаративная архитектура православных монастырей Балкан и России. Монография // LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017, 95 с.
3. Elizaveta Shvetsova-Shilovskaya., Svetlana Ilvitskaya Orthodox Monastery Complexes in Modern Conditions: Main Principles of Reconstruction and Development // WOS 2019 the 2nd International Conference on Education Science and Social Development.
4. Ильвицкая С.В. Архитектурные школы Балкан периода Средневековья // Материалы VII Международной конференции по истории архитектуры. Сборник «Архитектура мира. Запад-Восток: архитектурные школы Нового и Новейшего времени». УРСС (МАРХИ и ВНИИТАГ). Выпуск №7.1998. С. 50–55.
5. Ильвицкая С.В. Закономерности формирования архитектуры православных монастырских комплексов (на примере балканских стран): дис. ... д-ра архитектуры. М.: 2005. 432 с.
6. Ильвицкая С.В., Швецова-Шилова Е.А. Спасение от паломников // Журнал Московской Патриархии. Храмоздатель: Приложение о верховном строительстве. 2013. № 2 (3). С. 48-56.
7. Ильвицкая С.В. Эволюция православной культовой архитектуры // Иллюстрированное учебное пособие по курсу «История архитектуры и дизайна», М.: ГУЗ, 2011. 96 с.
8. Ильвицкая С.В. Архитектура монастырских комплексов балканских стран и традиции византийского зодчества. Кишинев, 2000. 330 с.
9. Ильвицкая С.В. Социально-культурная типология монастырских комплексов балканских стран и России // Жилищное строительство. 2003. №11. С. 19–20
10. Ильвицкая С.В. Архитектурные особенности монастырей балканских стран // Международная коллективная монография: "Монастыри –

культурные и духовные центры России и Европы", М.: 2003, С.155–162.

11.Ильвицкая С., Жица П. Архитектура новых объектов в контексте исторической среды в пост-тоталитарном обществе Сербии // Материалы конференции АН Молдовы «Yesterday's cultural heritage – contribution to the development of a sustainable tomorrow's society. Chişinău. 2019. С.8.

12.Ильвицкая С.В., Лобкова Т.В. «Зеленая» архитектура жилища и GREEN BIM технологии // Архитектура и строительство России. 2018. № 1. С.100–113.

13.Ильвицкая С.В., Лобков В.А., Лобкова Т.В. Натуральные материалы в "зеленой" архитектуре // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 2. С. 130–133

14.Ильвицкая С.В., Петрова Л.В., Булгакова Е.А. Домашние храмы российских вузов - духовный катализатор создания церквей // Архитектура и строительство России, 2016. № 1–2 (217–218). С.43–52

15.Ильвицкая С.В., Смирнов А.В. Роль культурно-досуговых центров в исторической среде и сохранение культурного наследия // Жилищное строительство. 2015. № 3. С. 1–6.

16.Ильвицкая С.В., Ильвицкий Д.Ю. Архитектурная концепция храма-памятника в древнем Московском монастыре // Архитектура и строительство России. 2015. № 11–12. С. 16–24.

17.Ильвицкий Д.Ю., Золотарев А.О. Опыт проектирования нового храма в рамках освоения исторической территории Сретенского монастыря с использованием информационных технологий BIM // Архитектура и строительство России. 2016. № 1–2 (217–218). С. 63–75.

18.Ильвицкая С.В. Православная Святая Обитель на Балканах и в России // Архитектурные новости. Российская Ассоциация Архитекторов. 2004. № 1. С. 49–54.

19.Ильвицкая С.В., Швецова-Шиловская Е.А. Архитектурное устройство современного монастырского музея: на примере Свято-Троицкого Антония Сийского монастыря Архангельской области // Вестник МГСУ. 2018. № 2, с. 148–154

20.Ильвицкая С.В., Швецова-Шиловская Е.А. Спасение от паломников // Журнал Московского Патриархата. 2013. № 2 (3). С. 48–56.

Информация об авторах

Ильвицкая Светлана Валерьевна, доктор архитектуры, проф., зав. кафедрой архитектуры. E-mail: ilvitskaya@mail.ru. Государственный университет по землеустройству, Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15

Петар Жица, аспирант кафедры архитектуры E-mail: petarzica91@gmail.com. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила 26.01.2020

© Ильвицкая С.В., Жица П., 2020

^{1,2}*Ilvitskaya S.V., ^{2,*}Zica P.*

¹*State University of Land Management*

²*National Research Moscow State University of Civil Engineering*

**E-mail: petarzica91@gmail.com*

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE OF THE SERBIAN AND RUSSIAN MONASTERIES

Abstract. *A comparative analysis of the evolution of Orthodox monasteries is given on the example of Serbia and Russia. This topic is relevant in the issue of the revival of the Orthodox culture. The formation of the architecture of monastery complexes in modern conditions allows to determine the principles of the functional and architectural-spatial organization of Orthodox monasteries with social and educational facilities. Currently, the functions of monasteries are expanding, their educational, social, pilgrimage and other activities are becoming increasingly popular. The monastery ensemble is an open and constantly evolving system, and the methodology for the study of monastery complexes is based on a systematic approach to studying the architecture of Orthodox churches and monasteries. To date, comprehensive studies of the Orthodox monastery architecture of Serbia and the entire Balkan region as a whole have not been conducted. However, the experience of monastic construction in Russia and the Balkans allows to explore many features of the architecture of Orthodox monasteries and develop recommendations for the restoration of temple architecture and the new construction of temple complexes and monasteries, taking into account their socio-*

educational and cultural activities. In the revival of the monasteries of Serbia, the experience of Russia can now be widely used. At the same time, the main task of the architect is to preserve the features of the Serbian temple architecture and its identity.

Keywords: *architecture, monastery, Orthodoxy, tradition, Russia, Serbia, cultural heritage, social and educational facilities.*

REFERENCES

1. Ilvitskaya S.V. Spaces of civilized tourism and the architectural heritage of the monastery spiritual centers [Prostranstva tsivilizatsionnogo turizma i arkhitekturnoe nasledie monastyrskikh dukhovnykh tsentrov]. Architecture and Construction of Russia. 2017. No. 1. Pp 59–67. (rus)
2. Ilvitskaya S.V. Comparative architecture of the Orthodox monasteries of the Balkans and Russia [Monograph Komparativnaia arkhitektura pravoslavnykh monastyrei Balkan i Rossii. Monografiia] LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 95 p. (rus)
3. Elizaveta Shvetsova-Shilovskaya, Svetlana Ilvitskaya Orthodox Monastery Complexes in Modern Conditions: Main Principles of Reconstruction and Development. WOS 2019 the 2nd International Conference on Education Science and Social Development.
4. Ilvitskaya S.V. Architectural schools of the Balkans of the Middle Ages [Arhitekturnye shkoly Balkan perioda Srednevekov'ya]. Materialy VII Mezhdunarodnoi konferentsii po istorii arkhitektury. Sbornik «Arkhitektura mira. Zapad-Vostok: arkhitekturnye shkoly Novogo i Noveishego vremeni». 1998. Pp. 50–55. (rus)
5. Ilvitskaya S.V. Patterns of the formation of the architecture of Orthodox monastery complexes [Zakonomernosti formirovaniia arkhitektury pravoslavnykh monastyrskikh kompleksov (na primere balkanskikh stran)] dis. ... d-ra arkhitektury. M., 2005.p 432. (rus)
6. Ilvitskaya S.V, Shvetsova-Shilovskaya E.A. Salvation from pilgrims [Spasenie ot palomnikov] Journal of the Moscow Patriarchate. The Temple Maker: An Appendix on Religious Construction. 2013. No. 2 (3). Pp. 48–56. (rus)
7. Ilvitskaya S.V. The evolution of Orthodox cult architecture [Evolutsiia pravoslavnoi kultovoi arkhitektury]/ Illiustrirovannoe uchebnoe posobie po kursu «Istoriia arkhitektury i dizaina», Moscow, GU3.2011. 96 p. (rus)
8. Ilvitskaya S.V. The architecture of the monastery complexes of the Balkan countries and the traditions of Byzantine architecture [Arkhitektura monastyrskikh kompleksov balkanskikh stran i traditsii vizantiiskogo zodchestva] Monografiia. Kishinev? 2000. 330 p (rus)
9. Ilvitskaya S.V. Socio-cultural typology of the monastery complexes of the Balkan countries and Russia [Sotsialno-kulturnaia tipologiiia monastyrskikh kompleksov balkanskikh stran i Rossii]. Housing construction. 2003. No. 11. Pp.19–20. (rus)
10. Ilvitskaya S.V. Architectural Features of Monasteries in the Balkan Countries [Arkhitekturnye osobennosti monastyrei balkanskikh stran] Mezhdunarodnaia kollektivnaia monografiia: "Monastyri-kulturnye i dukhovnye tsentry Rossii i Evropy"2003. Pp. 155–162. (rus)
11. Ilvitskaya S., Zhitsa P. The architecture of new objects in the context of the historical environment in the post-totalitarian society of Serbia. Materials of the conference of the Academy of Sciences of Moldova "Yesterday's cultural heritage - contribution to the development of a sustainable tomorrow's society. The cultural heritage of the past is a contribution to the development of a stable society in the future. " Program și rezumatele comunicărilor, Chișinău, 23-24 septembrie 2019. (rus)
12. Ilvitskaya S.V., Lobkova T.V. "Green" architecture of the dwelling and GREEN BIM technologies [«Zelenaia» arkhitektura zhilishcha i GREEN BIM tekhnologii]. Architecture and construction of Russia. 2018. Vol. 1. Pp. 100–113. (rus)
13. Ilvitskaya S.V., Lobkov V.A., Lobkova T.V. Natural materials in green architecture [Natural'nye materialy v "zelenoj" arhitekture] Academia. Architecture and construction. 2019. No 2. Pp. 130–133. (rus)
14. Ilvitskaya S.V., Petrova L.V., Bulgakova E.A. House temples of Russian universities – the spiritual catalyst for the creation of churches [Domashnie hramy rossijskikh vuzov - duhovnyj katalizator sozdaniya cerkvej]. Architecture and construction of Russia, 2016. No. 1–2 (217–218), Pp. 43–52. (rus)
15. Ilvitskaya S.V., Smirnov A.V. The Role of cultural and leisure centers in the historical environment and the preservation of cultural heritage [Rol' kul'turno-dosugovykh centrov v istoricheskoi srede i sohranenie kul'turnogo naslediya]. Housing Construction. 2015. No.3. Pp. 1–6. (rus)
16. Ilvitskaya S.V., Ilvitskii D.Ju. The architectural concept of the Temple-monument in the ancient Moscow monastery [rhitekturnaya koncepciya hrama-pamyatnika v drevnem Moskovskom monastyre]. Architecture and construction of Russia. 2015. No.11–12. Pp. 16–24. (rus)
17. Ilvitskii D.Yu., Zolotarev A.O. Experience

in designing a new Temple within the framework of the development of the historical territory of the Sretensky Monastery with the use of information technology BIM [Opyt proektirovaniya novogo hrama v ramkah osvoeniya istoricheskoy territorii Sretenskogo monastyrya s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij BIM]. Architecture and construction of Russia. 2016. No. 1–2 (217–218). Pp. 63–75. (rus)

18. Ilvitskaya S.V. Orthodox Holy cloister in the Balkans and Russia [Pravoslavnaya Svyataya Obitel' na Balkanah i v Rossii]. Architectural News. Russian Association of Architects. 2004. № 1. Pp. 49–54. (rus)

19. Ilvitskaya S.V., Shvetsova-Shilovskaya E.A. Architectural Arrangement of Modern Monastery Museum: The Case Of The Holy Trinity Antony Of Siya Monastery Of Arkhangelsk Region [Arhitekturnoe ustrojstvo sovremennogo monastyrskogo muzeya: na primere Svyato-Troickogo Antoniya Sijskogo monastyrya Arhangel'skoj oblasti]. Vestnik MGSU. 2018. No. 2. Pp. 148–154. (rus)

20. Ilvitskaya S.V., Shvetsova-Shilovskaya E.A. Saving from pilgrims [Spasenie ot palomnikov]. Journal of the Moscow Patriarchate. 2013. No. 2 (3). Pp. 48–56. (rus)

Information about the authors

Ilvitskaya, Svetlana V. DSc. E-mail: ilvitskaya@mail.ru. State University of Land Management. Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15. Russia, 105064, Moscow, st. Kazakova 15 National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye Shosse 26.

Zica, P. Postgraduate student. E-mail: petarzica91@gmail.com. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye Shosse 26.

Received 26.01.2020

Для цитирования:

Ильвицкая С.В., Жица П. Современные тенденции развития архитектуры сербских и русских монастырей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 113–120. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-113-120

For citation:

Ilvitskaya S.V., Zica P. Modern trends in the development of architecture of the Serbian and Russian monasteries. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 113–120. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-113-120

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-121-127

¹Курyleва Е.А., ¹Черных В.Н., ²Никулина Н.С., ³Вережников В.Н., ^{1,*}Пугачева И.Н.,
^{1,4}Никулин С.С.

¹Воронежский государственный университет инженерных технологий

²Воронежский институт повышения квалификации сотрудников
Государственной противопожарной службы РФ по ГО, ЧС и ЛПСБ

³Воронежский государственный университет

⁴Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

*E-mail: eco-inna@yandex.ru

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭМУЛЬСИОННОГО КАУЧУКА ИЗ ЛАТЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛЕЙ ГИДРОКСИЛАМИНОВ

Аннотация. В настоящее время как в России, так и за рубежом наблюдается рост промышленности в различных отраслях, например, химической и нефтехимической. Однако такой подъем промышленности неразрывно связан с появлением проблем экологического характера. Поэтому при разработке новых технологий и производств, а также совершенствовании существующих уделяется особое внимание их экологическому аспекту. К таким производствам можно отнести производство синтетических каучуков. Получение синтетического каучука является многостадийной технологией на некоторых стадиях которой наблюдаются определенные проблемы. Например, стадия коагуляции характеризуется повышенным загрязнением сточных вод остатками коагулирующего, подкисляющего агентов и компонентами эмульсионной системы. Поэтому исследования в направлении повышения экологичности этой стадии являются важными и актуальными. В работе проведены исследования по поиску новых перспективных коагулянтов. Проведена сравнительная оценка коагулирующей способности солей аммония на основе гидроксиламина солянокислого и сернокислого в сравнении с хлоридом и сульфатом аммония и хлоридом натрия. Эффективность коагулирующего действия данных неорганических солей аммония изучали на выпускаемом в промышленности каучуковом латексе СКС-30 АРК. Установлено, что выход крошки каучука закономерно возрастал с увеличением расхода коагулирующего агента и понижением температурного режима процесса. Положительные результаты достигаются при использовании для снижения агрегативной устойчивости дисперсных систем азотсодержащих солей. Каучуки и резины по своим основным показателям соответствовали предъявляемым требованиям.

Ключевые слова: латекс, соли, коагуляции, каучук, вулканизаты, показатели.

Введение. В настоящее время потребителями продукции резиновой промышленности являются многие отрасли различных промышленных производств. К ним относятся строительство, машиностроение, нефтедобыча, производители автотранспортных средств и т.д. Такой спрос на резину связан с тем, что это уникальный конструкционный материал, имеющий такие важные показатели, как эластичность, газонепроницаемость, стойкость к деформациям и др. [1, 2].

Резиновая промышленность включает в себя не только производство резиновых и резинотехнических изделий, но и производство каучуков [3]. Мировое потребление каучуков с каждым годом увеличивается, и в 2019 году выросло на 2,5 %, что составляет около 16 млн. тонн. Ассортимент выпускаемых синтетических каучуков

ежегодно возрастает и в настоящее время составляет несколько десятков различных видов. В тоже время производители синтетических каучуков активно работают над технологиями, позволяющими получать бутадиеновые и бутадиенстирольные каучуки нового поколения. При внедрении новых технологий изготовления синтетических каучуков и модернизации действующих, необходимо учитывать требования региональной экологии. Технология получения синтетических каучуков состоит из определенного количества стадий, и на некоторых из них существуют проблемы экологического характера [4].

К одной из таких стадий можно отнести стадию выделения каучука из латекса. Прежде всего это связано с тем, что процесс выделения каучука из латекса сопровождается большим расходом коагулирующего агента, в случае применения в

качестве него растворов солей на основе металлов первой группы периодической системы. Применение в качестве коагулирующего агента растворов солей на основе металлов второй группы периодической системы значительно снижает их расход, однако не решает полностью возникшую проблему. Поэтому исследования в области повышения экологичности производств синтетических каучуков являются важными и актуальными. Перспективными разработками в этом направлении могут быть технические и технологические решения, которые позволят уменьшить расход коагулирующего агента за счет замены его на более перспективный, или исключить применение коагулянта в технологии получения синтетических каучуков [5, 6].

Так исследования авторов [7] показывают, что применение в технологии получения синтетических каучуков в качестве коагулянтов низкомолекулярных и высокомолекулярных четвертичных солей аммония, является одним из перспективных способов снижения расхода коагулянта в десятки раз. Это обусловлено тем, что ионы аммония характеризуются большим размером и менее гидратированы, чем ионы натрия, что способствует повышению их коагулирующего действия [8, 9]. Однако и у таких коагулирующих агентов существуют недостатки, например, их высокая стоимость и невозможность применения в некоторых технологических процессах. В тоже время на различных химических производствах образуются отходы, в состав которых входят соли аммония. Такие отходы утилизируются частично, а большая их часть не находит применения. Поэтому их переработка и дальнейшее применение в производстве синтетических каучуков является целесообразным с экологической и экономической точек зрения [10, 11]. В работе [12] показана перспективность использования неорганических солей аммония в производстве синтетических каучуков.

Кроме того, дальнейшие изучения по применению других солей аммония в технологии выделения каучуков из латекса позволяет расширить не только области их применения, но и внести существенный научный вклад в развитие теоретических основ по изучению устойчивости дисперсных систем к действию электролитов различной природы. Поскольку, имеющиеся литературные данные не охватывают в полной мере сведений о перспективах использования имеющихся солей аммония в производстве эмульсионных каучуков.

Настоящая работа посвящена изучению вопроса совершенствования технологии получения синтетических каучуков за счет повышения эко-

логичности процесса их изготовления посредством применения перспективных коагулянтов. Изучение литературных данных выявило отсутствие исследований по применению солянокислого и сернокислого гидроксиламинов в качестве коагулянта в технологии получения синтетических каучуков. Поэтому исследования в данном направлении имеют не только практическое, но и научное значение, так как позволяют расширить имеющиеся литературные данные о снижении агрегативной устойчивости латексных систем в присутствии электролитов различной природы.

Методология. В качестве объекта исследования использовали латекс бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРК, получаемого методом эмульсионной полимеризации, со следующими характеристиками: сухой остаток – 20,7 % мас., поверхностное натяжение – 57,5 мН/м, рН латекса – 9,6, содержание связанного стирола – 22,6 % мас.

Для проведения процесса коагуляции латекса СКС-30 АРК использовали стандартную методику [13], основанную на применении коагулирующего и подкисляющего агентов. В качестве коагулирующего агента использовали водные растворы следующих солей (концентрация в растворах солей аммония, % мас.): сульфата (10,0), хлорида (10,0), солей аммония на основе гидроксиламина солянокислого (ГАСК-1) и сернокислого (ГАСК-2) (10,0). В качестве подкисляющего агента – водный раствор серной кислоты (2,0 % мас.). Процесс выделения каучука из латекса осуществляли на коагуляционной установке, представляющей собой емкость с устройством, для перемешивания и помещенную в термостат для поддержания заданной температуры (20 и 1 °С). Полноту выделения каучука из латекса оценивали по прозрачности серума и массе получаемой крошки каучука. Крошку каучука отделяли от серума и промывали теплой водой. Полученную таким способом крошку каучука предварительно частично обезвоживали, а затем досушивали в сушильном аппарате при температуре 82 ± 2 °С. Полученные таким способом образцы каучука использовали для изготовления резиновых смесей и вулканизатов, которые в дальнейшем подвергали стандартным испытаниям.

Основная часть. Данные, полученные в результате эксперимента, показали, что увеличение расхода коагулирующего агента приводит к повышению массы выделяемой крошки каучука (табл. 1). Необходимо отметить, что вид коагулирующего агента влияет на его расход, необходимый для протекания процесса полной коагуляции. Так при употреблении ГАСК-1 в качестве коагулянта полнота выделения каучука из ла-

текса достигалась при его расходе 90 кг/т каучука. Такой расход выше, чем расход у других исследованных солей аммония - хлорида и сульфата аммония (50 и 70 кг/т каучука соответственно). Данные расходы в два-три раза меньше

расхода хлорида натрия (150 кг/т каучука) при применении его в качестве коагулянта. В тоже время применение пониженной температуры (1 °С) способствует сокращению расхода соли необходимого для полной коагуляции.

Таблица 1

Выделение каучука из бутадиен-стирольного латекса СКС-30 АРК в присутствии различных солей

Вид коагулянта	<i>Сульфат аммония</i>						
Температура коагуляции, °С	1 / 20						
Расход сульфата аммония, кг/т каучука	10	20	30	40	50	70	-
Выход коагулюма, %	<u>57,1</u> 35,9	<u>70,3</u> 60,8	<u>83,5</u> 75,1	<u>89,0</u> 82,0	<u>94,2</u> 87,9	<u>96,1</u> 94,9	-
Оценка полноты коагуляции	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кп</u> кнп	<u>кп</u> кп	-
Вид коагулянта	<i>Аммоний хлористый</i>						
Температура коагуляции, °С	1 / 20						
Расход хлорида аммония, кг/т каучука	10	20	30	40	50	70	-
Выход крошки каучука, %	<u>79,7</u> 75,2	<u>87,1</u> 83,5	<u>94,8</u> 85,7	<u>95,0</u> 88,2	<u>94,3</u> 91,7	<u>95,1</u> 93,6	-
Оценка полноты коагуляции	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кп</u> кнп	<u>кп</u> кнп	<u>кп</u> кп	<u>кп</u> кп	-
Вид коагулянта	<i>ГАСК-1</i>						
Температура коагуляции, °С	1 / 20						
Расход гидроксиламина солянокислого, кг/т каучука	10	30	50	70	90	110	-
Выход крошки каучука, %	<u>78,9</u> 67,1	<u>82,9</u> 78,1	<u>90,0</u> 83,3	<u>95,2</u> 92,4	<u>96,4</u> 93,7	<u>97,0</u> 96,2	-
Оценка полноты коагуляции	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кп</u> кп	<u>кп</u> кп	<u>кп</u> кп	-
Вид коагулянта	<i>ГАСК-2</i>						
Температура коагуляции, °С	1 / 20						
Расход гидроксиламина солянокислого, кг/т каучука	10	30	50	70	90	110	130
Выход крошки каучука, %	<u>81,8</u> 35,7	<u>88,9</u> 41,7	<u>89,6</u> 58,6	<u>94,0</u> 68,6	<u>95,6</u> 80,5	<u>96,1</u> 92,1	= 94,8
Оценка полноты коагуляции	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кнп</u> кнп	<u>кп</u> кнп	<u>кп</u> кнп	<u>кп</u> кп	= кп

Примечание: расход серной кислоты 15 кг/т каучука; рН водной фазы (серума) 2,8-3,1; кнп – коагуляция неполная; кп – коагуляция полная.

Такая повышенная коагулирующая способность солей аммония объясняется тем, что ионы аммония обладают большим размером и меньшей степенью гидратации, по сравнению с ионами натрия. Применение неорганических солей сопряжено с вкладом концентрационного механизма коагуляции, основанным на снижении потенциального барьера отталкивания частиц вследствие сжатия диффузных ионных слоев эмульгатора на их поверхности.

Данные, приведенные в табл. 1, позволяют отметить характерную особенность поведения изученных солей в процессе коагуляции: сернокислые соли независимо от природы азотсодержащего катиона характеризуются более высоким

расходом необходимым для полного выделения каучука из латекса, чем соответствующие соли соляной кислоты. То есть хлориды обладают более высокой эффективностью коагулирующего действия, чем сульфаты. Эта особенность может быть объяснена с учетом различий тех параметров хлорид- и сульфат-анионов, которые могут влиять на их способность изменять состояние диффузных двойных электрических слоев при их введении в объем водной фазы латекса. Как известно, основной вклад в коагулирующую способность электролита вносит те ионы, заряд которых противоположен по знаку заряду коллоидных частиц (противоионы). Хотя одноименно за-

ряженные ионы (коионы) слабо влияют на коагулирующую способность электролита, в данном случае как раз обнаруживается влияние природы коионов - хлорида и сульфата. Прежде всего, подтверждается известная закономерность, что чем сильнее гидратирован ион, тем ниже его коагулирующая способность [14]. Теплота гидратации сульфат-иона более чем в три раза превышает теплоту для хлорид-иона (265 и 84 ккал/г-ион соответственно [15]). Более мощная гидратная оболочка сульфат-аниона снижает его способность сжимать двойной электрический слой частиц. К такому же выводу приводит сравнение размеров данных ионов. «Истинный» радиус иона Cl^{-1} равен 0,74 Å, а «термохимический» радиус SO_4^{2-} равен 2,95 Å [16]. Несмотря на неко-

торую некорректность сравнения радиусов, полученных, исходя из различных предпосылок, можно убедиться в том, что сульфат значительно больше по размеру, чем хлорид. Приведенные соображения в достаточной мере обосновывают наблюдающиеся в эксперименте различия в расходе хлоридов и сульфатов при коагуляции латекса.

На завершающем этапе исследования на основе выделенной крошки каучука СКС-30 АРК (контрольного и экспериментальных образцов), изготовлены резиновые смеси и вулканизаты, с использованием общепринятых ингредиентов и методики. В табл. 2 приведены данные испытаний полученных резиновых смесей и вулканизатов.

Таблица 2

Свойства каучуков, резиновых смесей и вулканизатов

Показатели	Нормы по ТУ 38.40355-99	Коагулянт		
		Хлорид натрия	Хлорид аммония	ГАСК-1
Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °C) каучука резиновой смеси	53±5 -	52 64	50 66	53 67
Массовая доля летучих веществ, %	не более 0,8	0,21	0,16	0,15
Массовая доля золы, %	не более 0,5	0,19	0,12	0,14
Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа	не менее 13,0	13,3	13,6	13,1
Условная прочность при растяжении, МПа	не менее 22,5	23,6	24,5	24,0
Относительное удлинение при разрыве, %	не менее 420	540	520	550
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	-	13	12	13

Полученные данные свидетельствуют о том, что комплекс свойств, которыми обладают вулканизаты, изготовленные на основе каучука, выделенного из латекса солями аммония, близок к показателям вулканизата приготовленного на основе каучука, выделенного из латекса хлоридом натрия (стандартный образец).

Выводы. Из исследованных коагулирующих агентов перспективными являются соли аммония, причем гидроксилламин солянокислый проявил себя как эффективный коагулянт (расход составил 90 кг/т каучука, что почти в два раза ниже расхода хлорида натрия). В тоже время гидроксилламин сернокислый обладает более низкой коагулирующей способностью, чем гидроксилламин солянокислый. На процесс коагуляции оказывает влияние температурный режим, а именно снижение температуры приводит к интенсификации процесса и снижению расхода коагулянта. Вулканизаты полученные на основе каучуков, выделенных в присутствии изучаемых коагулирующих агентов, обладают комплексом свойств, соответствующих предъявляемым требованиям.

Применение новых перспективных коагулирующих агентов позволяет снизить их расход в процессе коагуляции и тем самым повысить экологичность технологии получения синтетических каучуков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Richard A.P., Zaikov G.E., Pielichowski J. Monomers, Oligomers, polymers, composites and nanocomposites research: synthesis, properties and applications. New York: Published by nova science publishers Inc., 2009. 450 p.
2. Berlin A.A., Joswik R., Vatin N.I. Engineering textiles research methodologies, concepts, and modern applications. New York: Apple Academic Press, 2015. 351 p.
3. Пугачева И., Никулин С. Композиционные материалы на основе эмульсионных каучуков. Deutschland. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 219 с.
4. Папков В.Н., Ривин Э.М., Блинов Е.В. Бутадиен-стирольные каучуки. Синтез и свойства. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 315 с.

5. Zaikov G.E., Babkin V.A. Process advancement in chemistry and chemical engineering research. Apple Academic Press Inc., Canada. 2016. 355 p.
6. Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О., Давлетбаева И.М., Кирпичников П.А. Химия и технология синтетического каучука. М.: Химия КолосС. 2008, 357 с.
7. Фам К.Д., Навроцкий В.А., Гайдадина А.Н., Горковенко Д.А. Коагуляция латекса натурального каучука поли-N, N'-диаллил-N, N'-диметиламмоний хлоридом // Известия ВолгГТУ. 2017. № 3. С. 70-74.
8. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный.: Издательский Дом «Интеллект», 2008. 424 с.
9. Миомандр Ф., Садки С., Одебер Р., Мелле-Рено Р. Электрохимия. М.: Техносфер, 2008. 360 с.
10. Ахметов Т.Г., Ахметова Р.Т., Гайсин Л.Г., Ахметова Л.Т. Химическая технология неорганических веществ. СПб.: Лань, 2017. 688 с.
11. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ. М.: Химия, 1984. 240 с.
12. Никулина Н.С., Булатецкая Т.М., Провоторова М.А., Пугачева И.Н., Вережников В.Н., Никулин С.С. Изучение возможности применения в производстве эмульсионных каучуков неорганических солей аммония // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. № 4. С.37-40.
13. Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н., Кудрина Г.В., Филимонова О.Н. Практикум по коллоидной химии латексов. М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2011. 124 с.
14. Гольфман М.И. Коллоидная химия. СПб.: Лань, 2010. 336 с.
15. Некрасов Б.В. Основы общей химии. Т.1. СПб. [и др.]: Лань, 2003. 687 с.
16. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Альянс, 2007. 447 с.

Информация об авторах

Курылева Елизавета Александровна, бакалавр кафедры промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств. E-mail: rorowaeliz99@yandex.ru. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Россия, 394036, Воронеж, пр. Революции, д. 19.

Черных Вера Николаевна, аспирант кафедры промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств. E-mail: a8904211v@mail.ru. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Россия, 394036, Воронеж, пр. Революции, д. 19.

Никулина Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, преподаватель. E-mail: nad.nikulina2013@yandex.ru. Воронежский институт повышения квалификации сотрудников Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231.

Вережников Виктор Николаевич, доктор химических наук, профессор кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидов. Воронежский государственный университет E-mail: vvn@chem.vsu.ru. Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, д.1.

Пугачева Инна Николаевна, доктор технических наук, доцент, декан факультета экологии и химической технологии. E-mail: eco-inna@yandex.ru. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Россия, 394036, Воронеж, пр. Революции, д. 19.

Никулин Сергей Саввович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности. E-mail: nikulin.nikuli@yandex.ru. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Россия, 394036, Воронеж, пр. Революции, д. 19. Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». 394064, Воронежская обл., г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 а.

Поступила 23.03.2020

© Курылева Е.А., Черных В.Н., Никулина Н.С., Вережников В.Н., Пугачева И.Н., Никулин С.С., 2020

¹Kuryleva E.A., ¹Chernykh V.N., ²Nikulina N.S., ³Verezhnikov V.N., ^{1,*}Pugacheva I.N.,
^{1,4}Nikulin S.S.

¹Voronezh State University of Engineering Technologies

²Voronezh Institute for Advanced Studies of the State Fire Service
of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and LPSB

³Voronezh State University

Military Training and Scientific Center of the Air Force

Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarina

*E-mail: eco-inna@yandex.ru

ISOLATION OF EMULSION RUBBER FROM LATEX USING HYDROXYLAMINE SALTS

Abstract. Currently, there is a growth of industry in various sectors, including chemical and petrochemical in Russia and abroad. However, this rise in industry is inextricably linked to the emergence of environmental problems. Therefore, when developing new technologies, production facilities and improving existing ones, special attention is paid to their environmental aspect. These industries include the production of synthetic rubbers. The production of synthetic rubber is a multi-stage technology; at some stages certain problems are observed. For example, the coagulation stage is characterized by increased contamination of wastewater with residues of coagulating, acidifying agents and components of the emulsion system. Therefore, research in the direction of improving the environmental friendliness of this stage is important and relevant. Research on the search for new promising coagulants has been carried out. A comparative assessment of the coagulating ability of ammonium salts based on hydroxylamine hydrochloric acid and sulfuric acid in comparison with ammonium chloride and sulfate and sodium chloride is carried out. The effectiveness of the coagulating action of these inorganic ammonium salts is studied on industrial rubber latex SKS-30 ark. It is found that the yield of rubber crumbs naturally increased with a growth in the consumption of the coagulating agent and a decrease in the temperature regime of the process. Positive results are achieved when nitrogen-containing salts are used to reduce the aggregative stability of disperse systems. Caoutchouc and rubbers in their basic indicators meet the requirements.

Keywords: latex, salts, coagulation, rubber, vulcanizates, indicators.

REFERENCES

1. Richard A.P., Zaikov G.E., Pielichowski J. Monomers, oligomers, polymers, composites and nanocomposites research: synthesis, properties and applications. New York: Published by nova science publishers Inc., 2009. 450 p.
2. Berlin A.A., Joswik R., Vatin N.I. Engineering textiles research methodologies, concepts, and modern applications. New York: Apple Academic Press, 2015. 351 p.
3. Pugacheva I., Nikulin S. Composite materials based on emulsion rubbers. [Kompozicionnye materialy na osnove emul'sionnyh kauchukov]. Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing: 2017. 219 p. (rus)
4. Papkov V.N., Rivin E.M., Blinov E.V. Styrene butadiene rubbers. Synthesis and properties [Butadien-stirol'nye kauchuki. Sintez i svoystva]. Voronezh: VSUIT, 2015. 315 p. (rus)
5. Zaikov G.E., Babkin V.A. Process advancement in chemistry and chemical engineering research. Canada: Apple Academic Press Inc., 2016. 355 p.
6. Averko-Antonovich L.A., Averko-Antonovich Yu.O., Davletbaeva I.M., Kirpichnikov P.A. Chemistry and technology of synthetic rubber. [Himiya i tekhnologiya sinteticheskogo kauchuka]. M: Chemistry KolosS, 2008. 357 p. (rus)
7. Fam K.D., Navrotsky V.A., Gaidadina A.N., Gorkovenko D.A. Coagulation of natural rubber latex with poly-N, N'-diallyl-N, N'-dimethylammonium chloride [Koagulyaciya lateksa natural'nogo kauchuka poli-N, N'-diallil-N, N'-dimetilammonij hloridom]. Izvestiya VolgGTU. 2017. No. 3. Pp. 70-74. (rus)
8. Lukomsky Y.Y., Hamburg Yu.D. Physico-chemical fundamentals of electrochemistry. [Fiziko-himicheskie osnovy elektrohimii]. Dolgoprudny: Intellect Publishing House, 2008. 442 p. (rus)
9. Miomander F., Sadki S., Odeber R., Mealle-Renault R. Electrochemistry. [Elektrohimiya]. M: Technosphere, 2008. 360 p. (rus)
10. Akhmetov T.G., Akhmetova R.T., Gaysin L.G., Akhmetova L.T. Chemical technology of inorganic substances. [Himicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv]. SPb: Lany, 2017. 688 p. (rus)
11. Narkevich I.P., Pechkovsky V.V. Recycling and disposal of waste in the technology of inorganic substances. [Utilizaciya i likvidaciya othodov v tekhnologii neorganicheskikh veshchestv]. M: Chemistry, 1984. 240 p. (rus)

12. Nikulina N.S., Bulatetskaya T.M., Provotorova M.A., Pugacheva I.N., Verezhnikov V.N., Nikulin S.S. Study of the possibility of using inorganic ammonium salts in the production of emulsion rubbers [Izuchenie vozmozhnosti primeneniya v proizvodstve emul'sionnyh kauchukov neorganicheskikh soley ammoniya]. Vestnik VGU. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya. 2017. No. 4. Pp. 37-40. (rus)

13. Poyarkova T.N., Nikulin S.S., Pugacheva I.N., Kudrina G.V., Filimonova O.N. Workshop on

colloidal chemistry of latexes. [Praktikum po kolloidnoj himii lateksov]. M.: Publishing house academy of natural sciences, 2011. 124 p. (rus)

14. Golfman M.I. Colloid chemistry. [Kolloidnaya himiya]. St. Petersburg: Lany, 2010. 336 p. (rus)

15. Nekrasov B.V. Fundamentals of general chemistry. [Osnovy obshchej himii]. T.1. SPb. [et al.]: Lany, 2003. 687 p. (rus)

16. Lurie Y.Y. Handbook of analytical chemistry. [Spravochnik po analiticheskoj himii]. M.: Alliance, 2007. 447 p. (rus)

Information about the authors

Kuryleva, Elizaveta A. bachelor student. E-mail: popowaeliz99@yandex.ru. Voronezh State University of Engineering Technologies. Russia, 394036, Voronezh, pr. Revolutsii, d.19.

Chernykh, Vera N. postgraduate student. E-mail: a8904211v@mail.ru. Voronezh State University of Engineering Technologies. Russia, 394036, Voronezh, pr. Revolutsii, d.19.

Nikulina, Nadezhda S. PhD, Lecturer. E-mail: nad.nikulina2013@yandex.ru. Voronezh Institute for Advanced Studies of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Management. Russia, 394052, Voronezh, ul. Red Banner, d. 231.

Verezhnikov, Viktor N. DSc, Professor. Voronezh State University E-mail: vvn@chem.vsu.ru. Russia, 394018, Voronezh, University Square, 1.

Pugacheva, Inna N. DSc, Professor. Voronezh State University of Engineering Technologies. E-mail: eco-inna@yandex.ru. Russia, 394036, Voronezh, pr. Revolutsii, d.19.

Nikulin, Sergey S. DSc, Professor. E-mail: nikulin.nikuli@yandex.ru. Voronezh State University of Engineering Technologies. Russia, 394036, Voronezh, pr. Revolutsii, d.19. Military training and scientific center of the air force "Air Force Academy named after Professor N.Y. Zhukovsky and Y.A. Gagarin". 394064, Voronezh region., Voronezh, st. Old Bolshheviks, d. 54 a.

Received 23.03.2020

Для цитирования:

Курьева Е.А., Черных В.Н., Никулина Н.С., Вережников В.Н., Пугачева И.Н., Никулин С.С. Выделение эмульсионного каучука из латекса с применением солей гидроксиламинов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 121–127. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-121-127

For citation:

Kuryleva E.A., Chernykh V.N., Nikulina N.S., Verezhnikov V.N., Pugacheva I.N., Nikulin S.S. Isolation of emulsion rubber from latex using hydroxylamine salts. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 121–127. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-121-127

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-128-134

Везенцев А. И., Воловичева Н.А., Королькова С.В., Аль-Атея А.Т.Белгородский государственный национальный исследовательский университет***E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru***ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛЬ-НАДЖАФ (ИРАК)**

Аннотация. Проведено комплексное исследование вещественного состава глинистого сырья месторождения Аль-Наджаф (Ирак), принадлежащего к осадочным отложениям Даммамской свиты. Особенности химического и фазового составов породы установлены с использованием рентгенофазового, энергодисперсионного, микрорентгеноспектрального, электронно-микроскопического и термogravиметрического методов анализа. С помощью энергодисперсионно-спектрального анализа в исследованной глине наряду с типичным для алюмосиликатов элементным составом, обнаружено присутствие титана в качестве примесного элемента. В то же время зафиксировано высокое суммарное содержание оксидов щелочных и щелочноземельных металлов (CaO, Na₂O, K₂O), составляющее более 5,0 масс. %. Выявлено, что исследованный образец имеет полиминеральный состав, основными породообразующими минералами являются каолинит, иллит и монтмориллонит. Суммарная доля глинистой составляющей более 82 масс. %. Содержание глинистых частиц, относящихся к высоко- и среднedisперсной фракциям (размер 10 мкм и менее) составляет свыше 60 масс. %. Средний размер частиц, слагающих исследованную глину, составляет порядка 32,0 мкм. На основании данных о химическом, минералогическом и гранулометрическом составах образца сделано заключение о потенциальной пригодности исследованной глины как сорбционно-активного материала, а также в производстве портландцемента и изделий грубой керамики.

Ключевые слова: каолинит, иллит, монтмориллонит, рентгенофазовый анализ, энергодисперсионный метод, электронно-микроскопический анализ, термogravиметрический анализ.

Введение. В современном мире поиск путей регенерации сточных вод по-прежнему остается одним из глобальных научных аспектов, над которым работают во всех странах. Как для России, так и для Ирака актуальна проблема очистки природных, питьевых и сточных вод от различного рода загрязняющих веществ, в том числе и от ионов тяжелых металлов. В Ираке в водах Шатт-эль-Араб было установлено высокое содержание тяжелых металлов (Cd, Cu, Fe, Ni и Zn). Основной причиной наличия тяжелых металлов в речной воде является сброс сельскохозяйственных отходов [1]. Экологические проблемы, связанные с загрязнением поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами, поверхностно-активными веществами, пестицидами, нитратами, нитритами и т.д. ведут к росту заболеваемости и смертности населения за счет накопления в организме опасных для здоровья веществ неорганического и органического происхождения. Поэтому разработка новых и совершенствование существующих технологий очистки промышленных сточных вод является актуальной современной научной задачей.

В Белгородском государственном научно-исследовательском университете на базе кафедры общей химии успешно проводятся исследования по использованию монтмориллонит содержащих глин, залегающих как на территории Российской Федерации, так и других стран (Казахстан, Армения, Вьетнам, Эквадор и др.) для очистки воды от радионуклидов, ионов тяжелых

металлов и органических веществ [2–4]. При этом научный и практический интерес представляет апробация и оценка пригодности разработанных методов регенерации сточных вод [3, 5, 6] при использовании сорбционно-активных материалов различного вещественного состава.

В настоящей работе объектом исследования является глинистое сырье, отобранное из месторождения Аль-Наджаф, Ирак. Для Ирака так же, как и для России, остро стоит проблема поиска и разработки доступных сорбционно-активных материалов для очистки природных, питьевых и сточных вод от различного рода поллютантов.

В рамках представленного исследования проведен комплексный анализ вещественного состава, текстурных и структурно-морфологических характеристик глинистой породы месторождения Аль-Наджаф с целью оценки потенциальной пригодности в качестве сорбента для очистки сточных вод.

Методология. Месторождение глин Аль-Наджаф (Ирак) является крупным объектом и относится к осадочным отложениям Даммамской свиты эпохи эоцена, образованным во время заключительной фазы субдукции и при закрытии океана Неотетис в первой половине Кайнозоя [7].

Свита Даммам, выходящая на поверхность и залегающая в недрах Ирака, представлена в основном беловато-серым пористым доломитизированным известняком. Также встречается чистый известняк или серовато-зеленый сланец. Толщина пласта в западной пустыне составляет

от 32 до 99 метров. Минералогический состав залегающих пород представлен в основном неглинистыми минералами – кальцитом и доломитом. В небольших количествах присутствуют кварц и глинистые минералы (палыгорскит, монтмориллонит, каолинит, хлорит и иллит) [8].

В настоящей работе использованы образцы материала, представляющего собой плотную, с острым изломом, породу сероватого оттенка, с визуально дифференцирующимися включениями известняка. Перед проведением физико-химических исследований средняя проба глинистого материала, высушенная до воздушно-сухого состояния, подвергалась механическому диспергированию.

Химико-минералогические особенности образца глины месторождения Аль-Наджаф (Ирак) изучены методами: микрорентгеноспектрального анализа (энергодисперсионный анализатор EDAX), аналитической сканирующей электронной микроскопии (Quanta 600 FEG, Нидерланды), рентгенофазового (дифрактометр Rigaku

Ultima XRD 320, Япония) и термогравиметрического анализа (TA Instruments, Inc., США); гранулометрический состав глины определен с использованием лазерного анализатора Microtrac S3500 (США).

Основная часть. Для определения химического состава исследуемого образца применен энергодисперсионный спектрометр EDAX, совмещенный с растровым электронным микроскопом Quanta 600 FEG (FEI, Нидерланды). Данный метод позволяет определять элементный состав в различных точках исследуемого образца. С помощью энергодисперсионно-спектрального анализа (рис. 1) в исследованной глине наряду с типичным для алюмосиликатов элементным составом [9, 10], обнаружено присутствие титана в качестве примесного элемента.

На основании полученных экспериментальных результатов установлен химический состав исследуемого образца (табл. 1).

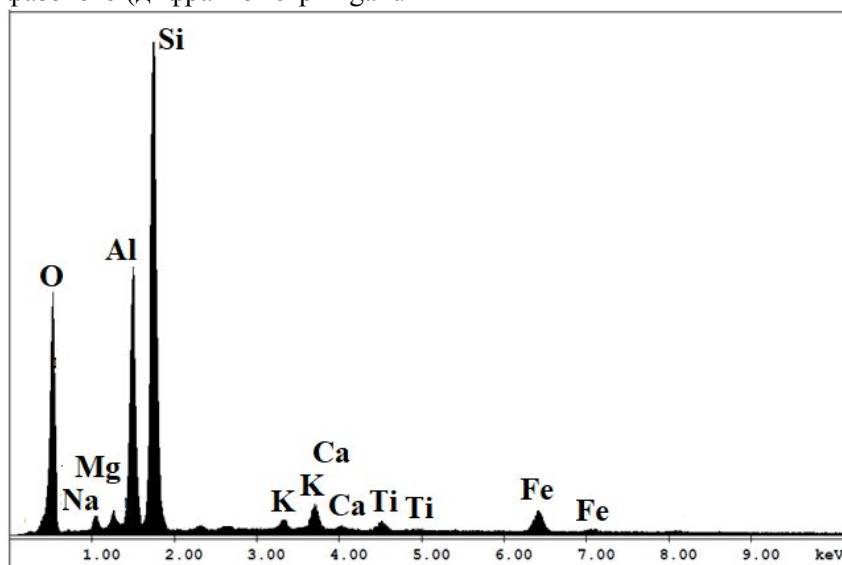


Рис. 1. Энергодисперсионный спектр глины месторождения Аль-Наджаф

Таблица 1

Оксидный состав глины месторождения Аль-Наджаф (Ирак)

Оксид	Содержание оксида, мол. %	Содержание оксида, масс. %	Погрешность, %
SiO ₂	70,44	61,49	0,1337
Al ₂ O ₃	17,76	26,52	0,0665
Fe ₂ O ₃	1,69	3,68	0,0214
CaO	2,79	2,34	0,0120
MgO	3,47	1,85	0,0043
Na ₂ O	2,07	1,92	0,0032
TiO ₂	1,04	1,23	0,0048
K ₂ O	0,74	0,97	0,0045
Всего	100	100	-

Выявлено, что оксиды кремния, алюминия и железа составляют значительную долю химического состава образца глинистой породы месторождения Аль-Наджаф. Довольно высокое суммарное содержание оксидов щелочных и щелочноземельных металлов (CaO , Na_2O , K_2O), составляющее более 5,0 масс. %, может свидетельствовать о наличии в потенциальном природном сорбенте минералов групп каолинита, иллита и монтмориллонита [9–12].

Содержание минеральных компонентов и присутствие кислородных соединений в поверхностном слое глинистых минералов может оказывать большое влияние на величину pH водных систем. В связи с этим определение указанного показателя является важным критерием при выборе необходимого глинистого материала. По результатам проведенных испытаний величина pH водной вытяжки исследованной глины составила $7,97 \pm 0,02$. Это хорошо соотносится с данными о химическом составе образца породы, поскольку щелочное значение pH обусловлено наличием в структуре в связанном и свободном виде катионов Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , а также в виду гидролиза солей слабых кислот (карбонаты).

Минералогический состав исследуемого образца определяли методом рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра Ultima IV (Rigaku, Япония). Результаты фазового анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Минералогический состав глины
месторождения Аль-Наджаф (Ирак)**

Минерал	Содержание, масс. %
Кварц	13,1
Каолинит	36,6
Монтмориллонит	12,7
Иллит	33,2
Палыгорскит	1,3
Кальцит	3,1
ИТОГО:	100

По данным рентгенофазового анализа установлено, что исследуемый объект можно отнести к поликомпонентным породам [13]. Суммарная доля глинистой составляющей более 82 масс. %, представлена каолинитом, иллитом и монтмориллонитом, что хорошо согласуется с данными об оксидном составе материала. Также в качестве порообразующего минерала зафиксирован кальцит.

Определение массовой доли влаги и потери массы при прокаливании исследуемого образца проводили согласно ГОСТ 21216-2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний». Установлено, что исследуемый образец обладает невысокой

влажностью 5,2 масс. %. Потеря массы при прокаливании составляет 13,57 масс. % и обусловлена удалением адсорбционной, межпакетной и конституционной воды, а также разложением карбонатов и сгоранием органических веществ. Вклад конституционной (гидроксильной) воды в потери массы при прокаливании незначительный, поэтому содержание органического углерода находили, вычитая из потерь массы при прокаливании массу влаги и массу карбонатов, входящих в состав исследуемого образца. Содержание карбонатов, определенных по методу Бауэра составляет 7,6 масс. %, содержание органического углерода – 0,77 масс. %.

Определение процессов, происходящих при термической деструкции глинистого сырья, проводили на совмещенном анализаторе ТГ/ДТГ/ДТА SDT Q600 (TA Instruments, США). На рисунке 2 представлены тепловые эффекты, сопровождающиеся потерей массы в исследованной глине.

Дифференциально-термический анализ позволил выявить изменения, которые претерпевают глинистые минералы в процессе нагревания. На графике ДТА зафиксировано наличие пяти эндотермических эффектов при поступательном повышении температуры в интервале от 20 до 900 °C.

Максимальная скорость эндотермических эффектов, соответствующих процессу выделения свободной и адсорбированной воды, зафиксирована для образца исследованной глины при температурах 82,3 °C и 119 °C. Содержание адсорбированной воды связано с присутствием в исследуемом образце таких минералов как иллит и монтмориллонит.

Появление эндотермического эффекта в интервале температур 400–600 °C обусловлено потерей адсорбционной, в большей степени цеолитной и кристаллизационной воды [14]. Цеолитная вода – разновидность кристаллизационной воды, которая выделяется постепенно, в большом диапазоне температур, и может поглощаться вновь при изменении условий, без нарушения однородности вещественного состава, но с изменением физических свойств. В данном интервале температур у исследуемого образца начинают проявляться пуццоланические свойства, что является следствием начала разрушения кристаллической решетки слоистых (глинистых) силикатов, которое сопровождается выделением газообразных веществ в виде воды и углекислого газа. В нашем случае данному процессу соответствует эндотермический эффект, с максимальной скоростью процесса при температуре 494 °C.

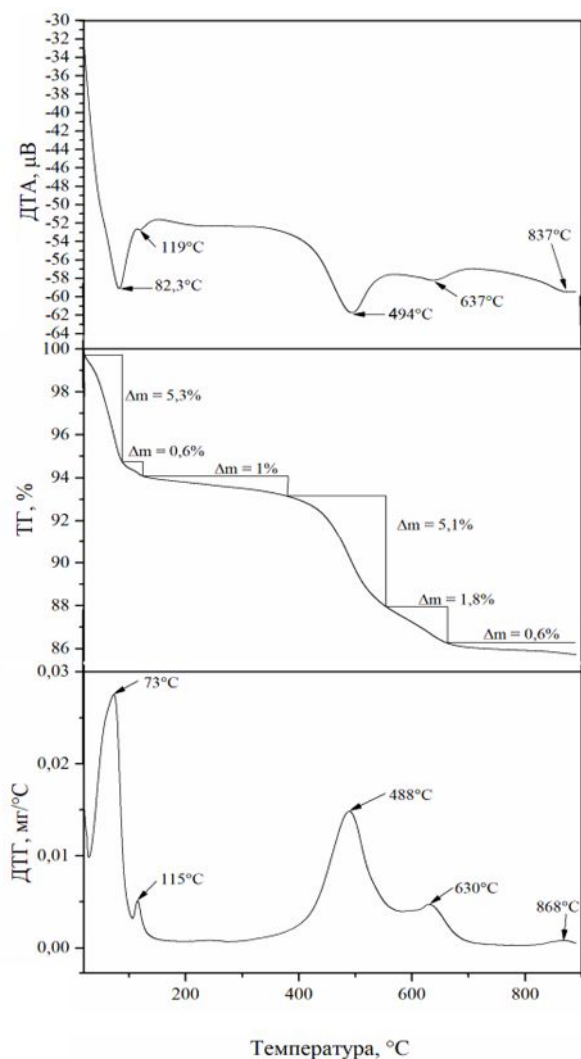


Рис. 2. Комплексная термограмма глины месторождения Аль-Наджаф

Эндотермический эффект, с максимальной скоростью процесса при 637 °С, вызван потерей кристаллизационной воды и основной части конституционной воды, что характерно для каолинит-иллитовых глин. В диапазоне температур 600–800 °С для каолинит-иллитовых глин характерна высокая пуццоланическая активность [15].

Достижение высокой пуццоланической активности глинистых минералов в указанном диапазоне вызвано изменением состояния и формы кристаллической решетки (разрыв некоторых связей, полное разрушение кристаллической решетки глинистых минералов).

Эндоэффект в интервале температур 800–900 °С обусловлен завершением потери оставшейся конституционной воды и полным разрушением кристаллической решетки основных породообразующих минералов – каолинита, монтмориллонита и иллита. Максимальная скорость процесса наблюдается при 868 °С. В указанном интервале температур также происходит процесс декарбонизации, при этом входящий в состав глины кальцит распадается на оксиды кальция и углерода.

Таким образом, результаты ДТА также подтвердили полиминеральный состав глинистой породы месторождения Аль-Наджаф.

Детальные сведения о размерах частиц, слагающих изучаемую глинистую породу, получены при определении гранулометрического состава с использованием лазерного анализатора Microtrac S3500 (США) в суспензии. Интегральная кривая и дифференциальная гистограмма распределения частиц по фракциям представлена на рисунке 3.

По данным гранулометрического анализа установлено, что распределение частиц в анализируемой глине неравномерно и имеет большой разброс по размерам. Максимальный размер частиц составляет 148 мкм, доля таких частиц невелика и составляет 0,21 масс. %. Минимальный размер частиц – 1,16 мкм, доля таких частиц – 0,36 масс. %. Средний размер частиц составляет 31,86 мкм. Наибольшее количество частиц соответствует размеру 13,08 мкм и составляет 7,64 масс. %. Содержание глинистых частиц, относящихся к высоко- и среднedisперсной фракциям (размер 10 мкм и менее) составляет свыше 60 масс. %.

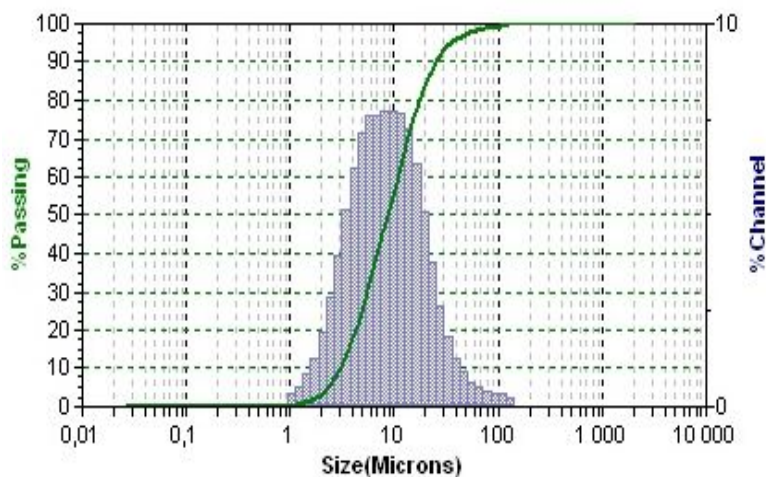


Рис. 3. Интегральная кривая и дифференциальная гистограмма распределения по размерам частиц глины месторождения Аль-Наджаф

По результатам электронно-микроскопического анализа (рис. 4) установлено, что частицы исследуемого образца имеют неправильную изометричную форму. Размер частиц варьирует в

пределах от 1–3 до 100 мкм. Частицы различаются интенсивностью свечения: более светлые частицы являются более тонкими, более темные обладают большей толщиной.

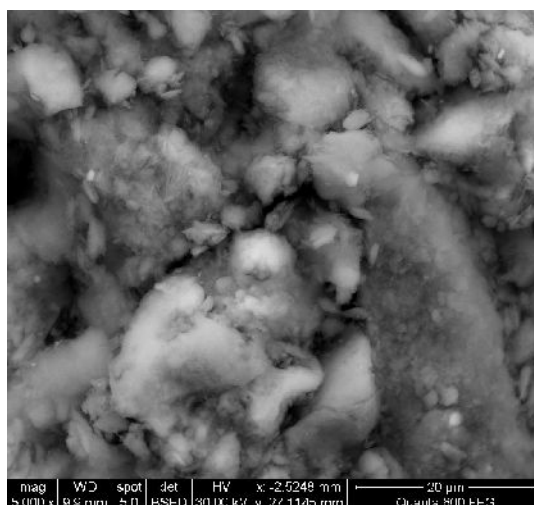


Рис. 4. Электронная микрофотография глины месторождения Аль-Наджаф

Присутствие в изученном природном образце тонкодисперсной фракции глинистых частиц является ценным показателем качества сырья и позволяет выдвинуть предположение, что материал имеет достаточно развитую удельную поверхность и способен образовывать устойчивые суспензии с водой.

Выводы. Таким образом, на основании комплексного исследования вещественного состава установлено, что материал, отобранный из месторождения Аль-Наджаф (Ирак) представляет собой полиминеральную глину. Основными породообразующими минералами являются каолинит, иллит и монтмориллонит. При этом суммарная доля глинистой составляющей довольно высока – более 82 масс.%.

Наличие в обменном комплексе глины катионов щелочных и щелочноземельных металлов (Na^+ , Ca^{2+} , K^+) и достаточное количество глинистых частиц тонкодисперсной фракции (10 мкм и менее) позволяет предположить, что исследованное глинистое сырье представляет интерес для дальнейшего изучения как потенциальный сорбционно-активный материал. Также возможно использование природной глины указанного месторождения в качестве сырьевой базы для производства портландцемента и изделий грубой керамики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abaychi J.K., DouAbul A.A. Trace metals in Shatt Al-Arab river, Iraq // *Water Research*. 1985. Vol. 19. Pp. 457–46.
2. Везенцев А.И., Нгуен Хоай Тьяу, Соколовский П.В., Буханов В.Д., Милютин В.В., Конькова Т.В., Алехина М.Б. Композиционный

сорбент на основе минерального и растительного сырья // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2015. Т. 15. Вып. 1. С. 127–133.

3. Volovicheva N., Vezentsev A., Korolkova S., Sokolovskiy P. Modified layered aluminosilicate nanosorbents for water treating // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Vol. 10. № 12. P. 3138–31388.

4. Везенцев А.И., Перистая Л.Ф., Нгуен Фук Као, Перистый В.А., Копылова Е.В. Исследование сорбционных свойств природных монтмориллонитовых глин разных месторождений для очистки воды от ионов свинца (II) // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2018. Т. 18. Вып. 1. С. 43–51.

5. Пат. 2404921, Российская Федерация, МПК C01B 33/40. Способ модифицирования глины / А.И. Везенцев, Н.А. Воловичева; заявитель и патентообладатель ФГАО ВПО НИУ «БелГУ». № 2009120201; заявл. 27.0.2009; опубл. 27.11.2010.

6. Пат. 2471549, Российская Федерация, МПК B01J 20/00. Сорбент / В. Д. Буханов, А.И. Везенцев, Н.А. Воловичева, С.В. Королькова, В.Н. Скворцов, Л.А. Козубова, Г.В. Фролов, А.В. Панина, Н.А. Сафонова; заявитель и патентообладатель ФГАО ВПО НИУ «БелГУ». № 2011112702; заявл. 04.04.2011; опубл. 10.10.2012.

7. Buday T., Jassim S.Z. Geological map of Iraq 1: 1,000,000 Scale Series. Tectonic Map of Iraq. Publication of GEOSURV. Baghdad, 1984. Sheet № 2.

8. Powers R., Ramirez L., Redmond C., Elberg Jr. E. Geology of the Arabian Peninsula: Sedimentary Geology of Saudi Arabia. US Geological Survey Professional Papers 560-D. 1966. 147 p.

9. Куковский Е.Г. Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов. Киев.: Наукова думка, 1966. 132 с.

10. Тарасевич Ю.И. Строение и химия поверхности слоистых силикатов. Киев.: Наукова думка, 1988. 248 с.

11. Plangon A., Giese R.F., Snyder R., Drits V.A., Bookin A.S. Stacking faults in kaolin-group minerals: defect structures of kaolinite // *Clays and Clay Minerals*. 1989. № 23. Pp. 249–260.

12. Brindley G. W. Relation between structural disorder and other characteristics of kaolinite and

dickites // *Clays and Clay Minerals*. 1986. № 34. Pp. 239–249.

13. Bailey S.W. Classification and structures of micas. *Reviews in Mineralogy // Journal of Mineralogical Society of America*. 1982. №13. Pp. 1–13.

14. Големчук А.Ю., Ильин А.П. Исследование сорбционных процессов на природных материалах и их термомодифицированных формах // *Химия и технология воды*. 2004. Т. 26. №3. С. 287–297.

15. Zainal Y.M., Jargess S. Preliminary geological report on Zarlough Clay (Bentonite) prospect. *Geol. Surv. Report*, 1973. 586p.

Информация об авторах

Везенцев Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры общей химии Института фармации, химии и биологии. E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д.85.

Воловичева Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры русского языка, профессионально-речевой и межкультурной коммуникации Подготовительного факультета НИУ «БелГУ». E-mail: volovichcheva@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д.85.

Королькова Светлана Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры русского языка, профессионально-речевой и межкультурной коммуникации Подготовительного факультета. E-mail: korolkova@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д.85.

Аль-Атея Анвер Тхамер Агхаяд, аспирант кафедры общей химии Института фармации, химии и биологии. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д.85.

Поступила 10.03.2020

© Везенцев А.И., Воловичева Н.А., Королькова С.В., Аль-Атея А.Т., 2020

**Vezentsev A.I., Volovicheva N.A., Korolkova S.V., Al-Ateya A.T.*

Belgorod National Research University

**E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru*

MATERIAL COMPOSITION OF CLAY FROM THE AL-NAJAF FIELD (IRAQ)

Abstract. A comprehensive study of the material composition of clay raw materials of the al-Najaf field (Iraq), which belongs to the sedimentary deposits of the Dammam formation, is conducted. The features of the chemical and phase composition of the rock are determined using x-ray phase, energy dispersive, microrengenospectral, electron microscopic and thermogravimetric methods of analysis. The presence of titanium as an impurity element is detected in the studied clay along with the typical element composition of aluminosilicates using energy-dispersion-spectral analysis. At the same time, a high total content of oxides of alkaline and alkaline earth metals (CaO, Na₂O, K₂O) is recorded, amounting to more than 5.0 wt. %. It is found that the sample under study has a polymineral composition, the main rock-forming minerals are kaolinite, illite and montmorillonite. The total percentage of the clay component is more than 82 wt.%. Content of clay particles belonging to high-and medium-dispersed fractions (size 10 microns or less) it is more than 60% by weight. The average size of the particles composing the studied clay is about 32.0 microns. Based on the data on the chemical, mineralogical and granulometric composition of the sample, a conclusion is made about the potential suitability of the studied clay as a sorption-active material, as well as in the production of Portland cement and coarse ceramics.

Keywords: kaolinite, illite, montmorillonite, x-ray phase analysis, energy dispersion method, electron microscopic analysis, thermogravimetric analysis.

REFERENCES

1. Abaychi J.K., DouAbul A.A. Trace metals in Shatt Al-Arab river, Iraq. Water Research. 1985. Vol. 19. Pp. 457–46.
2. Vesentsev A.I., Nguen Hoai Chao, Sokolovskiy P.V., Bukhanov V.D., Milyutin V.V., Konkova T.V., Alekhina M.B. Composite sorbent on the basis of mineral and vegetable raw materials [Kompozitsionnyy sorbent na osnove mineral'nogo i rastitel'nogo syr'ya]. Sorption and chromatography processes. 2015. Vol. 15. No. 1. Pp. 127–133. (rus)
3. Volovicheva N., Vezentsev A., Korolkova S., Sokolovskiy P. Modified layered aluminosilicate nanosorbents for water treating. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. No. 12. Pp. 3138–31388.
4. Vezentsev A.I., Peristaya L.F., Nguyen Fuk Kao, Peristiy V.A., Kopylova E.V. Research of sorption properties of natural montmorillonite clays of different fields for water purification from ions of lead (II) [Issledovanie sorbtsionnykh svoystv prirodnykh montmorillonitovykh glin raznykh mestorozhdeniy dlya ochistki vody ot ionov svinca (II)]. Sorption and chromatography processes. 2018. Vol. 18. No. 1. Pp. 43–51. (rus)
5. Vesentsev A.I., Volovicheva N.A. Patent RF, No 2404921, 2010. (rus)
6. Bukhanov V.D., Vesentsev A.I., Volovicheva N.A., Korolkova S.V., Skvortsov V.N., Kozubova L.A., Frolov G.V., Panina A.V., Safonova N.A. Patent RF, No 2471549, 2012. (rus)
7. Buday T., Jassim S.Z. Geological map of Iraq 1: 1,000,000 Scale Series. Tectonic Map of Iraq. Publication of GEOSURV. Baghdad, 1984. Sheet No. 2.
8. Powers R., Ramirez L., Redmond C., Elberg Jr. E. Geology of the Arabian Peninsula: Sedimentary Geology of Saudi Arabia. US Geological Survey Professional Papers 560-D. 1966. 147 p.
9. Kukovskiy E.G. Structure specification and physical and chemical properties of clay minerals. [Osobennosti stroeniya i fiziko-himicheskie svoystva glinistyykh mineralov]. Kiev.: Naukova dumka, 1966. 132 p. (rus)
10. Tarasevich Yu.I. Structure and chemistry of surface of layered silicates. [Stroenie i himiya poverhnosti sloistyykh silikatov]. Kiev.: Naukova dumka, 1988. 248 p. (rus)
11. Plangon A., Giese R.F., Snyder R., Drits V.A., Bookin A.S. Stacking faults in kaolin-group minerals: defect structures of kaolinite. Clays and Clay Minerals. 1989. No. 23. Pp. 249–260.
12. Brindley G. W. Relation between structural disorder and other characteristics of kaolinite and dickites. Clays and Clay Minerals. 1986. No. 34. Pp. 239–249.
13. Bailey S. W. Classification and structures of micas. Reviews in Mineralogy. Journal of Mineralogical Society of America. 1982. No. 13. Pp. 1–13.
14. Godemchuk A. Yu., Ilin A.P. Research of sorption processes on natural materials and their thermo-modified forms. [Issledovanie sorbtsionnykh processov na prirodnykh materialakh i ih termomodifitsirovannykh formah]. Journal of water chemistry and technology. 2004. Vol. 26. No. 3. Pp. 287–297. (rus)
15. Zainal Y.M., Jargess S. Preliminary geological report on Zarloukh Clay (Bentonite) prospect. Geol. Surv. Report, 1973. 586p.

Information about the authors

Vesentsev, Aleksandr I. DSc, Professor. E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru. Belgorod National Research University. Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Volovicheva, Natalya A. PhD., Associate professor. E-mail: volovicheva@bsu.edu.ru. Belgorod National Research University. Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Korolkova, Svetlana V. PhD., Associate professor. E-mail: korolkova@bsu.edu.ru. Belgorod National Research University. Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Al-Ateya A.T. Graduate student. Belgorod National Research University. Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Received 10.03.2020

Для цитирования:

Везенцев А.И., Воловичева Н.А., Королькова С.В., Аль-Атея А.Т. Вещественный состав глины месторождения Аль-Наджаф (Ирак) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 128–134. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-128-134

For citation:

Vezentsev A.I., Volovicheva N.A., Korolkova S.V., Al-Ateya A.T. Material composition of clay from the al-najaf field (Iraq). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 128–134. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-5-128-134

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-135-142

Герасимов М.Д., Любимый Н.С., Рязанцев В.Г.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: mail_mihail@mail.ru*

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИБРОПОГРУЖАТЕЛЕЙ С АСИММЕТРИЧНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

Аннотация. Вибрационные машины составляют большой класс строительной и дорожно-строительной техники. Совершенствование вибрационных машин ведётся по направлению совершенствования, прежде всего, вибрационного устройства, как основного рабочего органа машины. Длительное время в качестве вибрационных устройств использовались вибраторы с круговыми колебаниями, эффективности которых не всегда достаточно при выполнении специальных работ по погружению в грунт свай и извлечению их из грунта. Приоритетным направлением разработки и создания вибрационных устройств для технологических процессов в ближайшие годы является механизмы с асимметричными колебаниями. Вибрационные устройства с асимметричными колебаниями позволяют существенно повысить эффективность использования вибрационных машин за счёт того, что вынуждающая сила, направленная на выполнение полезной работы, превышает величину вынуждающей силы, направленную на выполнение холостого хода в несколько раз. Однако, в настоящее время отсутствует методика определения и расчёта параметров вибрационных устройств с асимметричными колебаниями взамен вибраторов с круговыми колебаниями. Целью статьи является рассмотрение способа проектирования вибрационных устройств с асимметричными колебаниями, основанного на использовании метода разложения заданной функции изменения величины суммарной вынуждающей силы в ряд Фурье, слагаемые члены которого представляют собой величины вынуждающих сил генерируемых каждой ступенью многоступенчатого вибрационного механизма. В основе исследования использованы классические аналитические и численные методы. Полученные результаты позволяют использовать методику оценки способа проектирования вибрационного устройства с асимметричными колебаниями на стадии проектирования и оценивать эффективность проектируемого вибрационного устройства.

Ключевые слова: дебалансный вибратор, асимметричные колебания, ступени вибрационного механизма, коэффициент динамичности, вынуждающая сила, ряд Фурье.

Введение. Вопросы создания и использования асимметричных колебаний изучаются и исследуются в различных областях науки и техники [1–5]. Большинство работ в области асимметричных колебаний отражают сугубо специфические исследования, применимые к конкретной области. Однако, они показывают широкие возможности использования асимметричных колебаний в иных приложениях в науке и в технике. В одних случаях [2, 3] асимметрия рассматривается по отношению к времени протекания процесса, а не к амплитуде. В других случаях асимметричные колебания используются как инструмент обратной связи в теории управления нагрузками в строительных конструкциях [4, 5].

В данной статье рассматриваются вопросы генерирования асимметричных колебаний рабочего оборудования машин строительной индустрии, позволяющие более эффективно и с большими скоростями ведение технологических про-

цессов, таких как погружение свай в грунт, сортировку материалов на вибрируемой поверхности грохота, уплотнения дорожно-строительных материалов при строительстве автодорог.

В области теории создания вибрационных устройств с асимметричными колебаниями имеется ряд научных публикаций [6–12], которые характеризуют состояние рассматриваемого вопроса в настоящее время. В [6] приведены условия генерирования асимметричных механических колебаний, в основу которых положены рекомендуемые соотношения статических моментов дебалансов на вибрационных валах вибрационного устройства, вращающихся с кратными угловыми скоростями. В работе [7] введено понятие коэффициента асимметрии суммарной вынуждающей силы как отношение максимальной величины вынуждающей силы, действующей в прямом направлении, к величине модуля максимальной величины вынуждающей силы, действу-

ющей в противоположном направлении. В данной работе не приводились численные значения статических моментов дебалансов, по приведенному уравнению величины вынуждающей силы, задача также сводилась к определению соотношения статических моментов дебалансов каждой ступени вибрационного устройства. В работе [8] для повышения эффективности способа режим генерирования возбуждающей силы F осуществляют по закону, в частности на базе зависимости $f(x)=e^{ax}$, в интервале $-\pi < x < \pi$, разложение которой в ряд Фурье содержит гармоники, каждая из которых представляет собой величину вынуждающей силы, генерируемой отдельной ступенью и входящей в суммарную вынуждающую силу вибрационного устройства с асимметричными колебаниями. Такой подход позволяет получить наибольшее значение коэффициента асимметрии суммарной вынуждающей силы и определить при этом необходимое количество элементарных ступеней вибрационного устройства с асимметричными колебаниями. В работе [9] была решена задача использования целого ряда аналитических зависимостей, позволяющих при разложении в ряд Фурье, получать исходные параметры для генерирования асимметричных колебаний с заданными характеристиками. Однако, по полученным результатам в [9] не проводились численные решения, что могло снижать ценность полученных результатов и внедрение вибрационных устройств с асимметричными колебаниями в производственную сферу.

$$\cos^{12} \frac{x}{2} = \frac{462}{2048} + \frac{792}{2048} \cdot (\cos \omega \cdot t + \frac{495}{792} \cdot \cos 2 \cdot \omega \cdot t + \frac{220}{792} \cdot \cos 3 \cdot \omega \cdot t + \frac{66}{792} \cdot \cos 4 \cdot \omega \cdot t + \frac{12}{792} \cdot \cos 5 \cdot \omega \cdot t + \frac{1}{792} \cdot \cos 6 \cdot \omega \cdot t). \quad (1)$$

где 12 – число дебалансных валов; ω – угловая скорость вращения валов первой ступени, c^{-1} ; x – переменная, $x = \omega t$; t – текущее время, с.

Продолжительность одного удара составляет:

$$\begin{aligned} \cos^{12} \frac{1}{2} x &= \frac{462}{2048} = 0,2256 \\ \cos \frac{1}{2} x &= \sqrt[12]{0,2256} = 0,8833 \\ \arccos \frac{1}{2} x &= 28^\circ \end{aligned}$$

$$x = 56^\circ \text{ из } 180^\circ \text{ или } x = 112^\circ \text{ из } 360^\circ.$$

Динамичность вибропогружателя находим из соотношения:

$$d = \frac{\frac{2048}{462} - \frac{462}{2048}}{\frac{462}{2048}} = \frac{1 - 0,2256}{0,2256} = 3,4326$$

Целью статьи является рассмотрение способа проектирования вибрационных устройств с асимметричными колебаниями, основанного на использовании метода разложения заданной функции изменения величины суммарной вынуждающей силы в ряд Фурье [10,11,12], слагаемые членов которого представляют собой величины вынуждающих сил генерируемых каждой ступенью многоступенчатого вибрационного механизма.

Методы и методы. Методика расчёта вибрационных механизмов достаточно сложна и не определена в явном виде. Разложение некоторых функций в ряд Фурье позволяет получить асимметрию вынуждающей силы [13–15]. Объектом исследования является функция $y = \cos^{12} \frac{x}{2}$, где 12 – число дебалансных валов, т.е. – 6 пар вибрационных валов, при этом, каждая пара, являясь ступенью вибрационного устройства, генерирует элементарную направленную симметричную силу. Действия для реализации поставленной цели выполняются в следующей последовательности. Принятая функция представляется в виде ряда Фурье, устанавливаются величины, определяющие параметры вибрации, выполняется расчёт составляющих сумму ряда Фурье, определяются значения коэффициентов асимметрии частных и суммарной вынуждающей силы.

Основная часть. Используя [15], ряд Фурье при разложении функции $y = \cos^{12} \frac{x}{2}$, представлен в виде:

Задаем развиваемую погружающую силу $F = 10$ кН

Определим необходимую массу разрабатываемой машины

$$m_{min} = \frac{1}{d} \cdot \frac{F}{g}, \quad (2)$$

где d – динамичность машины; g – ускорение силы тяжести, $9,8 \text{ м/с}^2$; F – сила погружающая.

$$m_{min} = \frac{1}{3,4326} \cdot \frac{10000}{9,8} = 300 \text{ кг}$$

Определяем время одного оборота первого дебалансного вала, который вращается с частотой $n=500$ об/мин

$$t = \frac{60}{\omega} = \frac{60}{500} = 0,12 \text{ с},$$

где ω – угловое ускорение.

Определяем долю удара в полном обороте дебалансов

$$\delta_t = \frac{x}{360^\circ} = \frac{112^\circ}{360^\circ} = 0,3111$$

Отсюда определяем время одного удара

$$\tau_{уд} = \delta_t \cdot t = 0,3111 \cdot 0,12 = 0,0373 \text{ с}$$

Определяем скорость погружения сваи

$$S_1 = \frac{gt^2}{2} = 9,81 \cdot \frac{0,0373^2}{2} = 0,007 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3,5 \text{ м/м}$$

Определяем амплитудное значение величины вынуждающей силы вибропогружателя

$$A = F + m_{min} = 10000 + 3000 = 13000 \text{ Н} \\ = 13 \text{ кН}$$

где F – заданная вынуждающая сила; m_{min} – минимальная масса вибропогружателя.

Определяем долю силы удара приходящейся на каждый вал

$$A \cdot \frac{792}{2048} \cdot n_k, \quad (3)$$

где n_k – множитель перед косинусами для каждого вала.

Для первого вала сила составит

$$F_1 = 13 \cdot \frac{792}{2048} \cdot 1 = 5,027$$

Для второго вала сила составит

$$F_2 = 13 \cdot \frac{792}{2048} \cdot 0,625 = 3,14$$

Для третьего вала сила составит

$$F_3 = 13 \cdot \frac{792}{2048} \cdot 0,278 = 1,4$$

Для четвертого вала сила составит

$$F_4 = 13 \cdot \frac{792}{2048} \cdot 0,083 = 0,42$$

Для пятого вала сила составит

$$F_5 = 13 \cdot \frac{792}{2048} \cdot 0,0152 = 0,076$$

Для шестого вала сила составит

$$F_6 = 13 \cdot \frac{792}{2048} \cdot 0,0013 = 0,0075$$

Суммарная сила составляет: $\sum_1^6 F_i = 10,07$ кН. Погрешность составляет 0,7%, которая возникает в результате округлений при вычислениях.

Статический момент массы дебалансов каждой ступени вибрационного устройства с асимметричными колебаниями дебаланса каждого вала составляет

$$m_i \cdot r_i = \frac{F_i}{\omega_i^2} \quad (4)$$

где m_i – масса дебалансов i – той ступени; r_i – радиус смещения центра массы дебаланса i – той ступени; ω_i^2 – угловая скорость дебалансных валов i – той ступени.

Угловая скорость дебалансных валов i – той ступени

$$\omega_i^2 = \frac{\pi \cdot n_i}{30} \quad (5)$$

где n_i – частота вращения дебалансных валов i – той ступени.

По формуле (5) определяем угловую скорость дебалансных валов i – той ступени.

$$\omega_1 \approx 52,3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_2 = 104,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_3 = 157 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_4 = 209,3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_5 = 261,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_6 = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

По формуле (4) определяем статический момент дебалансов каждой ступени

$$m_1 R = \frac{5027}{52,3^2} = 1,838 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$m_2 R = \frac{3140}{104,7^2} = 0,29 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$m_3 R = \frac{1400}{157^2} = 0,057 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$m_4 R = \frac{420}{209^2} = 0,010 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$m_5 R = \frac{76}{262^2} = 0,001 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$m_6 R = \frac{7,5}{314^2} = 0,0008 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

После определения статических моментов дебалансов каждой ступени величину R можно корректировать исходя из конструктивных соображений [16,17,18].

Если в вибрационном устройстве используются две ступени с частотой вращения валов 500 и 1000 об/мин, то график изменения суммарной вынуждающей силы будет иметь асимметрию, равную $k_d = 1,995$, табл. 1, рис. 1. Результаты приведены в безразмерной форме. При необходимости получения результата в единицах размерности необходимо умножить полученные значения на требуемую величину суммарной вынуждающей силы.

Коэффициент асимметрии вынуждающей силы определяется как отношение наибольшего значения в положительной области [17,18,19], в пределах периода, при $\Delta t = 0,000$ с. к модулю наибольшего значения в отрицательной области при $\Delta t = 0,036$ с. и составляет: $k_d = 1,995$.

Аналогичные графики приводим для трёх-, четырёх-, пятиступенчатого вибрационного устройства (1) с асимметричными колебаниями.

Таблица 1

Результаты расчёта суммарной вынуждающей силы вибрационного устройства с асимметричными колебаниями, состоящего из двух ступеней, $i=2$

№ пп	Δt	ω_1	ω_2	F_1	F_2	Сумм. $F_1 + F_2$
1	0	52,3	104,7	0,386719	0,241699	0,628418
2	0,006	52,3	104,7	0,367811	0,195584	0,563395
3	0,012	52,3	104,7	0,312935	0,074836	0,38777
4	0,018	52,3	104,7	0,227457	-0,07447	0,152988
5	0,024	52,3	104,7	0,119737	-0,19536	-0,07562
6	0,03	52,3	104,7	0,000308	-0,2417	-0,24139
7	0,036	52,3	104,7	-0,11915	-0,19581	-0,31496
8	0,042	52,3	104,7	-0,22696	-0,0752	-0,30216
9	0,048	52,3	104,7	-0,31257	0,074103	-0,23847
10	0,054	52,3	104,7	-0,36762	0,195131	-0,17249
11	0,06	52,3	104,7	-0,38672	0,241698	-0,14502
12	0,066	52,3	104,7	-0,368	0,196035	-0,17196
13	0,072	52,3	104,7	-0,3133	0,075567	-0,23773
14	0,078	52,3	104,7	-0,22796	-0,07374	-0,30169
15	0,084	52,3	104,7	-0,12032	-0,1949	-0,31523
16	0,09	52,3	104,7	-0,00092	-0,2417	-0,24262
17	0,096	52,3	104,7	0,118565	-0,19626	-0,0777
18	0,102	52,3	104,7	0,22646	-0,07593	0,150527
19	0,108	52,3	104,7	0,312209	0,07337	0,385579
20	0,114	52,3	104,7	0,367428	0,194676	0,562104
21	0,12	52,3	104,7	0,386717	0,241694	0,628412

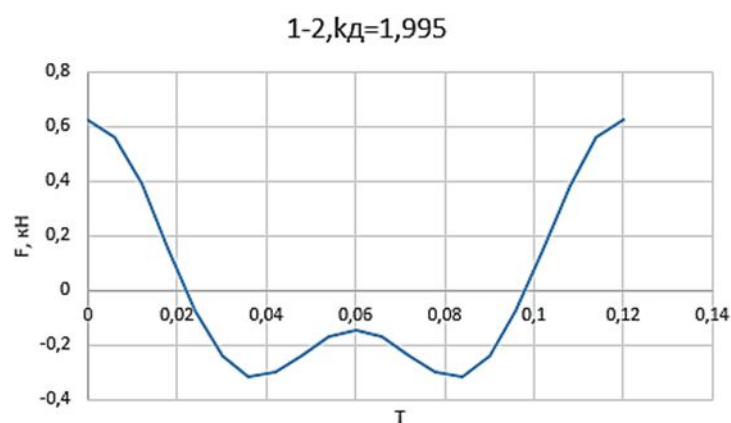
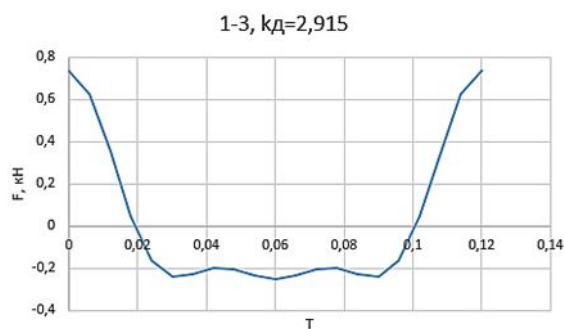
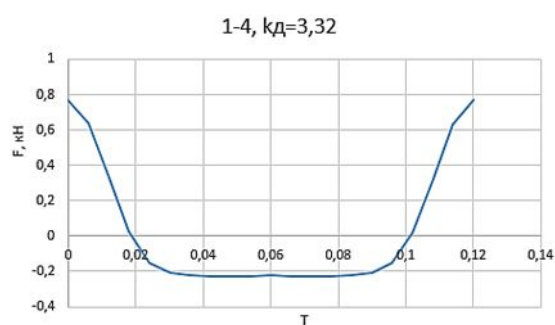


Рис. 1. График изменения величины суммарной вынуждающей силы в пределах одного периода колебаний при использовании двух ступеней в вибрационном устройстве с асимметричными колебаниями



а)



б)

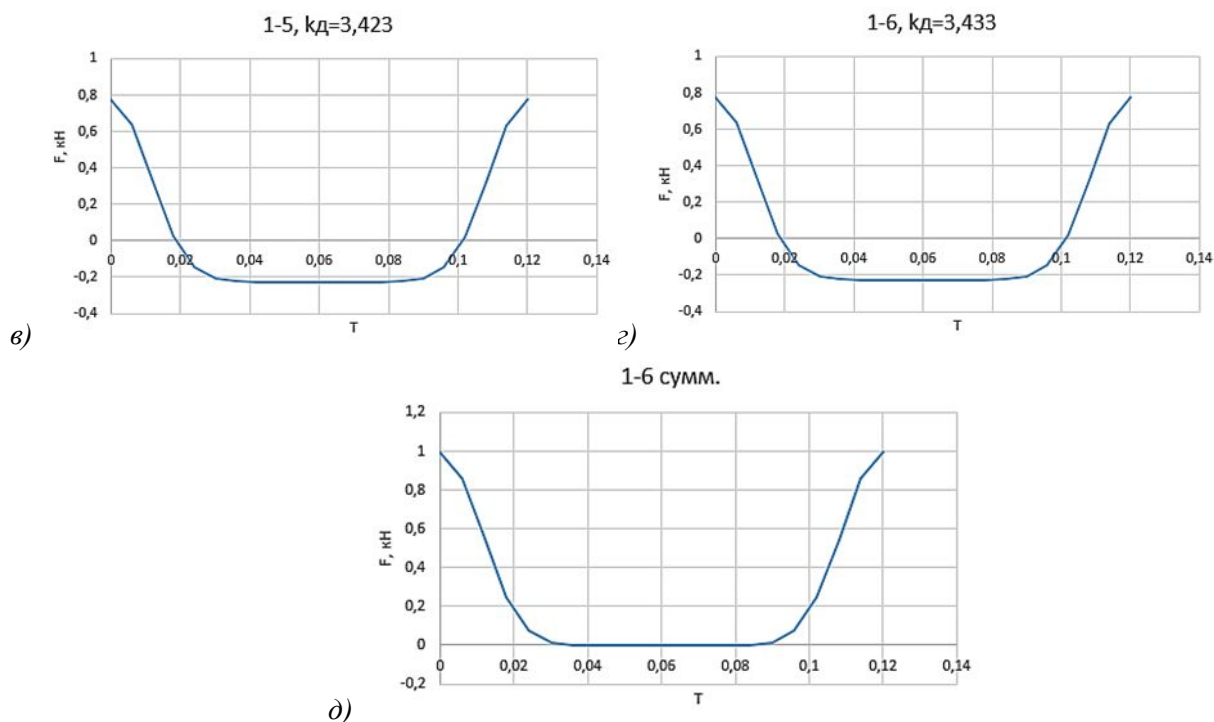


Рис. 2. Графики изменения величины вынуждающей силы многоступенчатого вибрационного устройства с асимметричными колебаниями (1) при числе ступеней: $i=3(a)$; $4(b)$; $5(e)$; $6(z)$; d – график суммарной вынуждающей силы $F = 10$ кН

Выводы. Приведенные численные решения в полной мере подтверждают заявленные в работе [7] положения о методике проектирования вибрационных устройств с асимметричными колебаниями, например, для вибропогружателей свай. Для конкретной функции, моделирующей шести ступенчатое вибрационное устройство с асимметричными колебаниями получена сходимость результатов расчёта максимального коэффициента асимметрии данной функции. В статье приведена методика проектирования и расчёта основных параметров вибропогружателя с асимметричными колебаниями. Показано, как при увеличении числа ступеней изменяется коэффициент асимметрии вынуждающей силы. Полученные и приведенные в статье результаты позволяют принять решение о выборе рационального числа ступеней по коэффициенту асимметрии вынуждающей силы. В данном случае, можно ограничиться тремя ступенями, рис. 2а, так как дальнейшее увеличение числа ступеней не приводит к значительному увеличению коэффициента асимметрии вынуждающей силы, но ведёт к дополнительным затратам на проектирование и изготовление оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Primož O., Janko S., Miha B. Harmonic equivalence of the impulse loads in vibration fatigue // *Journal of Mechanical Engineering*. 2019. Vol. 65. Pp. 631–640. DOI:10.5545/sv-jme.2019.6197

2. Tappeiner Hanns W., Klatzky Roberta L., Unger B., Hollis R. Good vibrations: asymmetric vibrations for directional haptic cues // *World Haptics*. 2009. Vol. 362. Pp. 144–159.

3. Hantaro N. Asymmetric vibrations // *Proc. Imp. Acad.* 1927. No. 1. Vol. 3. Pp. 23–27. doi:10.3792/pia/1195581953.

4. Асташев В.К. О новых направлениях использования явления резонанса в машинах // *Вестник научно-технического развития. Национальная Технологическая Группа*. 2011. №8. С. 10–15.

5. Блехман И.И. Теория вибрационных процессов и устройств. Вибрационная механика и вибрационная техника. СПб.: Издательский дом «Руда и металлы», 2013. 640 с.

6. Kleibl A, Heichel Ch. Vibration Generator. Patent US, no. 7804211, 2009.

7. Пат. 2350806, Российская Федерация, МПК F16H 33/00. Зубчатый инерционный самобалансный механизм / В.Н. Ермоленко, И.В. Насонов, П.Н. Нестеренко; заявитель и патентообладатель В.Н. Ермоленко, И.В. Насонов, П.Н. Нестеренко. № 2007140665; заявл. 01.11.2007; опубл. 27.03.2009, Бюл. №9. 8 с.

8. Пат. 2528715, Российская Федерация, E02D 7/18. Способ направленного инерционного вибровозбуждения и дебалансный вибровозбудитель направленного действия для его осуществления / М.Д. Герасимов, И.К. Исаев, В.А. Степанищев, Д.М. Герасимов; заявитель и патен-

тообладатель ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». № 2013114775; заявл. 02.04.2013; опубл. 20.09.2014, Бюл. №26. 14 с.

9. Герасимов М.Д. Сложение колебаний в вибропогружателях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №3. С. 116–121.

10. Лавандела Э.Э. Вибрации в технике: Справочник. М.: Машиностроение, 1981. Т.4. 509 с.

11. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчёт вибрационных грохотов. М.: Недра. 1986. 144 с.

12. Бауман В.А. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов. Справочник. М.: Машиностроение, 1970. 632 с.

13. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. М.: Мир, 1986. 351 с.

14. Дудкин М.В., Кузнецов П.С. Динамический анализ эллиптического планетарного вибро-возбудителя для дорожных вибрационных катков // Вестник ВКГТУ. 2005. №1. С. 3–7.

15. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М.: Наука, 1981. 550 С.

16. Герасимов М.Д. Способ получения направленных механических колебаний для практического применения в технологических процессах // Строительные и дорожные машины. 2014. №1. С. 35–38.

17. Spendley W., Hext G.R., Himsforth F.R. Sequential application of simplex designs of optimization and evolutionary operation // Technometrics. 1952. No.3. Pp. 441–461.

18. Fidlin A. Nonlinear oscillations in mechanical engineering. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag, 2006. 358 p.

19. Андриевский Б.Р., Гузенко П.Ю., Фрадков А.Л. Управление нелинейными колебаниями механических систем методом скоростного градиента // Автоматика и телемеханика. 1996. №4. С. 4–17.

20. Леонов Г.А., Смирнова В.Б. Математические проблемы теории фазовой синхронизации. СПб.: Наука, 2000. 400 с.

Информация об авторах

Герасимов Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры подъёмно-транспортных и дорожных машин; руководитель учебно-научно-исследовательской лаборатории «Инновационные вибрационные машины и оборудование», E-mail: mail_mihail@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, Костюкова, д. 46.

Любимый Николай Сергеевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры подъёмно-транспортных и дорожных машин. E-mail: nslubim@bk.ru Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, Костюкова, д. 46.

Рязанцев Владислав Геннадиевич, аспирант. E-mail: vladeslav390@gmail.com Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, Костюкова, д. 46.

Поступила 05.04.2020

© Герасимов М.Д., Любимый Н.С., Рязанцев В.Г., 2020

***Gerasimov M.D., Lubimyi N.S., Ryazantsev V.G.**
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova
*E-mail: mail_mihail@mail.ru

METHODOLOGY OF VIBRO LOADER DESIGN WITH ASYMMETRIC OSCILLATIONS

Abstract. *Vibration machines make up a large class of construction and road construction equipment. The improvement of vibration machines is carried out in the direction of improving the vibration device as the main working body of the machine. For a long time, vibrators with circular vibrations are used as vibration devices, the effectiveness of which is not always sufficient when performing special work on immersing piles into and removing them from the soil. The priority area of development and creation of vibration devices for technological processes in the coming years is mechanisms with asymmetric oscillations. Vibration devices with asymmetric oscillations can significantly increase the efficiency of using vibration machines due to the fact that the driving force aimed at performing useful work exceeds the magnitude of the driving force directed at idling several times. However, at present there is no method for determining and calculating the parameters of vibration devices with asymmetric oscillations instead of circular vibrators. The purpose of the article is to consider a method for designing vibrational devices with asymmetric oscillations, based on the method of expanding a given function of changing the value of the total driving force into a Fourier series, the terms of*

which are the values of the driving forces generated by each stage of a multi-stage vibration mechanism. The study is based on classical analytical and numerical methods. The results obtained allows to use the methodology for evaluating the design method of a vibration device with asymmetric vibrations at the design stage and to evaluate the effectiveness of the designed vibration device.

Keywords. unbalanced vibrator, asymmetric vibrations, stages of the vibration mechanism, dynamic coefficient, driving force, Fourier series.

REFERENCES

1. Primož O., Janko S., Miha B. Harmonic equivalence of the impulse loads in vibration fatigue. *Journal of Mechanical Engineering*. 2019. Vol. 65. Pp. 631–640. DOI:10.5545/sv-jme.2019.6197
2. Tappeiner Hanns W., Klatzky Roberta L., Unger B., Hollis R. Good vibrations: asymmetric vibrations for directional haptic cues. *World Haptics*. 2009. Vol. 362. Pp. 144–159.
3. Hantaro N. Asymmetric vibrations. *Proc. Imp. Acad.* 1927. No. 1. Vol. 3. Pp. 23–27. doi:10.3792/pia/1195581953.
4. Astashev V.K. About new directions of using the resonance phenomenon in machines [O novykh napravleniyakh ispol'zovaniya yavleniya rezonansa v mashinakh]. *Bulletin of scientific and technological development. National Technology Group*. 2011. No. 8 (48). Pp. 10–15. (rus)
5. Blekhman I.I. The theory of vibration processes and devices [Teoriya vibratsionnykh processov i ustrojstv]. *Vibration mechanics and vibration technology*. SPb., Publishing House "Ore and Metals". 2013. 640 p. (rus)
6. Kleibl A, Heichel Ch. Vibration Generator. Patent US, no. 7804211, 2009.
7. Ermolenko V.N., Nasonov I.V., Nesterenko P.N. Toothed inertial self-balancing mechanism. Patent RF, no. 2350806, 2009.
8. Gerasimov M.D., Isaev I.K., Stepanishchev V.A., Gerasimov D.M. Method of directional inertial vibration excitation and unbalanced vibration exciter of directional action for its implementation. Patent RF, no. 2528715, 2014.
9. Gerasimov M.D. Addition of vibrations in vibration absorbers [Addition of vibrations in vibration absorbers]. *Bulletin of BSTU. V.G. Shukhov*. 2016. No. 3. Pp. 116–121.
10. Lavandela E.E. Vibration in technology [Vibratsii v tekhnike]. M.: Mechanical Engineering, 1981. Vol. 4. 509 p.
11. Weisberg L.A. Design and calculation of vibrating screens [Proektirovanie i raschyot vibratsionnykh grohotov]. M.: Nedra. 1986. 144 p.
12. Bauman V.A. Vibration machines in the construction and production of building materials [Vibratsionnye mashiny v stroitel'stve i proizvodstve stroitel'nykh materialov]. M.: Engineering, 1970. 632 p.
13. Rekleitis G., Reyvindran A., Ragsdel K. Optimization in technology [Optimizatsiya v tekhnike]. M.: Mir, 1986. 351 p.
14. Dudkin M.V., Kuznetsov P.S. Dynamic analysis of an elliptical planetary vibration exciter for road vibratory rollers [Dinamicheskij analiz ellipticheskogo planetarnogo vibrovzbudatelya dlya dorozhnykh vibratsionnykh katkov]. *Vestnik EKSTU*. 2005. No.1. Pp. 3–7. (rus)
15. Bronstein I.N., Semendyaev K.A. Math reference book for engineers and college students [Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchihsya vuzov]. M.: Nauka, 1981. 550 p.
16. Gerasimov M.D. A method of obtaining directed mechanical vibrations for practical use in technological processes [Sposob polucheniya napravlennykh mekhanicheskikh kolebaniy dlya prakticheskogo primeneniya v tekhnologicheskikh processah]. *Construction and road cars*. 2014. No.1. Pp. 35–38. (rus)
17. Spendley W., Hext G.R., Himsworth F.R. Sequential application of simplex designs of optimization and evolutionary operation. *Technometrics*. 1952. No.3. Pp. 441–461.
18. Fidler A. Nonlinear oscillations in mechanical engineering. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag, 2006. 358 p.
19. Andrievsky B.R., Guzenko P.Yu., Fradkov A.L. Control of nonlinear vibrations of mechanical systems by the speed gradient method [Upravlenie nelinejnymi kolebaniyami mekhanicheskikh sistem metodom skorostnogo gradienta]. *Automation and Remote Control*. 1996. No.4. Pp. 4–17. (rus)
20. Leonov G.A., Smirnova V.B. Mathematical problems of the theory of phase synchronization [Matematicheskie problemy teorii fazovoj sinhronizatsii]. St. Petersburg: Nauka, 2000. 400 p.

Information about the authors

Gerasimov, Mikhail D. PhD, Assistant professor. E-mail: mail_mihail@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, 46.

Lubimyi, Nikolai S. PhD, Senior lecturer. E-mail: nslubim@bk.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, 46.

Ryazantsev, Vladislav G. Postgraduate student. E-mail: vladeslav390@gmail.com Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, 46.

Received 05.04.2020

Для цитирования:

Герасимов М.Д., Любимый Н.С., Рязанцев В.Г. Методика проектирования вибропогружателей с асимметричными колебаниями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 135–142. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-135-142

For citation:

Gerasimov M.D., Lubimyi N.S., Ryazantsev V.G. Methodology of vibro loader design with asymmetric oscillations. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 135–142. DOI:10.34031/2071-7318-2020-5-5-135-142

Научное издание
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 5, 2020 г.

Научно-теоретический журнал

Координатор журнала
Алфимова Наталия Ивановна

Редактор журнала
Агеева Марина Сергеевна

Компьютерная верстка
Яшкина Светлана Юрьевна

Перевод на английский язык
Колесник Оксана Юрьевна

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС 77-26533 от 07.12.2006

Подписано в печать 26.05.2020. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 16,50. Уч.-изд. л. 17,75
Тираж 40 экз. Заказ 70. Цена договорная.
Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 724/4 Гк.
Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».
Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова

