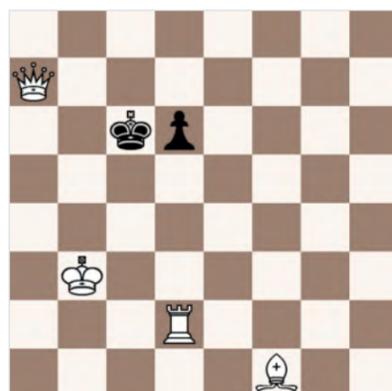


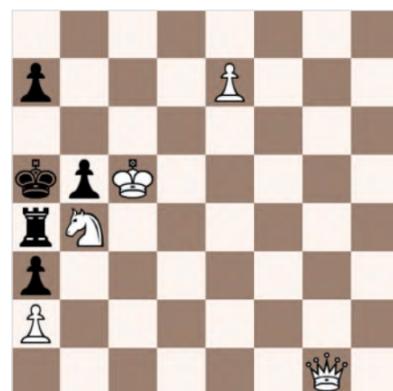
# Шахматные задачи

ISSN 2227-5398

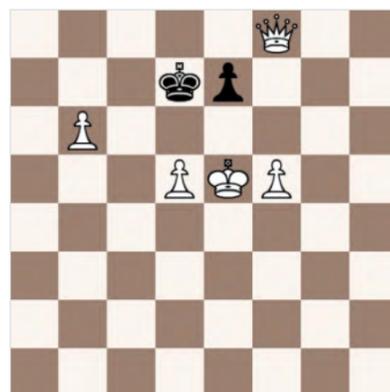
Предлагаем нашим дорогим читателям отвлечься немного от науки и решить шахматные задачи.



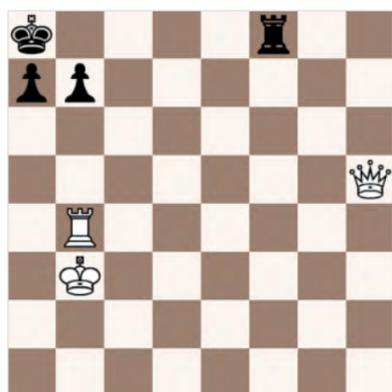
Мат в два хода



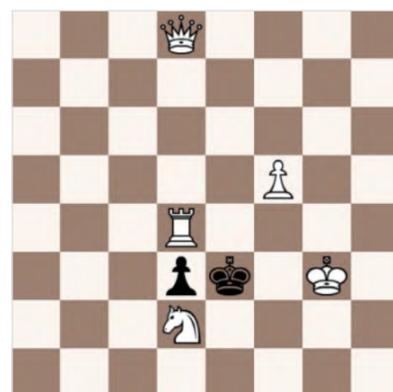
Мат в два хода



Мат в два хода



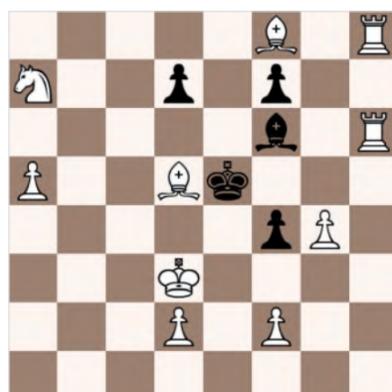
Мат в три хода



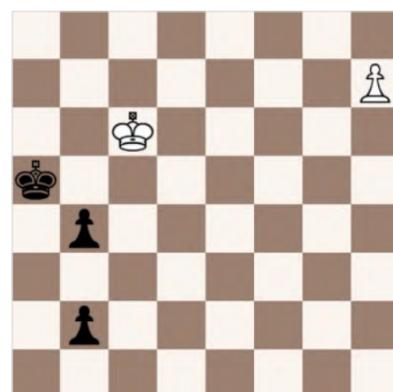
Мат в три хода



Мат в три хода



Мат в четыре хода



Мат в четыре хода

Подписной индекс журнала: 45040  
В объединенном каталоге «Пресса России»  
[www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)  
Подписку также можно оформить в издательстве  
«Институт системных технологий»

+7 (499) 340-02-33  
+7 (916) 340-02-33  
[thesystemtechnologies.com](http://thesystemtechnologies.com)  
[системтех.рф](mailto:системтех.рф)

ISSN 2227-5398



# Системные технологии

научно-практический  
журнал

2 [51]  
2024

# System technologies

scientific-practical  
journal

№2 (51) 2024 Системные технологии

Журнал включен в 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 (ВАК)

Журнал является ежеквартальным научным изданием. В выпусках журнала публикуются научные статьи ученых, аспирантов и соискателей ученых степеней, студентов по актуальным проблемам различных отраслей науки, содержащие результаты собственных исследований авторов. Редакционная коллегия издания сформирована из ведущих российских и зарубежных ученых, представляющих академическое и вузовское сообщество.



[thesystemtechnologies.com](http://thesystemtechnologies.com)  
[системтех.рф](mailto:системтех.рф)

# Системные технологии

научно-практический журнал

---

2 [51] 2024

---

# System technologies

scientific-practical journal

**Адрес редакции:**

367025, респ. Дагестан, г. Махачкала,

пр. Акушинского, д. 21.

«Институт системных технологий»

Телефоны: 8 499 340-02-33; 8 8722 51-61-87

integralferma@gmail.com

**Address of Editorial Office:**

367025, rep. Dagestan, Makhachkala city,

Akushinskogo st, 21.

«Institute of system technologies»

Phone: +7 499 340-02-03; +7 8722 51-61-87

integralferma@gmail.com



web-сайт: системтех.рф

thesystemtechnologies.com

---

Научно-практический журнал  
Издается с 2011 г.  
Выходит 1 экземпляр в квартал  
Подписной индекс 45040

Scientific practical journal  
Published 2011  
Issue every 3 month  
Index 45040

**Журнал «Системные технологии»** является периодическим ежеквартальным научным изданием. В выпусках журнала публикуются научные статьи ученых, аспирантов и соискателей ученых степеней, студентов по актуальным проблемам различных отраслей науки, содержащие результаты собственных исследований авторов. Редакционная коллегия издания сформирована из ведущих российских и зарубежных ученых, представляющих академическое и вузовское сообщество. **Журнал входит в систему РИНЦ, CyberLeninka, ВИНТИ РАН.** Научно-практический журнал «Системные технологии» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ №ФС77-46161 от 12 августа 2011г.

Главный редактор канд. физ.-мат. наук.	А. К. Курбанмагомедов	Editor in Chief Cand. physical -mat. sciences.	A. K. Kurbanmagomedov
Заместитель главного редактора (ответственный за рубрику Строительство) канд. техн. наук, профессор	Г. Э. Окольников	Deputy Editor-in-Chief (responsible for the heading Construction)	G. E. Okolnikova
Заместитель главного редактора (ответственный за рубрику Архитектура) канд. арх., профессор, член-корреспондент РАН	Е. Г. Трибельская	Deputy Editor-in-Chief (responsible for the Architecture heading)	E. G. Tribelskaya

## Редакционная коллегия

Председатель ред.коллегии д-р техн. наук, профессор	<b>А. В. Иванайский</b>	Московский политехнический университет
д-р архитектуры, профессор	<b>Е. Р. Возняк</b>	Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
д-р техн. наук, профессор, чл.-к. РААСН	<b>М. М. Батдалов</b>	Дагестанский государственный технический университет
д-р техн. наук, профессор	<b>Е. М. Морозов</b>	Московский инженерно-физический институт
канд. техн. наук, профессор	<b>Г. Э. Окольников</b>	Российский университет дружбы народов
д-р физ.-мат. наук, профессор	<b>М. К. Гусейханов</b>	Институт системных технологий
д-р физ.-мат. наук, профессор	<b>В. П. Красин</b>	Московский политехнический университет
д-р физ.-мат. наук, профессор	<b>О. Б. Бутусов</b>	Московский политехнический университет
д-р физ.-мат. наук, профессор	<b>Г. С. Жукова</b>	Финансовый университет при Правительстве РФ
д-р архитектуры, профессор	<b>Ю. С. Янковская</b>	Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
д-р физ.-мат. наук	<b>М. Д. Коваленко</b>	Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН
канд. техн. наук, доцент	<b>Р. Т. Бржанов</b>	Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова
д-р физ.-мат. наук, профессор	<b>Е. А. Пушкарь</b>	Московский политехнический университет
канд. техн. наук	<b>С. М. Халаби</b>	Российский университет дружбы народов
д-р техн. наук, профессор	<b>Р. Л. Шаталов</b>	Московский политехнический университет
д-р техн. наук, профессор	<b>В. В. Гурьев</b>	ОАО «Московский научно-исследовательский и проектный институт типологии, экспериментального проектирования»
д-р техн. наук, профессор	<b>И. Н. Тихонов</b>	НИИЖБ им. А.А. Гвоздева
канд. техн. наук, профессор	<b>Н. К. Пономарев</b>	Российский университет дружбы народов
д-р техн. наук, профессор	<b>А. В. Корнилова</b>	Российский университет дружбы народов
д-р техн. наук, профессор	<b>В. Н. Сидоров</b>	Российский университет транспорта (МИИТ)
д-р архитектуры, профессор	<b>Г. Н. Черкасов</b>	Московский архитектурный институт
канд. архитектуры, доцент	<b>О. Л. Банцерова</b>	Московский государственный строительный университет
канд. техн. наук, доцент	<b>Е. В. Орлов</b>	Московский государственный строительный университет
канд. физ.-мат. наук	<b>Т. С. Хачлаев</b>	МИРЭА — Российский технологический университет
д-р техн. наук, доцент	<b>Р. С. Федюк</b>	Дальневосточный федеральный университет

## The editorial Board

The Chairman of Editorial Board Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>A.V. Ivanayskiy</b>	Moscow Polytechnic University
Dr. Architecture, Professor	<b>E. R. Voznyak</b>	Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Dr. Sc. (Eng.), Prof., cor.-m. of RAACS	<b>M. M. Batdalov</b>	Dagestan state technical university
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>E. M. Morozov</b>	Moscow engineering physics Institute
Cand. Sc. (Eng.), Prof.	<b>G. E. Okolnikova</b>	RUDN University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>M. K. Gusevhanov</b>	Institute of system technologies
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>V. P. Krasin</b>	Moscow Polytechnic University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>O. B. Butusov</b>	Moscow Polytechnic University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>G. S. Jukova</b>	Financial University under the Government of the Russian Federation
Dr. Architecture, Professor	<b>Y. S. Yankovskaya</b>	Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Dr. Sc. (Phys.-Math.)	<b>M. D. Kovalenko</b>	Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics RAS
Cand. Sc. (Eng.), assistant professor	<b>R. T. Brzhanov</b>	Yessenov University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>E. A. Pushkar</b>	Moscow Polytechnic University
Cand. Sc. (Eng.)	<b>S. M. Halabi</b>	RUDN University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>R. L. Shatalov</b>	Moscow Polytechnic University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>V. V. Guryev</b>	OJSC «Moscow Research and Design Institute of Typology, Experimental Design»
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>I. N. Tikhonov</b>	NIYZHB them. A.A. Gvozdev
Cand. Sc. (Eng.), Prof.	<b>N. K. Ponomarev</b>	RUDN University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>A.V. Kornilova</b>	RUDN University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>V. N. Sidorov</b>	Russian University of Transport (MIIT)
Dr. Architecture, Professor	<b>G. N. Cherkasov</b>	Moscow Architectural Institute
Cand. Architecture, Associate Professor	<b>O. I. Bantserova</b>	Moscow State University of Civil Engineering
Cand. Tech. Sciences, Associate Professor	<b>E. V. Orlov</b>	Moscow State University of Civil Engineering
Cand. sc. (Phys.-math.)	<b>T. S. Khachlaev</b>	MIREA — Russian Technological University
Dr. Sc. (Eng.), assistant professor	<b>R. S. Fediuk</b>	Far Easten Federal University

## СТРОИТЕЛЬСТВО

<b>А. Е. Евсеев, И. Н. Гарькин, Ф. М. Ахметов</b> Способ получения матрицы жёсткости стержневого конечного элемента для деформационного расчета по дифференциальному уравнению.....	5
<b>Д. Ю. Густов, В. И. Скель</b> Концепция умного склада для строительной отрасли.....	14
<b>В. А. Орлов, О. Г. Примин</b> Анализ причин появления дурнопахнущих газов в водотводящих сетях.....	22
<b>С. К. Ш. Аль-Мамури, Л. Х. Загороднюк, Д. А. Сумской</b> Проблемы теплового комфорта зданий в сухом жарком климате Ирака.....	28
<b>О. М. Преснов, А. Д. Дорошко, Д. В. Зуева, Л. П. Матвеев</b> Перспективные биотехнологии в строительном инжиниринге.....	40
<b>Л. М. Воропай, Д. С. Денисова, О. Б. Кузнецова, Л. И. Соколов</b> Влияние ультразвука на катионный и анионный состав сточных вод.....	49
<b>И. А. Синянский, Д. А. Матвеев, З. У. Джангидзе</b> К вопросу о необходимости модернизации систем водоснабжения и водоотведения Республики Чад.....	57

## АРХИТЕКТУРА

<b>Т. Ф. Жукова, Ву Тиен Тхань</b> Архитектурный тип «деревенские ворота» в народном зодчестве северного Вьетнама.....	62
<b>Д. А. Романов, Ю. А. Урюпина</b> Специфика предметного наполнения велопешеходного маршрута на примере маршрута вдоль петергофской дороги.....	72
<b>Исса Рахаф, Т. Ф. Жукова</b> Архитектурно-градостроительное развитие Дамаска. 1839 – 1946 годы.....	79
<b>Д. О. Лузянин, Н. П. Дубровина, С. В. Семенцов</b> Система градостроительных доминант в застройке Великого Устюга.....	93
<b>К. С. Трофимов, Е. С. Чернова</b> Разработка сценариев использования территории усадьбы Гостилицы.....	105
<b>О. Л. Банцерава, М. И. Иванова</b> К вопросу преобразования многофункциональных общественных комплексов в процессе исторического развития в связи с социально-экономическими изменениями общества.....	113
<b>А. Н. Скрипка, М. В. Золотарева</b> Архитектура минимализма в XXI веке.....	127

<b>Д. А. Хрулёв, Э. Э. Красильникова, С. Б. Данилова</b> Ландшафтный урбанизм: анализ исследований интеграции терапевтических садов в городскую среду.....	134
<b>Е. Н. Образцова, А. В. Пономарев</b> Актуальные принципы пространственно-временной организации в XXI веке.....	146
<b>Ф. С. Зянчурин, О. В. Кефала</b> Формирование исторического центра города Кирова.....	154
<b>О. А. Пастух, В. Н. Елистратов, И. В. Есауленко</b> Архитектурные аспекты и конструктивные решения формирования и устойчивого развития дизайна городской среды.....	162

## МАТЕМАТИКА

<b>Д. А. Власов</b> Математические методы конструирования активных стратегий инвестора.....	171
--	-----



УДК 72.03:728.84

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_5-13

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МАТРИЦЫ ЖЁСТКОСТИ СТЕРЖНЕВОГО КОНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО РАСЧЕТА ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМУ УРАВНЕНИЮ

А. Е. Евсеев \*

И. Н. Гарькин \*\*

Ф. М. Ахметов \*\*\*

\* Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза

\*\* Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), г. Пенза

\*\*\* Набережночелнинский институт Казанского федерального университета, г. Набережные Челны

### Аннотация

В работе изложена идея построения матрицы жёсткости с использованием дифференциального уравнения равновесия в перемещениях. Приведен пример построения матрицы жесткости стержня, работающего на изгиб. Достоверность полученных результатов подтверждена, сравнением полученных результатов с матрицей реакций, полученной из общих уравнений строительной механики.

### Ключевые слова

Метод конечных элементов, матрица жесткости, деформационный расчет, строительная механика.

### Дата поступления в редакцию

18.04.2024

### Дата принятия к печати

25.04.2024

Одним из наиболее мощных методов расчёта конструкций и сооружений является метод конечных элементов (МКЭ), приводящий континуальную систему к дискретной. Он обладает значительной универсальностью и алгоритмичностью в сравнении с другими численными методами и зарекомендовал себя как достаточно надёжный аппарат для расчёта сложных элементов конструкций и сооружений на статические и динамические воздействия в линейной и нелинейной постановках. Как известно, реализация МКЭ требует предварительного построения матриц жёсткости конечных элементов (КЭ), на которые разбивается рассматриваемая конструкция [1 – 3].

В настоящей работе предлагается единый подход к построению матриц жёсткости упругих стержневых конечных элементов для деформационного расчёта конструкций, связанных с упругим основанием, находящихся под воздействием статических или динамических нагрузок с учётом сил внутреннего трения. При этом рассматривается точный способ построения матриц, основанный на

использовании дифференциального уравнения равновесия в перемещениях. Данная работа является обобщением и распространением идей, изложенных авторами в статьях [4, 5].

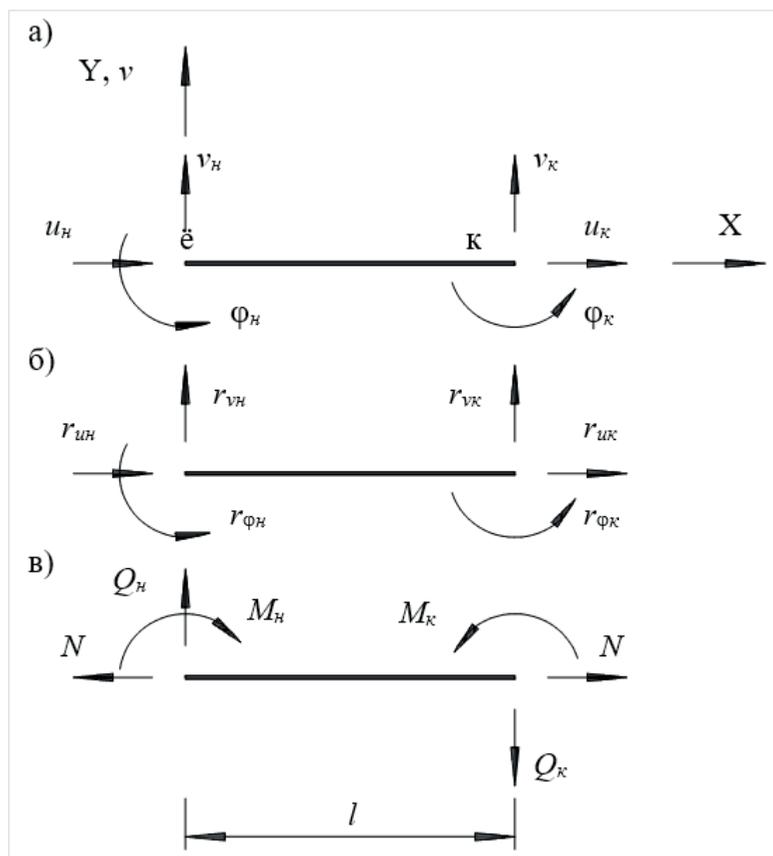
В настоящей работе рассматриваются прямолинейные стержни постоянного сечения, выполненные из линейно-упругого материала. Матрицы жёсткости строятся в местной (локальной) системе координат, связанной со стержнем, **рис. 1**. Конец стержня, расположенный в начале этой системы координат, обозначим «н», а другой «к».

Как известно, МЖ стержня состоит из двух частей, одна из которых отражает продольные реакции стержня, а другая изгибные. Эти части могут быть получены независимо друг от друга. Переход от локальной к глобальной системе координат может осуществляться общепринятым способом [6, 7].

Введём обозначения:

- $l$  — длина стержня;
- $b$  — ширина стержня;
- $m$  — погонная масса стержня;
- $E$  — модуль упругости стержня;
- $J$  — момент инерции стержня;
- $F$  — площадь поперечного сечения стержня;

и правила знаков, используемые в дальнейшем. На **рис. 1** изображён стержень в местной системе координат и указаны положительные направления перемещений (**рис. 1.а**), реакций (**рис. 1.б**) его концов и внутренних усилий (**рис. 1.в**).



**Рис. 1.** Положительные направления перемещений (а), внутренних усилий (в) и реакций концов стержня (б)

Идею построения матриц жёсткости стержня с использованием дифференциального уравнения равновесия в перемещениях предложил Н. Н. Шапошников. Продemonстрируем её на примере стержня, работающего на изгиб. Дифференциальное уравнение изгиба такого стержня при узловой нагрузке имеет вид:

$$\frac{d^4 v}{dx^4} = 0, \quad (1)$$

где  $v = v(x)$  — прогиб стержня.

Решение уравнения (1) найдём, решив соответствующее характеристическое уравнение и определив его корни. Корни характеристического уравнения равны нулю. Тогда общее решение уравнения (1) имеет вид:

$$v = a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot x^2 + a_4 \cdot x^3 = \vec{H}^T \cdot \vec{a}, \quad (2)$$

где  $\vec{H}^T = [1 \ x \ x^2 \ x^3]$  — вектор линейно-независимых решений уравнения (1),  $\vec{a}^T = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4]$  — вектор произвольных постоянных.

Запишем выражение (2) и производные от него в матричной форме

$$\begin{bmatrix} v \\ v' \\ v'' \\ v''' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \\ 0 & 1 & 2 \cdot x & 3 \cdot x^2 \\ 0 & 0 & 2 & 6 \cdot x \\ 0 & 0 & 0 & 6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix}.$$

Перемещения конечных сечений стержня будем характеризовать вектором

$$\vec{z} = [v_H \ \varphi_H \ v_K \ \varphi_K]^T. \quad (3)$$

Двойственным к вектору (3) будет вектор реакций концов стержня

$$\vec{r} = [r_{vH} \ r_{\varphi H} \ r_{vK} \ r_{\varphi K}]^T. \quad (4)$$

Подставим координаты начала ( $x=0$ ) и конца ( $x=l$ ) стержня в выражение (2) и в первую производную от него

$$\vec{z} = \begin{bmatrix} v_H \\ \varphi_H \\ v_K \\ \varphi_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & l & l^2 & l^3 \\ 0 & 1 & 2 \cdot l & 3 \cdot l^2 \end{bmatrix} \cdot \vec{a} \quad (5)$$

или

$$\vec{z} = L \cdot \vec{a}. \quad (6)$$

Отсюда

$$\vec{a} = L^{-1} \cdot \vec{z}. \quad (7)$$

Используя известные дифференциальные зависимости внутренних усилий от перемещений

$$M = E \cdot J \cdot \frac{d^2 v}{dx^2}; \quad Q = E \cdot J \cdot \frac{d^3 v}{dx^3}, \quad (8)$$

запишем

$$\begin{bmatrix} Q \\ M \end{bmatrix} = E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 2 & 6 \cdot x \end{bmatrix} \cdot \vec{a}. \quad (9)$$

Подставляя в (9) координаты начала ( $x=0$ ) и конца ( $x=l$ ) стержня, получим значения поперечных сил и моментов в этих сечениях. Компоненты вектора  $\vec{r}$  (4) можно выразить через эти усилия

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} r_{вн} \\ r_{фн} \\ r_{вк} \\ r_{фк} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_n \\ -M_n \\ -Q_k \\ M_k \end{bmatrix} = E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -6 \\ 0 & 0 & 2 & 6 \cdot l \end{bmatrix} \cdot \vec{a} \quad (10)$$

или

$$\vec{r} = L_1 \cdot \vec{a}. \quad (11)$$

Подставим (7) в (11)

$$\vec{r} = L_1 \cdot L^{-1} \cdot \vec{z} = r \cdot \vec{z}, \quad (12)$$

где  $r = L_1 \cdot L^{-1}$  —

$$(13)$$

изгибная матрица жёсткости стержня, записанная в местной системе координат.

Проведем вычисление изгибной матрицы жёсткости стержня.

Из (5) и (6) матрица  $L$  имеет вид

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & l & l^2 & l^3 \\ 0 & 1 & 2 \cdot l & 3 \cdot l^2 \end{bmatrix},$$

обернув которую получим

$$L^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{-3}{l^2} & \frac{-2}{l} & \frac{3}{l^2} & \frac{-1}{l} \\ \frac{2}{l^3} & \frac{1}{l^2} & \frac{-2}{l^3} & \frac{1}{l^2} \end{bmatrix}.$$

Из (10) и (11) имеем матрицу

$$L_1 = E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -6 \\ 0 & 0 & 2 & 6 \cdot l \end{bmatrix}.$$

Тогда в соответствии с (11)–(13) получим

$$r = L_1 \cdot L^{-1} =$$

$$= E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -6 \\ 0 & 0 & 2 & 6 \cdot l \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{3}{l^2} & -\frac{2}{l} & \frac{3}{l^2} & -\frac{1}{l} \\ \frac{2}{l^3} & \frac{1}{l^2} & -\frac{2}{l^3} & \frac{1}{l^2} \end{bmatrix} =$$

$$= E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} \frac{12}{l^3} & \frac{6}{l^2} & -\frac{12}{l^3} & \frac{6}{l^2} \\ \frac{6}{l^2} & \frac{4}{l} & -\frac{6}{l^2} & \frac{2}{l} \\ -\frac{12}{l^3} & -\frac{6}{l^2} & \frac{12}{l^3} & -\frac{6}{l^2} \\ \frac{6}{l^2} & \frac{2}{l} & -\frac{6}{l^2} & \frac{4}{l} \end{bmatrix}$$

Полученная матрица реакций полностью совпадает с той, которая получена из общих уравнений строительной механики [5, 6]. Этот факт подтверждает достоверность полученных результатов.

В работах было показано что обращение матриц в «символьном виде» не является целесообразным в данного рода задачах. Менее затратным с точки зрения быстродействия и использования памяти авторами считается использование вычислительных возможностей ЭВМ. В связи с этим авторами было предложено получать матрицу жёсткости деформирующегося стержня численным методом. При этом матрица  $L$  оборачивается численно с получением матрицы  $L^{-1}$ . Затем матрицы  $L^{-1}$  непосредственно умножается на матрицу  $L_1$  слева. Таким образом вычисляется матрица жесткости стержня, позволяющая вести его деформационный расчет [7, 8].

Научную новизну проделанной работы составляет единая методика получения матриц жёсткости стержневых систем, основанная на использовании дифференциального уравнения равновесия в перемещениях.

Полученные точные матрицы жёсткости могут быть использованы, с одной стороны, для деформационного расчёта стержневых систем и, с другой, для оценки точности приближённых матриц реакций, предлагаемых в литературе для отдельных частных случаев работы стержня и основанных на приближённом представлении изогнутой оси элемента (поля перемещений) [9–11].

Изложенная методика построения матрицы жёсткости может быть использована для более сложных случаев напряжённо-деформированного состояния стержня, таких как:

#### 1) сжато-изогнутый стержень

$$\frac{d^4 v}{dx^4} + n^2 \cdot \frac{d^2 v}{dx^2} = 0, \text{ где } n = \sqrt{\frac{|N|}{E \cdot J}}. \quad (14)$$

Вектор решений имеет вид:

$$\vec{H} = [1 \quad x \quad \cos(nx) \quad \sin(nx)]^T; \quad (15)$$

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & n \\ 1 & l & \cos(n \cdot l) & \sin(n \cdot l) \\ 0 & 1 & -n \cdot \sin(n \cdot l) & n \cdot \cos(n \cdot l) \end{bmatrix};$$

$$L_1 = E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} 0 & n^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n^2 & 0 \\ 0 & -n^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -n^2 \cdot \cos(n \cdot l) & -n^2 \cdot \sin(n \cdot l) \end{bmatrix}.$$

2) *растянуто-изогнутый стержень*

$$\frac{d^4 v}{dx^4} - n^2 \cdot \frac{d^2 v}{dx^2} = 0, \text{ где } n = \sqrt{\frac{|N|}{E \cdot J}}. \quad (16)$$

С вектором решений

$$\vec{H} = [1 \quad x \quad e^{n \cdot x} \quad e^{-n \cdot x}]^T; \quad (17)$$

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & n & -n \\ 1 & l & e^{n \cdot l} & e^{-n \cdot l} \\ 0 & 1 & n \cdot e^{n \cdot l} & -n \cdot e^{-n \cdot l} \end{bmatrix};$$

$$L_1 = E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} 0 & -n^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -n^2 & -n^2 \\ 0 & n^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n^2 \cdot e^{n \cdot l} & n^2 \cdot e^{-n \cdot l} \end{bmatrix}.$$

3) *стержень на упругом основании*

$$\frac{d^4 v}{dx^4} + 4 \cdot n^4 \cdot v = 0, \text{ где } n = \sqrt[4]{\frac{k \cdot b}{4 \cdot E \cdot J}}. \quad (18)$$

Вектор решений имеет вид:

$$\vec{H} = [e^{n \cdot x} \cdot \cos(n \cdot x) \quad e^{n \cdot x} \cdot \sin(n \cdot x) \quad e^{-n \cdot x} \cdot \cos(n \cdot x) \quad e^{-n \cdot x} \cdot \sin(n \cdot x)]^T; \quad (19)$$

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ n & n & -n \\ e^{n \cdot l} \cdot \cos(n \cdot l) & e^{n \cdot l} \cdot \sin(n \cdot l) & e^{-n \cdot l} \cdot \cos(n \cdot l) \\ n \cdot e^{n \cdot l} \cdot \begin{pmatrix} \cos(n \cdot l) - \\ -\sin(n \cdot l) \end{pmatrix} & n \cdot e^{n \cdot l} \cdot \begin{pmatrix} \cos(n \cdot l) + \\ +\sin(n \cdot l) \end{pmatrix} & n \cdot e^{-n \cdot l} \cdot \begin{pmatrix} \cos(n \cdot l) + \\ +\sin(n \cdot l) \end{pmatrix} \\ 0 & n & e^{-n \cdot l} \cdot \sin(n \cdot l) \\ n \cdot e^{-n \cdot l} \cdot (\cos(n \cdot l) - \sin(n \cdot l)) \end{bmatrix};$$

$$L_1 = E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} -2 \cdot n^3 & 2 \cdot n^3 \\ 0 & -2 \cdot n^2 \\ 2 \cdot n^3 \cdot e^{n \cdot l} \cdot \begin{pmatrix} \cos(n \cdot l) + \\ +\sin(n \cdot l) \end{pmatrix} & 2 \cdot n^3 \cdot e^{n \cdot l} \cdot \begin{pmatrix} \sin(n \cdot l) - \\ -\cos(n \cdot l) \end{pmatrix} \\ -2 \cdot n^2 \cdot e^{n \cdot l} \cdot \sin(n \cdot l) & 2 \cdot n^2 \cdot e^{n \cdot l} \cdot \cos(n \cdot l) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2 \cdot n^3 & 2 \cdot n^3 \\ 0 & 2 \cdot n^2 \\ 2 \cdot n^3 \cdot e^{-n \cdot l} \cdot \begin{pmatrix} \sin(n \cdot l) - \\ -\cos(n \cdot l) \end{pmatrix} & -2 \cdot n^3 \cdot e^{-n \cdot l} \cdot \begin{pmatrix} \cos(n \cdot l) + \\ +\sin(n \cdot l) \end{pmatrix} \\ 2 \cdot n^2 \cdot e^{-n \cdot l} \cdot \sin(n \cdot l) & -2 \cdot n^2 \cdot e^{-n \cdot l} \cdot \cos(n \cdot l) \end{bmatrix}.$$

#### 4) гармонические колебания стержня

$$\frac{d^4 v}{dx^4} - n^4 \cdot v = 0, \text{ где } n = \sqrt[4]{\frac{m \cdot \Theta^2}{E \cdot J}}. \quad (20)$$

С вектором решений

$$\vec{H} = [e^{nx} \quad e^{-nx} \quad \cos(nx) \quad \sin(nx)]^T; \quad (21)$$

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ n & -n & 0 & n \\ e^{n \cdot l} & e^{-n \cdot l} & \cos(n \cdot l) & \sin(n \cdot l) \\ n \cdot e^{n \cdot l} & -n \cdot e^{-n \cdot l} & -n \cdot \sin(n \cdot l) & n \cdot \cos(n \cdot l) \end{bmatrix};$$

$$I_1 = E \cdot J \cdot \begin{bmatrix} n^3 & -n^3 & 0 & -n^3 \\ -n^2 & -n^2 & n^2 & 0 \\ -n^3 \cdot e^{n \cdot l} & n^3 \cdot e^{-n \cdot l} & -n^3 \cdot \sin(n \cdot l) & n^3 \cdot \cos(n \cdot l) \\ n^2 \cdot e^{n \cdot l} & n^2 \cdot e^{-n \cdot l} & -n^2 \cdot \cos(n \cdot l) & -n^2 \cdot \sin(n \cdot l) \end{bmatrix}.$$

Таким образом в результате проделанной работы была разработана единая методика построения матриц жёсткости для плоских стержневых систем с использованием дифференциального уравнения равновесия в перемещениях. Построенные матрицы позволяют осуществить деформационный расчёт этих систем при статических или динамических воздействиях с учётом влияния упругого основания и сил внутреннего трения. Кроме того, осуществлена проверка этой методики путём сравнения получаемых матриц жёсткости с известными точными решениями классического метода перемещений и показана её работоспособность вплоть до нулевых значений параметров гармонических колебаний ( $\Theta$ ) и внутренней продольной силы ( $N$ ).

В дальнейшем авторами предполагается распространить предлагаемую методику на построение матриц жёсткости для тонких трех- и четырехугольных различно опертых по краям пластинок, связанных с упругим основанием, при статических или гармонических воздействиях при совмещении МКЭ с решением в тригонометрических рядах.

#### Библиографический список

1. Евсеев А. Е., Евсеев И. А., Гарькин И. Н. Колебания систем с одной степенью свободы: графическое представление действительных и комплексных корней характеристических уравнений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2023. № 1 (43). С. 56–61.

2. Евсеев А. Е., Евсеев И. А. Машин В. М. Построение матрицы жёсткости сжато-изогнутого стержня по дифференциальному уравнению [Электронный ресурс] // Моделирование и механи-

ка конструкций. 2022. №15. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no15/stroitel'naya-mehanika/15.05/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no15/stroitel'naya-mehanika/15.05/at_download/file).

3. Ундалов А. М., Ключев С. В., Ключев А. В., Сабитов Л. С., Гарькин И. Н. Экспериментальные исследования радиально-балочного купола с мембранной кровлей // Системные технологии. 2023. № 3 (48). С. 79–86.

4. Евсеев А. Е., Евсеев И. А., Машин В. М. Построение матрицы жёсткости растянуто-изогнутого стержня по дифференциальному уравнению [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2022. № 16. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no16/stroitel'naya-mehanika/16.07/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no16/stroitel'naya-mehanika/16.07/at_download/file).

5. Андреев В. И., Языев Б. М., Чепурненко А. С., Литвинов С. В. Расчет трехслойной полой оболочки с учетом ползучести среднего слоя // Вестник МГСУ. — 2015. — № 7. — С. 17–24.

6. Баламирзоев А. Г., Муртузов М. М., Селимханов Д. Н., Дибирова З. Г., Абдуллаев А. Р. Нелинейные поперечные колебания составных стержней при действии статически приложенной поперечной нагрузки // Строительные материалы и изделия. 2021. Т. 4. № 2. С. 29–37

7. Скачков Ю. П., Данилов А. М., Гарькина И. А. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач // Региональная архитектура и строительство. — 2011. — № 1. — С. 4–9.

8. Кузин Н. Я., Багдоев С. Г. Оценка внешних факторов на несущую способность конструкций гражданских зданий // Региональная архитектура и строительство. 2012. №2. С. 79–82.

9. Лызина А. Г. Средовые условия восприятия православных храмов и комплексов // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. № 4 (45). С. 87–93.

10. Чепурненко В. С., Хаишхожев К. Н., Языев С. Б., Аваков А. А. Совершенствование расчёта гибких трубобетонных колонн с учётом обжатия в плоскостях сечений // Строительные материалы и изделия. 2021. Т. 4. № 3. С. 41–53.

11. Снегирева А. И., Мурашкин В. Г. К вопросу обследования строительных конструкций, зданий и сооружений // Эксперт: теория и практика. 2021. № 6 (15). С. 45–51.

---

## METHOD FOR OBTAINING THE STRIFFNESS MATRIX OF A ROD FINITE ELEMENT FOR DEFORMATION CALCULATION BY DIFFERENTIAL EQUATION

A. E. Evseev\*

I. N. Garkin\*\*

F. M. Akhmetov\*\*\*

\* Penza State University of Architecture and Construction, Penza

\*\* Moscow State University of Technology and Management named after. K. G. Razumovsky (First Cossack University), Penza

\*\*\* Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny

**Abstract**

The paper presents the idea of constructing a stiffness matrix using the differential equation of equilibrium in displacements. An example of constructing a stiffness matrix for a bending rod is given. The reliability of the results obtained is confirmed by comparing the results obtained with the reaction matrix obtained from the general equations of structural mechanics.

**The Keywords**

*Finite element method, stiffness matrix, deformation calculation, structural mechanic.*

**Date of receipt in edition**

18.04.2024

**Date of acceptance for printing**

25.04.2024

**Ссылка для цитирования:**

А. Е. Евсеев, И. Н. Гарькин, Ф. М. Ахметов. Способ получения матрицы жёсткости стержневого конечного элемента для деформационного расчета по дифференциальному уравнению. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 5–13.





УДК 69:658.78

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_14-21

---

## КОНЦЕПЦИЯ УМНОГО СКЛАДА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Д. Ю. Густов  
В. И. Скуль

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва

---

### Аннотация

Рассматриваются технологии умного склада такие как WMS, RFID, искусственный интеллект, интернет вещей, автоматизация и роботизация и другие. Приводятся отрасли, в которых уже есть примеры функционирования технологий умного склада. Из анализа опубликованных материалов можно сделать вывод, что в строительной отрасли имеются существенные особенности у складываемого товара, которые замедляют или ограничивают возможность применения существующих новых складских технологий. Для их успешного внедрения требуются новые подходы в организации складов строительных материалов, изделий, конструкций и средств механизации; также необходима экономическая оценка внедрения технологий умного склада в условиях конкретного строительного предприятия.

### Ключевые слова

*Умный склад, строительная отрасль, искусственный интеллект, интернет вещей, складские процессы.*

### Дата поступления в редакцию

23.04.2024

### Дата принятия к печати

30.04.2024

---

С древнейших времен люди стали применять склады для хранения, в первую очередь, продуктов, а также других необходимых вещей. С развитием торговли и производства склады также стали развиваться как по величине, так и по характеру складываемых товаров [1, 2]. Складское хозяйство применяется во всех отраслях экономики, но разного масштаба и уровня. В настоящее время складское хозяйство в большинстве случаев является многофункциональным предприятием, основные процессы которого включают в себя приемку товара (продукции, материалов), хранение, учет и контроль движения товара и отпуск товара со склада (*рис. 1*) [3, 4].



Рис. 1. Умный склад — комплекс технологий, который позволяет оптимально и максимально эффективно для себя решать задачи складского предприятия [3]

С появлением и широким практическим применением информационных технологий, роботов и интернета вещей, а также других элементов искусственного интеллекта (ИИ) стало развиваться многосторонняя автоматизация и интеллектуализация складского хозяйства разных отраслей материальной деятельности человека. Естественным развитием складских технологий стал переход к технологии «умного склада» [5]. Большую роль в этом сыграло появления автоматизированной системы управления складом WMS, которая была разработана еще в конце 1970-х - начале 1980-х годов. К этой системе нужно также добавить технологию автоматической идентификации объектов RFID на основе радиочастотных меток для считывания информации, которая начала развиваться в середине 1990-х годов. Эти элементы сейчас присутствуют практически во всех передовых складских организациях.

Системы управления складом WMS позволяют организовать такое управление складскими процессами, при котором в реальном времени происходит автоматизация и оптимизация процессов приемки, размещения, хранения, обработки и отгрузки товаров на складах разного типа; WMS система управляет работой складской техники и персонала, контролирует перемещение грузов и погрузочной техники по территории склада, оперативно планирует задания персоналу с учетом текущей обстановки, включая ожидание поступления товара и доставки заказанного товара потребителю (рис. 2) [3, 6].



Рис. 2. Функции системы управления складом

Технология автоматической идентификации объектов RFID позволяет при поступлении товара на склад сразу прикреплять радиочастотную метку; тогда с помощью считывателей товар определяется по своему местоположению, что облегчает его поиск; с помощью этих меток RFID также позволяет контролировать передвижение транспорта и персонала и проводить инвентаризацию без остановки работы склада (рис. 3) [1].



Рис. 3. Схема радиочастотной идентификации [7]

Некоторое представление о свойствах системы RFID в сравнении со свойствами применяемой на складах системы штрих-кодов дают данные *таблицы 1* [8].

Таблица 1

**Сравнительные данные систем RFID и штрих-кодов**

Характеристика технологии	RFID	Штрих-код QR-код
Срок жизни метки	Высокий (свыше 10 лет)	Средний / низкий (зависит от материала и способа нанесения)
Устойчивость к механическому, температурному, влажностному и химическому воздействию	Повышенная	Средняя / низкая (зависит от материала исполнения метки)
Объём памяти	Существенный	Незначительный
Возможность перезаписи / корректуры данных	Возможно	Невозможно
Возможность распознавания метки, находящейся вне прямого видения	Возможно (даже скрытых меток)	Невозможно
Идентификация движущихся объектов	Возможна	Затруднена
Дальность распознавания метки, м	До 100	До 4
Одновременная идентификация нескольких объектов	Возможна (до 200 меток в секунду)	Возможна (только для специальных средств)
Безопасность и защита от подделки	Средняя	Низкая

Сейчас уже существует множество систем, которые позволяют создать устойчивую инфраструктуру (вычислительную, инженерную и другую) складского хозяйства как основу «умного склада» [3].

Можно сказать, что «умный склад» уже практикуют в производственной сфере, торговле, транспорте, здравоохранении и логистике и эти сферы будут только увеличиваться. Большое количество публикаций и предложений по этой теме характеризуют ее актуальность [3–7, 9, 10].

Так чем же хорош «умный склад» или как его еще называют «интеллектуальный склад»?

По интернет-источникам внедрение передовых складских технологий в реальный сектор экономики можно отметить некоторые достоинства «умного склада»:

**1. Автоматическое управление складом:** умные склады используют технологии, такие как RFID и IoT, для автоматического управления складскими операциями, включая приемку, хранение, сортировку и отгрузку товаров.

**2. Оптимизация пространства:** умные склады позволяют эффективно использовать пространство как по площади, так и по высоте, что обусловлено возможностью автоматически определять, какие товары находятся на складе, и оптимизировать их размещение.

**3. Улучшение безопасности:** умные склады также обеспечивают более высокий уровень безопасности, так как они могут отслеживать движение товаров и предотвращать кражи.

**4. Улучшение логистики:** умные склады помогают улучшить логистические процессы, так как они могут быстро и точно обрабатывать заказы, сокращая время доставки и улучшая обслуживание клиентов.

**5. Анализ данных:** умные склады собирают и анализируют данные о складских операциях, что позволяет компаниям принимать более обоснованные решения по оптимизации складских операций и предотвращения нештатных или проблемных ситуаций [5].

Умный склад представляет собой предприятие, в котором автоматизированы все составляющие его деятельности. «Умная начинка» склада включает в себя много элементов [9].

Умный склад должен обладать **гибкостью**, позволяющей своевременно реагировать на изменчивость запросов потребителей по всем составляющим складских операций, включая временное хранение; позволяющей координировать свои действия со смежниками, например, логистическими компаниями и поставщиками; гибкость в обеспечении работы грамотным персоналом не только в установившемся режиме работы, но и в часы пик, и при этом соблюдать необходимый минимум персонала; гибкость в выборе экономически выгодного программного обеспечения, совместимого с платформами смежников и пользоваться им как услугой.

Умный склад должен обладать свойством **масштабируемости**, то есть иметь возможность реагировать на резкое увеличение притока товара: принять, обработать, выпустить.

Умный склад должен обладать таким программным обеспечением, которое может обеспечить **прозрачность данных**, чтобы клиенты и администрация склада имели обновленные и достоверные данные в реальном времени; своевременная и подлинная информация дает возможность реагировать на возникающие проблемы до того, как ситуация выйдет из под контроля.

Таким образом, умный склад состоит из многих взаимосвязанных технологий для достижения оптимальной работы склада [9].

Кроме упомянутых выше WMS и RFID систем умный склад использует ИИ для повышения производительности и минимизации ошибок, в частности, связанных с человеческим фактором; ИИ позволяет выбирать наилучшие варианты в конкретных условиях деятельности склада конкретного профиля. Например, выбрать оптимальный маршрут комплектации заказа клиента, выбрать требуемый товар, упаковать его в требуемую тару экономичным способом и так далее. Причем, все эти и другие работы выполняют соответствующие роботы.

Также умный склад не может обойтись без **интернета вещей (IoT)**. На основании многих публикаций, например, [10, 11], можно выделить следующие положительные позиции технологии IoT в работе умных складов: автоматизация процессов (IoT позволяет автоматизировать процессы управления запасами, инвентаризации, контроля температуры и влажности окружающей среды, отслеживание движения товаров); улучшение безопасности (IoT повышает безопасность на складах, предотвращая хищения, благодаря контролю доступа к складским помещениям, а также предупреждение персонала о возможном нарушении техники безопасности); оптимизация использования пространства (IoT позволяет более эффективно использовать пространство умного склада за счет оптимизации размещения товаров и оборудования); уменьшение затрат (IoT снижает затраты на логистику, сокращает время на обработку заказов, уменьшает количество ошибок, включая человеческий фактор, и финансовые потери); улучшение управления цепочками поставок (IoT помогает улучшить координацию между смежниками за счет более быстрой и точной передачи информации); повышение качества обслуживания клиентов (IoT способствует более быстрому и точному выполнению заказов); IoT позволяет выполнять анализ большого объема данных для принятия более обоснованных решений по управлению складом.

Интернет вещей выполняет свои функции, объединяя в единую систему различные интеллектуальные устройства, умные датчики, маяки, роботы и гоботы, дроны, и так далее. Внедрение IoT может столкнуться с трудностями совмещения разных платформ программного обеспечения; устойчивости к кибератакам; стабильного и длительного бесперебойного электроснабжения [11].

Большинство реальных примеров внедрения умных складов касаются не строительной отрасли, а других отраслей экономической деятельности человека. А что происходит в строительной отрасли, имеющей много отличий от других отраслей?

В строительной отрасли существует множество различных производственных предприятий. Например, такие как: строительные компании, которые занимаются непосредственно строительством зданий и сооружений; проектные компании, которые разрабатывают проекты зданий и сооружений; компании по производству строительных материалов (производство бетона, кирпича, стекла и других материалов); монтажные компании, которые осуществляют монтаж различных строительных конструкций; электромонтажные компании, занимающиеся прокладкой электрических сетей на строительных объектах; кровельные компании, специализирующиеся на устройстве кровель различных типов; сантехнические компании, обеспечивающие установку и обслуживание систем вентиляции, отопления, водоснабжения и канализации; отделочные компании, выполняющие работы по внутренней и внешней отделке зданий; ландшафтные компании, занимающиеся созданием и обслуживанием зеленых зон и ландшафтных объектов; и другие.

Все перечисленные предприятия имеют особенности по тому товару, с которым им приходится иметь дело, и к которому в той или иной степени необходимо применять складские операции.

Например, проектные организации обычно имеют относительно небольшие склады сменного и измерительного оборудования, оргтехники, офисной мебели и расходных материалов в виде офисных принадлежностей; проектной документации, чертежей и планов зданий и сооружений; образцов строительных материалов и изделий; библиотеки стандартов и другой нормативной литературы; архива законченных работ и так далее.

На складах компаний строительного профиля могут храниться строительные материалы в виде кирпича, бетона, инертных материалов, сухих смесей и так далее; строительных изделий и конструкций в виде бетонных блоков, деревянных балок, металлоконструкции и другое; строительная техника и оборудование такие, как строительные машины, механическое оборудование, средства малой механизации; запасные части и комплектующие строительной техники и оборудования; строительные инструменты

и приспособления; расходные строительные материалы; спецодежда и средства индивидуальной защиты; хозяйственные товары и офисные принадлежности.

На складах компаний по производству строительных материалов должно быть сырье для производства строительных материалов, например, песок, щебень, цемент, известь, керамзит и другое; готовая продукция в виде кирпича, бетонных блоков, сухих строительных смесей и так далее; запасные части и комплектующие строительных машин и оборудования; документация на продукцию; спецодежда и средства индивидуальной защиты; хозяйственные товары и офисные принадлежности.

Даже такое не полное перечисление показывает некоторые, иногда существенные, особенности складского товара строительного профиля: большие габариты и масса и связанные с ними сложности транспортирования; отсутствие упаковки, например, для некоторых инертных материалов (*рис. 4*); необходимость хранения товара как в помещении при определенных параметрах внешней среды (температура, влажность, ультрафиолетовый свет), так и под открытым небом; хрупкость некоторых товаров (стекло, застекленные оконные блоки, керамическая плитка и тому подобное); и другое. Кроме того, некоторые виды товара, например, снегоуборочная техника, являются сезонными. Таким образом, к умным складам строительного профиля необходимо разрабатывать оригинальные технологии хранения специфического товара, которые не исключали бы уже накопленный опыт в других отраслях. То есть, все интеллектуальные системы, перечисленные выше, в той или иной степени касаются и умных складов строительной отрасли. Возможно следует создавать умные склады отдельно по категориям товара. Например, отдельно для строительной техники открытые и закрытые площадки (*рис. 5* и *рис. 6*); отдельно запасные части и комплектующие строительных машин и оборудования; отдельно склад офисной мебели и так далее.



*Рис. 4.* Пример склада инертных материалов



*Рис. 5.* Открытый склад строительной техники



*Рис. 6.* Крытый склад строительной техники

Очень большая часть информации об умных складах во многом имеет теоретические разработки, а не практическое применение; исключения составляют в большинстве своем торговые умные склады потребительской, пищевой и медицинской отраслей. Отдельные элементы умных складов уже внедряются во многих отраслях. В строительной отрасли используют некоторые интеллектуальные технологии, например, на складах инертных материалов предприятий строительных материалов, изделий и конструкций применяют технологию промышленного интернета.

На рынке есть предложения по проектированию и сооружению складов строительных материалов (древесины, металлического проката), изделий и конструкций. Однако эти предложения не предусматривают возможность модернизации склада в будущем в «умный склад», или хотя бы возможность внедрения каких-то элементов ИИ.

Также можно отметить, что нет экономических оценок целесообразности применения технологий умного склада в зависимости от объема основного производства, времени окупаемости первоначальных немалых инвестиций в умный склад, профиля основного производства.

### **Выводы**

Применение технологий умного склада в строительной отрасли находится пока на стадии обдумывания и планирования и требует непосредственного внедрения.

Для успешного применения технологий умного склада в строительной отрасли скорее всего нужны новые подходы в организации складского хозяйства, так как товар этой отрасли часто имеет свои существенные отличия от товара других отраслей.

Необходимо разработать методику экономического обоснования целесообразности применения технологий умного склада для конкретного предприятия строительной отрасли.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Библиографический список**

1. Логистика складирования: учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-26 02 05 «Логистика» / М. Ж. Банзекуливахо, О. С. Гулягина. — Новополюцк: ПГУ, 2015. — 268 с.
2. Дыбская В. В. Управление складированием в цепях поставок. — М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2009. — 720 с.
3. Чем умные склады отличаются от простой автоматизации. URL: [https://www.cnews.ru/articles/2019-04-24\\_sovremennyj\\_sklad\\_sklad\\_s\\_intellektom](https://www.cnews.ru/articles/2019-04-24_sovremennyj_sklad_sklad_s_intellektom)
4. A literature review of smart warehouse operations management. URL: <https://www.researchgate.net/publication/357848906>
5. What is Smart Warehouse Management System? Features, Components, Best Practices and Primary Benefits of Having a Smart Warehousing Technology in 2024. URL: <https://wareiq.com/resources/blogs/smart-warehouse-management-system/>
6. What is a warehouse management system (WMS)? URL: <https://www.sap.com/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html>
7. Что такое RFID-технология и как она работает? URL: <https://www.all-impex.ru/reviews/rfid-tekhnologiya-sistema-radiochastotnoy-identifikatsii/>

8. Лахири, Сандип. RFID. Руководство по внедрению: практическое руководство от опытного ИТ-архитектора в области RFID: научитесь оценивать, планировать и развертывать RFID-системы / Сандип Лахири; [пер. с англ.: Казаков А.]. — Москва: КУДИЦ-ПРЕСС, 2007. — 298 с.: ил., табл.; 24 см.; ISBN 5-91136-025-X

9. What Are Smart Warehouses? URL: <https://www.alliedbuildings.com/smart-warehousing/>

10. IoT in warehouse management: solutions and use cases. URL: <https://www.cogniteq.com/blog/iot-warehouse-management-solutions-and-use-cases>

## SMART WAREHOUSE AND CONSTRUCTION INDUSTRY

**D. Yu. Gustov**  
**V. I. Skel**

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow

### Abstract

Smart warehouse technologies such as WMS, RFID, artificial intelligence, Internet of things, automation and robotization and others are considered. Industries are given in which there are already examples of the functioning of smart warehouse technologies. From the analysis of published materials, we can conclude that in the construction industry there are significant features of stored goods that slow down or limit the possibility of using existing new warehouse technologies. For their successful implementation, new approaches are required in organizing warehouses for building materials, products, structures and mechanization; An economic assessment of the implementation of smart warehouse technologies in the conditions of a specific construction enterprise is also necessary.

### The Keywords

*Smart warehouse, construction industry, artificial intelligence, Internet of things, warehouse processes.*

### Date of receipt in edition

23.04.2024

### Date of acceptance for printing

30.04.2024

### Ссылка для цитирования:

Д. Ю. Густов, В. И. Скель. Концепция умного склада для строительной отрасли. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 14–21.



УДК 628.2

doi: 10.48612/dnitii/2024\_50\_22-27

---

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЯВЛЕНИЯ ДУРНОПАХНУЩИХ ГАЗОВ В ВОДОТВОДЯЩИХ СЕТЯХ

**В. А. Орлов**  
**О. Г. Примин**

Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), г. Москва

---

### **Аннотация**

Городские сточные воды являются источником газообразования в канализационных коллекторах и появления дурнопахнущих газов (ДПВ), к числу которых относятся сероводород, метан, аммиак, меркаптаны и другие химические вещества. Локализуясь в зоне населенных мест, газовые выбросы снижают качество воздушной среды и, в зависимости от интенсивности и масштабов распространения, могут вызывать жалобы людей, создавая реальную угрозу здоровью населения. Предотвращение подобных ситуаций является актуальной задачей городских эксплуатационных служб, проектировщиков и строителей, от деятельности которых зависит эффективная и надежная работа систем водоотведения. Проблема удаления запаха и агрессивных газов в подсводном пространстве самотечных трубопроводов особенно остро проявляется в канализационных коллекторах глубокого заложения. Приведен анализ причин появления дурнопахнущих газов в водоотводящих сетях и их состав. Показано, что основной причиной аварий и разрушения коллекторов, что подтверждается практикой их эксплуатации, является агрессивная газовая среда. Это и приводит к серьезным дефектам в подсводном пространстве и нарушению нормального отведения сточных вод.

### **Ключевые слова**

*Водоотведение, трубопровод, коллектор, газообразование, запахи, причины, состав, коррозия.*

### **Дата поступления в редакцию**

27.05.2024

### **Дата принятия к печати**

05.06.2024

---

При проектировании безнапорных водоотводящих сетей основное внимание уделяется гидравлическим показателям, обеспечивающим беспрепятственное движение сточной воды с соответствующими скоростями ее течения. Однако городские сточные воды являются источником образования дурнопахнущих газов, к числу которых относятся метан ( $\text{CH}_4$ ), сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ), углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), аммиак ( $\text{NH}_3$ ) и многих других, учет которых и предупреждение появления/нейтрализации являются задачей проектировщиков и обслуживающего сети предприятия. Наличие в подсводном пространстве коллекторов водоотводящей сети токсичных газов приводит к газовой и биокоррозии, наличие которой влечет за собой угрозу обрушения стенок коллекторов и взрыва газа, а также опасность для здоровья людей [1, 2].

Сточные воды представляют собой неустойчивую многокомпонентную систему, способную к загниванию. Органические вещества сточных вод при разложении превращаются в летучие соединения, обладающие неприятным и сильным запахом, и являются причиной газообразования. В *табл. 1* приведены наименования химических соединений, которые обладают специфическим запахом и входят в состав сточных вод в незначительных количествах [3, 4].

Таблица 1

**Примеры летучих соединений, присутствующих в сточных водах и обладающих неприятным запахом**

Вещество	Соединение	Формула
Соединения серы	Сероводород	$H_2S$
	Метилмеркаптан	$CH_3SH$
	Этилмеркаптан	$C_2H_5SH$
	Аллил меркаптан	$C_3H_6S$
	Бензилмеркаптан	$C_6H_5CH_2SH$
	Диметилсульфид	$CH_3SCH_3$
Азотистые соединения	Диметилдисульфид	$CH_3SCH_3$
	Аммиак	$NH_3$
	Метиламин	$CH_3NH_2$
	Этиламин	$C_2H_5NH_2$
	Диметиламин	$(CH_3)_2NH$
Хлорированные соединения	Пиридин	$C_5H_5N$
	Хлор	$Cl_2$
	Хлорфенол	$C_6H_4ClNO_3$
	Четыреххлористый углерод	$CCl_4$
Другие органические соединения	Уксусная кислота	$CH_3COOH$
	Масляная кислота	$CH_3(CH_2)_2COOH$
	Формальдегид	$HCHO$
	Фенол	$C_6H_5OH$
	Ацетон	$C_3H_6O$

Ниже рассмотрены условия образования некоторых газов в хозяйственно-бытовых сточных водах и их воздействие на человека и на элементы системы канализации [5 – 8].

**Сероводород ( $H_2S$ ).** В результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий на внутренней поверхности трубопроводов водоотводящей сети в биопленке образуется сероводород. Сброс неочищенных сточных вод промышленных предприятий, содержащих сульфиды, также приводит к образованию сероводорода в коллекторах. Сероводород является большой опасностью не только для самой системы канализации, но и для обслуживающего персонала. Он является основным патогенным агентом среди других газов и приводит к газовой и биокоррозии железобетонных коллекторов канализации.

**Соединения серы (S).** Встречающиеся в системах отведения и обработки сточных вод меркаптан, метилсульфид относятся к соединениям серы и веществам с интенсивным запахом [9].

**Метан ( $CH_4$ ).** Образование метана в системе канализации приводит к экологической опасности и взрывам газа в канализационных коллекторах.

**Соединения азота и углеводородные соединения.** К основным органическим веществам, встречающимся в сточных водах, относятся протеины (белки). При разложении протеинов происходит гидролитическое дезаминирование и от аминокислот отделяется аммоний. При значении  $pH > 7$  возникает аммиак  $NH_4^+$  [10, 11].

Летучесть перечисленных выше соединений соотносится следующим образом: метилмеркаптан : сероводород : аммиак : летучие жирные кислоты = 650000 : 54000 : 100 : 1.

Значения ПДК и пороги обнаружения запаха некоторых ДПВ приведены в *табл. 2* [12].

Для оценки и анализа газообразования и запахов проводят исследования на источнике их образования, которые включают: отбор и ольфактометрический анализ проб запахов; расчет выбросов запаха, их рассеивание, определение реального уровня воздействия запаха [13, 14]. В канализационных коллекторах глубокого заложения проблема удаления газообразования особенно остро проявляется в подсводном пространстве самотечных трубопроводов *рис. 1* [15, 16].

*Таблица 2*

**Значения ПДК и пороги обнаружения запаха некоторых ДПВ**

Летучие вещества	ПДК, мкг/м <sup>3</sup>		Порог запаха, мкг/м <sup>3</sup>
	Рабочая зона	Селитебная зона	
Сероводород	10000	8	14
Аммиак	20000	200	32000
Метилмеркаптан	800	0,05	0,4
Диметилсульфид	50000	80	2,5
Пропионовая кислота	2000	15	61000
Масляная кислота	10000	10	400



*Рис. 1.* Проявление последствий газовой коррозии железобетонного водоотводящего коллектора

Технология защиты при реконструкции эксплуатируемых водоотводящих коллекторов от газообразования эффективна при монтаже внутри существующего коллектора оболочки (сегментов) из полимербетонных блоков, соединяющихся между собой на специальном клеевом составе. Затем проводится забутовка (заполнение) межтрубного пространства высокотекучим раствором (*рис. 2*). Это практикуется на коллекторах Московской канализации [17].



Рис. 2. Коллектор к Люберецким очистным сооружениям г. Москвы после реконструкции

На интенсификацию процесса газообразования в водоотводящих коллекторах в виде выделения сероводорода и других дурнопахнущих газов влияют участки с заиленными лотками канализационных коллекторов, перепады конструкций, что приводит к увеличению турбулентности потока [18, 19] и т. д. Выбросы газа происходят на всем протяжении водоотводящих сетей через люки колодцев, а также могут мигрировать через ливнеспуски, бетонные крышки шахт и т. д.

#### Выводы

1. На основе обработки литературных источников и практики эксплуатации систем и сооружений водоотведения установлено, что появление запахов в атмосферном воздухе связано с наличием отложений и прохождением интенсивных анаэробных процессов.
2. Поступление запаха в окружающую среду происходит, как правило, через люки колодцев водоотводящих сетей, с открытых поверхностей очистных сооружений, а также при авариях на водоотводящих трубопроводах.
3. Мониторинг запаха целесообразно осуществлять в местах, где они образуются в результате технологических процессов: на насосных станциях, в смотровых колодцах, шахтах и очистных сооружениях.

#### Библиографический список

1. МДК 3-01.2001 Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов [Электронный ресурс] // ИС «Техэксперт: Интранет». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200019782/> (дата обращения 01.04.2024).

2. Орлов В. А., Саймуллин А. В., Мельник О. В. Изучение процесса появления дурнопахнущих запахов в канализационных сетях и анализ средств их удаления // Вестник МГСУ. 2020, № 3. С. 409–431. DOI: 10/22227/1997-0935.2020.3.409-431.
3. Орлов В. А., Королева Е. А., Мельник О. В. Образование и нейтрализация запахов в водоотводящих сетях как важнейших артериях жизнеобеспечения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ». 2020. № 4 (34). С. 84–89.
4. Kamil Pochwat. Description of Emissions and of Technical Abatement Measures / Kamil Pochwat, Małgorzata Kida, Sabina Ziembowicz, Piotr Koszelnik // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3298/6/8/89/htm> (дата обращения 01.04.2024).
5. Odours in Wastewater Treatment Measurement, Modelling and Control. Edited by Richard Stuetz, School of Water Sciences, Cranfield University, UK And Franz-Bernd Frechen, Department of Sanitary and Environmental Engineering, University of Kassel, Germany 2001 IWA Publishing. Printed by TJ International (Ltd), Padstow, Cornwall, UK.
6. Залётова Н. А., Касперович В. Ю. Современные направления очистки высококонцентрированных сточных вод // Системные технологии. 2021. № 1 (38). С. 44–49.
7. Залётова Н. А., Морозова Н. В., Булычев И. О. Изменение во времени приоритетов в технологиях очистки городских сточных вод // Системные технологии. 2018. № 2 (27). С. 89–94.
8. Ружицкая О. А., Жолобова А. В., Липатов В. С. Анализ современных технологий глубокой очистки сточных вод с целью внедрения на городские очистные сооружения // Системные технологии. 2023. № 1 (46). С. 112–119.
9. Пронин А. А. Удаление неприятных запахов канализационных насосных станций / А. А. Пронин, С. А. Мошкина, Ю. П. Киреев // [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.com/130852161-Udalenie-nepriyatnyh-zapahov-kanalizacionnyh-nasosnyh-stanciy.html> (дата обращения 01.04.2024).
10. ИТС 10-2015 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. М.: Бюро НДТ, 2015. 377 с.
11. Сухова А. А. Разработка многослойного полимерно-текстильного материала для средств индивидуальной защиты от поражающих факторов химической и тепловой природы: дис. канд. хим. наук: 05.19.01 / Сухова А. А. Казань, 2017. 146 с.
12. Храменков С. В., Пахомов А. Н., Данилович Д. А. и др. / Методы предотвращения распространения неприятных запахов от сооружений канализации // Водоснабжение и санитарная техника, 2011. № 11. С. 29–35.
13. EN 13725 «Качество воздуха—Определение концентраций запахов с помощью динамической ольфактометрии».
14. ГОСТ 32673-2014. Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу.
15. Васильев В. М., Морозов Г. В., Жуков С. В. Проблемы эксплуатации сетей канализации и пути их решения // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 7. С. 44–50.

16. Wells, T. Modelling concrete deterioration in sewers using theory and field observations / T. Wells, R. E. Melchers // Cement and Concrete Research. — 2015. — № 77. — Pp. 82 – 96.

17. Примин О. Г., Громов Г. Н. Надежность и экологическая безопасность водонесущих трубопроводов // E3S Web of Conferences 263, 04002 FORM-2021. 2021 Volume 419, pp. 123 – 130.

18. Witherspoon, Jay. Collection System Ventilation Research Report / J. Witherspoon, D. Apgar, M. Ward. 2009. 123 p.

19. Foster, A. Air flow in sewers approach to design sewers for both air and water / A. Foster, Jr. McMasters // OWEA 2012 — Collection Systems Specialty Conference. — Columbus, Ohio, USA. 2012. May, 10.

---

## ANALYSIS OF THE CAUSES OF THE APPEARANCE OF FOUL-SMELLING GASES IN DRAINAGE NETWORKS

V. A. Orlov  
O. G. Primin

Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN), Moscow

---

### Abstract

Urban wastewater is a source of gas formation in sewers and the appearance of foul-smelling gases, which include hydrogen sulfide, methane, ammonia, mercaptans and other chemicals. Being localized in the area of populated areas, gas emissions reduce the quality of the air environment and, depending on the intensity and scale of distribution, can cause complaints from people, creating a real threat to public health. Preventing such situations is an urgent task for urban maintenance services, designers and builders, on whose activities the effective and reliable operation of wastewater disposal systems depends. The problem of removing odors and aggressive gases in the subsurface space of gravity pipelines is especially acute in deep-laid sewers.

The analysis of the causes of the appearance of foul-smelling gases in drainage networks and their composition is given. It is shown that the main cause of accidents and destruction of collectors, which is confirmed by the practice of their operation, is an aggressive gas environment. This leads to serious defects in the subsurface space and disruption of the normal discharge of wastewater.

---

### The Keywords

*Drainage, pipeline, collector, gas formation, odors, causes, composition, corrosion.*

### Date of receipt in edition

27.05.2024

### Date of acceptance for printing

05.06.2024

### Ссылка для цитирования:

V. A. Орлов, О. Г. Примин. Анализ причин появления дурнопахнущих газов в водотводящих сетях. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 22 – 27.



УДК 691.555

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_28-39

---

## ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТА ЗДАНИЙ В СУХОМ ЖАРКОМ КЛИМАТЕ ИРАКА

С. К. Ш. Аль-Мамури \*

Л. Х. Загороднюк \*\*

Д. А. Сумской \*\*

\* Университет Кербелы, Ирак

\*\* Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород

---

### Аннотация

Исследования показывают, что количество тепла, передаваемое от стен и потолков зданий, расположенных в условиях сухого пустынного климата стран Ближнего Востока, составляет около 60–70 %, а остальная часть поступает через оконные и дверные проемы, поэтому теплопотери со стен и потолков представляют собой наибольшую часть, подлежащую утилизации через кондиционирование воздуха. Вследствие этого, теплоизоляция имеет большое значение для уменьшения утечки тепла в здание снижая потребление электроэнергии, используемой для его охлаждения, поскольку получение необходимого количества электроэнергии — одна из важнейших проблем, от которых страдают жители этих стран. Проблема энергопотребления в различных сферах жизнедеятельности, особенно в строительной отрасли, на долю которой приходится основная часть этого расхода, стала серьезной, затрагивающей все страны мира. Исследование направлено на установление важности теплоизоляции в зданиях, построенных в условиях пустынного климата, и ее роли в снижении потребления электроэнергии для целей кондиционирования воздуха с позиции теплоизоляции и ее преимуществ, а также в дополнение к необходимым архитектурным решениям, обеспечивающим экономию энергии.

Результаты исследования показали, что теплоизоляционные материалы играют значительную роль в жилых объектах, расположенных в сухом пустынном климате, так как положительно влияют на снижение потребления энергии. Исследование является попыткой дать проектировщику четкое представление о возможности использования теплоизоляции и архитектурных решения в жарких условиях для снижения энергопотребления, необходимого для охлаждения внутренней части здания и сооружения.

### Ключевые слова

*Тепловой комфорт, передача тепла, снижение энергопотребления.*

### Дата поступления в редакцию

27.05.2024

### Дата принятия к печати

05.06.2024

---

### Введение

Мы живем в эпоху возрастающего спроса на энергию, когда основные источники производства энергии заканчиваются. Вопрос потребления энергии в различных сферах жизни стал одной из важ-

нейших потребностей времени и фундаментальной проблемой, которая волнует все страны мира, особенно в странах Ближнего Востока, в частности в Ираке, где наблюдается значительный рост объемов потребления, особенно в летний сезон, что компенсируется неспособностью удовлетворить потребности населения в энергии из-за условий войны, которую пережил Ирак, и ее последствий для инфраструктуры энергетического сектора.

### Основная часть

Энергия является одним из основных компонентов цивилизованного общества, и помимо острой потребности в ней, в ведении повседневной жизни она необходима. Техническое и промышленное развитие в мире сопровождается увеличением спроса на энергию, при этом повышается ее стоимость. В современных условиях стала возникать проблема сокращения основных источников энергии, особенно нефти, что привело к нарастанию тенденций, призывающих к рационализации энергопотребления. Реальность потребления энергии в иракских зданиях указывает на то, что большая часть энергии потребляется для целей охлаждения, что связано с характером климата Ирака, который отличается большим диапазоном жарких месяцев, так как Ирак расположен между 29–37 градусами северной широты, что включает часть региона Ближнего Востока (рис. 1).



Рис. 1. Расположение Ирака по широте

Климат Ирака классифицируется как жаркий сухой летом и холодный влажный зимой, кроме того, происходят изменения во внешней среде в целом, связанные с глобальным потеплением планеты. Известно, что при механическом охлаждении, спрос на которое постоянно возрастает, расходуется значительное количество энергии. Так в Ираке расход электроэнергии на кондиционирование воздуха достигает до 50–70% всей потребляемой электроэнергии населения. В последние годы значительно увеличились нормы энергопотребления для создания теплового комфорта в помещениях жилых и гражданских зданий в связи с особенностями климата Ближнего Востока. Климат Ирака требует проектирования жилых зданий с учетом создания внутреннего теплового комфорта, необходимо, чтобы

ограждающие конструкции выполняли функции терморегулирования и обеспечивали требуемую теплоизоляцию внутренней среды от внешней в зависимости от изменяющихся наружных факторов.

При этом жилые и гражданские здания должны создавать постоянные здоровые и комфортные условия для жизнедеятельности человека. Обеспечивая высокие теплотехнические показатели ограждающим конструкциям требуется учитывать расход энергии по его охлаждению. Здание должно обладать термическим комфортом и с наименьшим энергопотреблением [1–5]. В основном здания поглощают тепловую энергию вследствие конвекции и излучений из окружающей среды [6, 7], ее интенсивность будет зависеть от различных параметров, характеризующих строительный объект: площадь крыш и наружных стен, теплотехнические характеристики материалов: теплоемкости, теплопроводности и плотности; толщины и конфигурации конструкции и др. [8, 9]. При проектировании зданий и сооружений конструкторы применяют строительные материалы с оптимальными характеристиками, обеспечивающими необходимую плотность и прочность. Целесообразно использовать строительные материалы с высокой пористостью, которую можно обеспечить различными технологическими методами, в частности использования композиционных вяжущих, легких заполнителей, эффективных наполнителей, которые гарантируют получение требуемых теплотехнических свойств при необходимых механических показателях [10–14]. При необходимости для улучшения теплотехнических характеристик зданий и сооружений возможно использовать различные комбинации по теплозащите, применяя органические и неорганические материалы и их модификации [7, 15–17].

По существующим в странах Ближнего Востока техническим требованиям рекомендуется при проектировании жилых и гражданских зданий увеличивать высоту потолков, использовать изоляционные строительные материалы. Согласно экспериментальным наблюдениям, высота здания оказывает прямое влияние на температуру воздуха в помещении [18, 19]. Этот закон физики особенно полезен в условиях жаркого климата, например, в Ираке, где бывает длительное жаркое время года. Другими словами, этот принцип защищает жильцов здания от жары. Кроме того, размер и высота окон являются еще одним фактором, влияющим на вентиляцию и тепловой комфорт в помещении. Ранее были изучены различные аспекты условий отдыха человека [8, 20–22], так как высокие потолки создают больше вертикальных температурных перепадов, что положительно сказывается на создании теплового комфорта летом, особенно в сухом жарком климате. Высокие потолки эффективно обеспечивают условия естественной вентиляции [23] и не требуют значительных затрат энергии [24]. Таким образом, здание обладает высоким уровнем комфорта только благодаря естественной вентиляции, без какой-либо системы кондиционирования, при этом дизайн помещений с высокими потолками может обеспечить значительную экономию энергии. Однако, нельзя игнорировать эффективные разработки в области строительных технологий по использованию эффективных теплоизоляционных материалов, обеспечивающих высокий тепловой комфорт во внутренних помещениях зданий и сооружений.

Одной из основных проблем в современном мире является глобальное потепление планеты, а также сокращение природных ресурсов [25]. Кроме того, в связи с развитием промышленных объектов и увеличением промышленных возрастают объемы выбросов углекислого газа [26]. Установлено, что во многих развитых странах занимаясь трудовой деятельностью, люди проводят в помещениях до 90 % времени, что требует создания комфортных условий в производственных зданиях [27]. Другими словами, современный мир сталкивается с серьезными энергетическими проблемами, требующими обеспечения комфортных условий в жилых, гражданских и промышленных зданиях и сооружениях. Для создания комфортных условий пребывания человека в жилых и производственных условиях важную роль выполняет исходный проект запроектированного здания, принятые конструктивные

решения и используемые строительные материалы, обеспечивающие требуемые теплозащитные и комфортные тепловые условия [28, 29]. При проектировании зданий необходимо обеспечить пониженное энергопотребление строительного объекта при максимальном комфорте.

Проблема исследования была поставлена в связи с увеличением потребления энергии, необходимой для охлаждения традиционных зданий в Ираке, в результате определенной реакции ограждающих конструкций на изменение климата. Поскольку конструкция традиционных зданий уменьшала их взаимодействие с внешней средой, это увеличивало возможности механического вмешательства для их охлаждения. С целью усиления реакции ограждающих конструкций на изменение климата в исследованиях была затронута концепция совершенствования материалов ограждающих конструкций, которая определяется в исследованиях элементов здания, которые выполняет функцию ограждения их внутренних помещений, что дает возможность самоадаптации. Исследование предполагало решение исследовательской задачи, заключающейся в возможности улучшения тепловых характеристик зданий в Ираке за счет разработки теплоизоляционных отделочных материалов и их применения для наружных стен и потолков, тем самым улучшая тепловые характеристики здания в летнее время сезона, что свидетельствует о значительном повышении эффективности охлаждения [30].

Развитые страны зависят от наличия и применения различных источников энергии во всех аспектах жизни. Большинство потребляемых в настоящее время источников составляют сырые нефтепродукты. К настоящему времени сложилось следующее соотношение источников энергии: нефть 40,2%, уголь 22,8%, газ 19,1%, жизненно важные энергоносители 6,1%, гидростанции 4,4%, атомная энергия, электростанции 7,3%.

Технический прогресс сделал возможным вопрос обеспечения надлежащей среды в зданиях, особенно после появления механических методов охлаждения, которые широко использовались проектировщиками при проектировании жилых и гражданских зданий. Сектор гражданских зданий составляет значительный процент от общего потребления, особенно в жилом секторе. Так в Ираке, где около 48% от общего объема энергии, производимой в целом, что является высоким процентом по сравнению с остальными и распределенными по другим секторам, таким как промышленность (29%), сельское хозяйство (4%), коммерческие (6%) и правительственные здания (13%) [31]. Ограниченные источники энергии, используемые сегодня требуют, чтобы здание могло реагировать и адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям [32]. Это требует использования природной энергии и материалов с наименьшим возможным ущербом, что известно, как экологическая ориентация при проектировании зданий, поскольку эти здания в значительной степени зависят от систем самокондиционирования, которые позволяют эффективно дополнять системы эксплуатации здания в соответствии с местным климатом, балансируя энергию и материалы и находить более эффективные решения [33].

Управление солнечным излучением через само здание с точки зрения энергосбережения обеспечивает наименьшие потери энергии при сохранении стабильности требуемой внутренней среды [34].

Зная климат Ирака, становится ясно, что три месяца представляют холодный период: декабрь, январь и февраль. Что касается месяцев: март, апрель, октябрь и ноябрь, то они представляют собой умеренный период, а пять месяцев относятся к жаркому периоду: май, июнь, июль, август и сентябрь. Это требует особого внимания на расход энергии вследствие большого числа жарких месяцев по сравнению с холодными и, следовательно, увеличения холодильных нагрузок в зданиях, спроектированных с учетом этого климата.

Человек, как и другие живые системы, адаптировался к тепловым изменениям окружающей среды через одежду, строя с древнейших времен примитивные жилища как более эффективное средство достижения высокого контроля над характеристиками тепловой среды [34].

Среди наиболее важных из этих факторов является тепловой комфорт и теплоприток.

Тепловой комфортопределяется совокупностью окружающих человека тепловых условий, выражающихся в удовлетворенностикомфортной средой, с учетом некоторых факторов, которые определяют эти условия: температуру, среднего теплового излучения, относительной влажности и скорости перемещения воздуха. Заслуживают внимания физиологические факторы, когда тело человека работает как генератор тепла непрерывно в результате жизненных процессов, представленных в скорости обмена веществ и качества одежды, что приводит к необходимости сброса вырабатываемой тепловой энергии на внешнюю периферию для поддержания целостности клеток организма, а это то, что называется тепловым потенциалом между двумя средами с целью поддержания постоянной температуры (37°C).

Оболочка здания представляет собой главную составляющую всех процессов теплового контроля внутренней застроенной среды, через которую происходит теплопередача между внешней и внутренней частью, и через нее осуществляетсяотслеживается эффективность всех процессов теплообмена[35]. Значение оболочки здания заключается в том, что она является разделительной границей между климатическими условиями, окружающими здание, и требуемыми условиями теплового комфорта, и на нее ложится основная нагрузка по регулированию тепловых потоков в зависимости от физических свойств ее элементов или конструктивных соединений.И вследствие того, что климат Ирака известен своей высокой температурой в большинстве месяцев в году и короткими периодами равноденствия, в результате чего большая часть потребляемой энергии является результатом использования холодильных устройств.Технологическое развитие в области техники кондиционирования воздуха сделало их менее дорогими и, следовательно, более доступными, что увеличило спрос на них, особенно в последние два десятилетия, и, таким образом, выявило проблемную область в увеличении норм энергопотребления зданий для целей охлаждения в результате растущего использования механических методов охлаждения для обеспечения теплового комфорта жильцов. Исходя из вышеизложенного, сокращение мировых энергоресурсов привело к тенденциям, требующим совершенствования энергоснабжения путем поиска конструктивных альтернатив с уделением внимания улучшению теплотехнических характеристик ограждающих конструкций за счет замены и совершенствования цементных растворов с использованием рациональных заполнителей, с исключением традиционного кварцевогозаполнителя.

Для создания рационального микроклимата зданий и сооружений необходимо иметь стратегию проектирования для охлаждения зданий.

Большая часть энергии, потребляемой летом, предназначена для охлаждения зданий, в связи с этим появились так называемые стратегии проектирования с целью охлаждения, чтобы контролировать тепловые характеристики здания из-за его энергосбережения и рационализации его потребления.

Стратегии проектирования для охлаждения зданий зависят главным образом от типа климата, в котором они используются.

Как любая стратегия или система охлаждения может быть эффективной в одном климате, но она теряет свою эффективность, если применяется в другом климате без внесения в нее соответствующих корректировок, которые могут быть простыми или фундаментальными для соответствия этому климату [36].Все эти стратегии направлены на то, чтобы внутренняя среда здания максимально соответствовала пределам теплового комфорта для жильцов.

Лехнер указал на возможность достижения теплового комфорта летом за счет трех уровней охлаждения зданий:уровня архитектурного решения здания; уровня технологий самоохлаждения и уровня охлаждения механическими средствами [37]. Дживони классифицировал стратегии про-

ектирования с целью охлаждения с точки зрения их энергопотребления на два уровня: уровень стратегий самопроектирования (неэнергоемких), включая проектирование зданий и самоохлаждение; уровень энергоемких проектных стратегий: в том числе эффективное и механическое охлаждение [31].

При проектировании необходимо учитывать архитектурный дизайн здания и самоохлаждение. При этом проект должен быть направлен на то, чтобы заставить здание работать так, чтобы избежать притока тепла при достижении баланса между требованиями жаркого и холодного периодов и с наименьшими потерями энергии, затрачиваемой в зависимости от механических средств, так как дизайн здания и его составляющие элементы существенно влияют на падающую на здание солнечную радиацию, а также на перемещение воздуха во внутренних помещениях. Дизайн здания оказывает существенное влияние на снижение теплопритока и влияние нагрузки на охлаждение, что оказывает влияние на потребление энергии в здании. Конструктив здания объединяет в себе шесть основных факторов [геометрическую форму блока строительного; географическую ориентацию; затенение; размеры окон и пропорции остекления; теплоизоляция, а также тепловые характеристики строительных материалов в ограждающих конструкциях [38].

Геометрическая форма строительного массива: форма здания определяет влияние как температуры воздуха, так и солнечной радиации, а значит, определяет взаимосвязь между геометрическими элементами здания и климатом. В целом выбор формы направлен на уменьшение влияния изменения внешних климатических факторов на внутреннюю среду [36]. Формы жилища классифицируются на основании определенных соотношений границ внешней формы каждого квартала и границ жилого участка с отдельными жилыми помещениями, примыкающими к ним жилищами и дворовыми постройками.

Каждое из этих дизайнерских направлений имеет возможность увеличивать или уменьшать теплоприток жилища [39].

Важным фактором является ориентация здания. Исследования выяснили различное влияние и их взаимосвязь с количеством прямого и рассеянного падающего солнечного излучения, поскольку установлено, что ограждающие конструкции здания испытывают значительное влияние от солнечного излучения, которое они получают на единицу площади, и, таким образом, это отражается на общей тепловой нагрузке здания. Южная ориентация представляет собой наилучшую ориентацию, поскольку она наименее подвержена солнечному излучению в летний период и наиболее подвержена радиации в зимний период. В то время как западная ориентация наименее подвержена тепловых потоков.

Это связано с тем, что здания подвергаются значительному солнечному прогреву в летний период, что компенсируется относительным уменьшением солнечного притока зимой, и не сильно отличается от восточной ориентации.

Принимая во внимание, что северное направление представляет собой наименее подверженное воздействию солнечной радиации направление в течение летнего и зимнего периодов из-за отсутствия прямого солнечного излучения с этого направления, поскольку на него влияет только рассеянное излучение. Что касается вторичных ориентировок, то юго-восточное и юго-западное направления несколько более эффективны, чем северо-восточное и северо-западное.

Особое влияние оказывают размер окон и процент остекления: ориентация окон не отличается по эффективности от ранее упомянутых положений, так как ориентация окон иногда используется как частный случай внутри здания, в случае, если нет возможности контролировать ориентацию здания в целом из-за наличия соседних строений или примыкающих к нему, поэтому теплоприток

увеличивается летом для окна за счет увеличения процента площади остекления. Как правило, увеличение размеров окон приводит к увеличению солнечного притока, особенно если окна расположены на фасадах, непосредственно подвергающихся солнечному излучению. Охлаждающая нагрузка также значительно возрастает в светлое время суток, особенно в часы пик, когда увеличивается процент площади окна.

Существует способ затенения для препятствия поступления солнечного тепла внутрь здания. Проемы представляют собой большинство элементов ограждающих конструкций с точки зрения возможности проникновения через них прямой солнечной радиации, вызывающей прямой приток тепла, из-за малой толщины обычно используемого для их покрытия стекла, с одной стороны, и их проницаемость для солнечного излучения, с другой стороны. Физические свойства стекла, позволяющие проникать в пространство попадающему на него прямому и рассеянному солнечному излучению, вызывая увеличение внутренней тепловой нагрузки. Блокирование солнечного излучения, попадающего на окна в жаркий период с помощью солнечных блокаторов и пропуска их в холодный период, является важным фактором в достижении климат-контроля здания [35].

Существенным фактором является теплоизоляция здания и сооружения. Человек выработал свое отношение к условиям окружающей среды благодаря длительному и непрерывному опыту в практике строительства, поэтому он смог определить характеристики строительных материалов, чтобы использовать их с максимальной эффективностью для удовлетворения своих нужд и потребностей, в том числе извлекая выгоду из свойства некоторых материалов в достижении теплоизоляции. Теплоизоляция — это использование материалов, обладающих теплоизоляционными свойствами, которые способствуют ограничению утечек и передачи тепла снаружи здания внутрь летом, а изнутри наружу — зимой.

Основную теплотехническую защиту представляют строительные материалы из которых состоит ограждающая конструкция.

Материал элементов ограждающих конструкций напрямую влияет на количество тепла, передаваемого через эти слои. Тепло проходит через материалы посредством физического переноса, то есть проводимости, конвекции и излучения. Способность материала проводить тепло, определяет коэффициент теплопроводности, из которого видно, что термическое сопротивление обратно пропорционально коэффициенту теплопроводности. Теплоизоляционные материалы часто комбинируют со стенами и потолками, и чтобы обеспечить общее сопротивление теплопередаче, для чего необходимо суммировать различные сопротивления слоев стен и потолка. Сопротивление клеевого слоя внутренней или внешней поверхностей конструкций, все из которых характеризуются малой массой, эффективными теплоизоляционными материалами благодаря точному знанию тепловых свойств этих материалов, таких как теплопроводность, удельная теплоемкость, тепловые коэффициенты и диффузия обеспечивают надежную и прочную защиту конструкций здания от внешних воздействий. Использование лучших методов и системы теплоизоляции, позволяет избежать мест утечки тепла через тепловые мостики, их перенос, что обеспечивает повышение уровня комфорта и снижения энергопотребления.

Выявлены наиболее теплоэффективные строительные слои для утепления. Исследованиями определены строительные материалы для изоляции стен и потолка. Сделан вывод, что конструктивный разрез стен из пустотелого кирпича с отделочными слоями из цементного раствора с использованием вермикулита как легкого заполнителя в качестве теплоизоляционного материала считается одним из лучших способов по теплотехническим характеристикам, что подтверждает роль теплоизоляционных материалов в повышении тепловых характеристик строительных элементов (рис. 2).

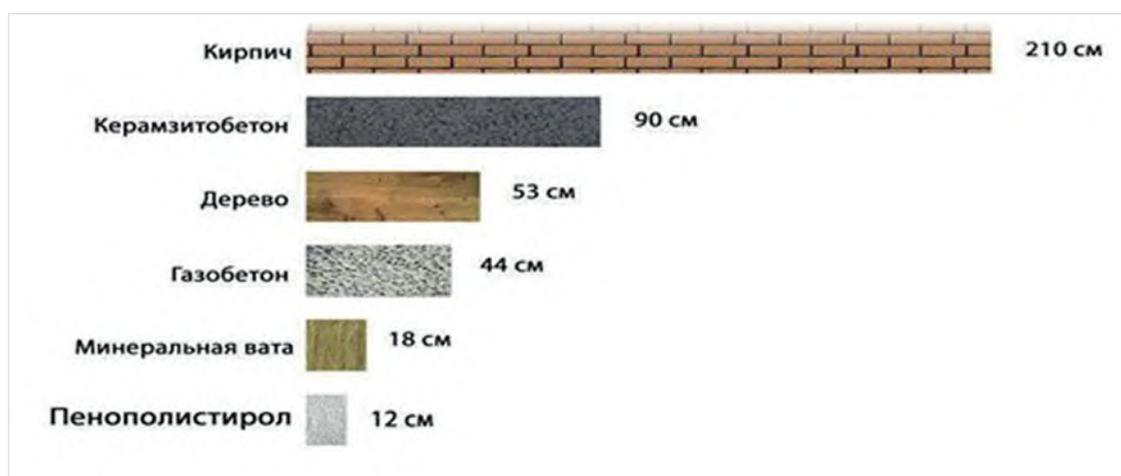


Рис. 2. Действующие российские строительные нормы толщины стен, одинаково препятствующих теплотерям в здании

Мировой энергетический кризис в начале 1970-х годов заставил задуматься о необходимости разработки систем самоохлаждения. Прикладные исследования дали хорошие и обнадеживающие результаты для продолжения и расширения систем самоохлаждения за рубежом, более 200 000 единиц жилья эффективно используют эту систему для отопления и охлаждения, что подтверждается непрерывным мониторингом и исследованиями [40]. Применение этих систем внедрилось в результате поиска альтернатив энергии. Эксперименты показали успех этих систем благодаря убежденности жильцов в их эффективности, и, несмотря на преимущества систем самоохлаждения, они не лишены некоторых недостатков. Недостатки, связанные с процессом обслуживания их частей, которые составляют наибольшую часть общей устойчивости здания и системы, а также потребность в некоторых системах самоохлаждения для дополнительных затрат, особенно в отношении первоначальных затрат на строительство, которые могут составлять препятствие для распространения его использования [41].

Процесс охлаждения здания можно осуществлять, полагаясь на рассеивание тепла, передаваемого через оболочку здания, в дополнение к теплу, генерируемому внутри, одним или несколькими из следующих способов: самоохлаждение за счет конвекции; самоохлаждение излучением; испарительное самоохлаждение.

При проектировании необходимо использовать высокоэнергоемкие стратегии, которые включают в себя проектные решения и эффективные методы охлаждения, направленные на создание самых высоких условий охлаждения и минимального энергопотребления, другими словами, организацию управления энергопотреблением в здании с помощью эффективных методов охлаждения, повышающих эффективность охлаждения, и минимальное использование механических охлаждающих устройств, которые обладают большим энергопотреблением.

Архитектурный проект здания должен иметь приоритет над конструктивным решением, тем не менее для создания комфортных условий пребывания в здании необходимо обеспечить охлаждение зданий, что требует разработки и создания эффективных низкоэнергетических систем охлаждения здания, которые могут внести значительный вклад в управление внутренней средой, максимально приблизив ее к диапазонам теплового комфорта. Это уменьшит потери энергии, что обеспечит успех процесса проектирования.

## Выводы

Жилые здания составляют большую часть строительных объектов, которые напрямую связаны с жизнью человека и окружающей средой. Во многих развивающихся странах, особенно с жарким и сухим климатом, таких как Ирак, большая часть жилых зданий непригодна для проживания вследствие несовершенного климатического проектирования, так как энергетические нагрузки в жилых зданиях возрастают вследствие использования неэффективных строительных материалов и без учета их тепловых характеристик. Теплоизоляция и форма зданий, оконные проемы, остекление, инфильтрация воздуха и контроль затенения являются одними из наиболее важных факторов для оптимального проектирования пассивного здания.

Теплоизоляция жилых и гражданских зданий является одной из важнейших задач по снижению энергопотребления и повышению теплового комфорта зданий, поэтому при проектировании зданий необходимо учитывать теплотехнические свойства материалов, принятые для обеспечения требуемых условий для проживания и оптимального использования электрической энергии в зданиях.

## Библиографический список

1. Ferrari S., Zanotto V. Adaptive comfort: Analysis and application of the main indices // Building and Environment. 2012. Vol. 49. Pp. 25 – 32. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.022>
2. Куреева Ю. Г., Железнякова А. А. Теплоизоляционные материалы с повышенными эксплуатационными свойствами // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 7 – 2. С. 38 – 40.
3. Ozay N. A comparative study of climatically responsive house design at various periods of Northern Cyprus architecture // Building and Environment. 2005. Vol. 40. Pp. 841 – 852. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.08.024>
4. Nicol F. Adaptive thermal comfort standards in the hot and humid tropics // Energy and Buildings. 2004. Vol. 36. Pp. 628 – 637.
5. Nicol J., Humphreys M. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings // Energy and Buildings. 2002. Vol. 34. Pp. 563 – 572.
6. Kumar S., Singh M. K., Kukreja R., Chaurasiya S. K., Gupta V. K. Comparative study of thermal comfort and adaptive actions for modern and traditional multi-storey naturally ventilated hostel buildings during monsoon season in India // Building and Environment. 2019. Vol. 23. Pp. 90 – 106.
7. Raja I. A., Nicol J. F., McCartney K. J., Humphreys M. A. Thermal comfort: Use of controls in naturally ventilated buildings // Energy and Buildings. 2001. Vol. 33. Pp. 235 – 244.
8. Kenisarin M., Mahkamov K. Passive thermal control in residential buildings using phase change materials // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 55. Pp. 371 – 398.
9. Parsons K. Thermal comfort in buildings. In Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings // Woodhead Publishing Series in Energy, UK, 2010; p. 127 – 147.
10. Schackow A., Effting C., Folgueras M. V., Guths S., Mendes G. A. Mechanical and thermal properties of lightweight concretes with vermiculite and EPS using air-entraining agent // Construction Building Materials. 2014. Vol. 57. Pp. 190 – 197.
11. Sengul O., Azizi S., Karaosmanoglu F., Tasdemir M. A. Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete // Energy Buildings. 2011. Vol. 43. Iss. 2. Pp. 671 – 676.

12. Zhang H. Building Materials in Civil Engineering // Woodhead Publishing. UK. 2011. Vol. 1. Pp. 440.
13. Degirmenci N., Arin N. Y. Use of pumice fine aggregate as an alternative to standard sand in production of lightweight cement mortar // Indian Journal of Engineering & Materials Sciences. 2011. Vol. 18. Pp. 61–68.
14. Unal O., Uygunoglu T., Yildiz A. Investigation of properties of low-strength lightweight concrete for thermal insulation // Building and Environment. 2007. Vol. 42. Pp. 584–590.
15. Koksal F., Gencel O., Brostow W., HaggLobland H. E. Effect of high temperature on mechanical and physical properties of lightweight cement based refractory including expanded vermiculite // Materials Research Innovations. 2012. Vol. 16. Iss. 1. Pp. 7–13.
16. Lanzon M., Garcia-Ruiz P. A. Lightweight cement mortars: advantages and inconveniences of expanded perlite and its influence on fresh and hardened state and durability // Construction Building Materials. 2008. Vol. 22. Iss. 8. Pp. 1798–1806.
17. Лагутина Д. Р. Особенности применения теплоизоляционных материалов в строительстве // Строительство и архитектура. 2023. Т. 11. № 4. С. 11.
18. Guimarães R. P., Carvalho M. C. R., Santos F. A. The Influence of Ceiling Height in Thermal Comfort of Buildings: A Case Study in Belo Horizonte Brazil // Int. J. Hous. Sci. 2013. Vol. 37. Pp. 75–85.
19. Pulhan H., Numan I. The Traditional Urban House in Cyprus as Material Expression of Cultural Transformation // Journal of Design History. 2006. Vol. 19. Pp. 105–119.
20. Кучеренко П. В., Дорофеев Е. П. Сравнительная характеристика современных теплоизоляционных материалов // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2020. № 1. С. 61–64.
21. Huizenga C., Abbaszadeh S., Zagreus L., Arens E.A. Air quality and thermal comfort in office buildings: Results of a large indoor environmental quality survey // Proceedings of Healthy Buildings. 2006. Pp. 393–397.
22. Wagner A., Gossauer E., Moosmann C., Gropp T., Leonhart R. Thermal comfort and workplace occupant satisfaction — Results of field studies in German low energy office buildings // Energy Build. 2007. Vol. 39. Pp. 758–769.
23. Aboulnaga M., Abdrabboh S. Improving night ventilation into low-rise buildings in hot-arid climates exploring a combined wall-roof solar chimney // Renewable Energy. 2000. Vol. 19. Pp. 47–54.
24. Ghiaus C. Free-running building temperature and HVAC climatic suitability // Energy Build. 2003. Vol. 35. Pp. 405–411.
25. Mahlia T., Saidur R., Memon L., Zulkifli N., Masjuki H. A review on fuel economy standard for motor vehicles with the implementation possibilities in Malaysia // Renewable & Sustainable Energy Reviews. 2010. Vol. 14. Pp. 3092–3099.
26. Lotfabadi P. The impact of city spaces and identity in the residents' behavior. Humanit. Soc. Sci. Rev. 2013. Vol. 3. Pp. 589–601.
27. Hoppe P., Martinac I. Indoor climate and air quality. Review of current and future topics in the field of ISB study group 10 International Journal of Biometeorology. 1998. Pp. 42. 1–7.
28. Gupta V. Thermal efficiency of building clusters: An index for nonair-conditioned buildings in hot climates // Energy and Urban Built Form. 1987. Pp. 133–145.
29. Lotfabadi P., Alibaba H. Z., Arfaei A. Sustainability; as a combination of parametric patterns and bionic strategies // Renew. Sustain. Energy Rev. 2016. Vol. 57. Pp. 1337–1346.

30. Вторых Е. В., Коковина В. К., Васильевская Н. Г. Вспученный вермикулит как наполнитель для легких бетонов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 2 (28). С. 51 – 53.
31. Досанова Г. М., Талипов Н. Х., Левицкий И. А. Получение вспученного и гидрофобизированного вермикулита для производства теплоизоляционных строительных смесей // Universum: технические науки. 2020. № 7-3 (76). С. 17 – 21.
32. Лесовик Р. В., Елистраткин М. Ю., Рамазанов Р. Г., Бухтияров И. Ю. Звукоизоляционный материал на основе вспученного вермикулита // Университетская наука. 2023. № 2 (16). С. 45 – 47.
33. Беседин И. А. Новые теплоизоляционные материалы. Теплоизоляционная штукатурка «УМКА. РУ» // Строительные материалы, оборудования, технологии XXI века. 2011. № 7. С. 16 – 17.
34. Хежев Т. А., Кажаров А. Р., Журтов А. В., Доренский О. И., Кумыков А. Н., Тлупов И. Р., Хахоков А. М., Шаков А. А. Теплоогнезащитные композиционные цементные растворы на основе вспученного вермикулита и вулканического пепла // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48). С. 130.
35. Лагутина Д. Р. Особенности применения теплоизоляционных материалов в строительстве // Строительство и архитектура. 2023. Т. 11. № 4. С. 11.
36. Досанова Г. М., Талипов Н. Х., Реймов А. М. Гипсовермикулитовые теплоизоляционные штукатурочные смеси // Химическая промышленность. 2020. Т. 97. № 1. С. 7 – 11.
37. Хежев Т. А., Жуков А. З., Хежев Х. А. Огнезащитные и жаростойкие вермикулитобетонные композиты с применением вулканического пепла и пемзы // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 35. № 2-1. С. 43.
38. Ахтямов, Р. Я. Применение вспученного вермикулита в технологии производства специальных видов сухих строительных смесей / Р. Я. Ахтямов // Строительные материалы. 2001. № 4. С. 4 – 5.
39. Сумской Д. А. Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 2. С. 283 – 289.
40. Абу-Хасан М. С., Сахарова А. С., Абу Хасан Р. Создание высокоэффективного теплоизоляционного конструкционного бетона // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 1 (1061). С. 54 – 56.
41. Свинцова А. С. О новых теплоизоляционных материалах // Новый университет. Серия: Технические науки. 2016. № 4-5 (50-51). С. 32 – 35.

---

## PROBLEMS OF THERMAL COMFORT OF BUILDINGS IN THE DRY HOT CLIMATE OF IRAQ

S. K. Sh. Al-Mamuri\*

L. H. Zagorodniuk\*\*

D. A. Sumskoy\*\*

\* University of Karbala, Iraq

\*\* Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhova, Belgorod

### Abstract

Studies show that the amount of heat transferred from the walls and ceilings of buildings located in the dry desert climate of the Middle East is about 60–70%, and the rest enters through window and door openings, so heat loss from walls and ceilings represents the largest part to be disposed of through air conditioning. As a result, thermal insulation is of great importance in reducing heat leakage into a building, reducing the consumption of electricity used to cool it, since obtaining the required amount of electricity is one of the most important problems that people in these countries suffer from. The problem of energy consumption in various spheres of life, especially in the construction industry, which accounts for the bulk of this consumption, has become serious, affecting all countries of the world. The study aims to establish the importance of thermal insulation in buildings constructed in desert climates and its role in reducing energy consumption for air conditioning purposes from the perspective of thermal insulation and its benefits, as well as in addition to the necessary architectural solutions that provide energy savings. The results of the study showed that thermal insulation materials play a significant role in residential properties located in dry desert climates, as they have a positive effect on reducing energy consumption. In this study, we attempted to find practical solutions to reduce energy consumption in buildings by reducing heat transfer through external walls and ceilings. Such methods include covering building envelopes with a layer of thermal insulating cement mortar based on partial replacement of sand with vermiculite, taking advantage of porous aggregates with low thermal conductivity, which leads to a decrease in heat transfer in the building envelope, as well as the use of the necessary architectural solutions to adapt the building to the environment. The research included effective cooling strategies that significantly contribute to reducing the cooling load in buildings, allowing them to respond and adapt to changing conditions. The study is an attempt to provide the designer with a clear understanding of the possibility of using thermal insulation and architectural solutions in hot environments to reduce the energy consumption required to cool the interior of the building and structure.

### The Keywords

*Thermal comfort, heat transfer, energy consumption reduction.*

### Date of receipt in edition

27.05.2024

### Date of acceptance for printing

05.06.2024

### Ссылка для цитирования:

С. К. Ш. Аль-Мамури, Л. Х. Загороднюк, Д. А. Сумской. Проблемы теплового комфорта зданий в сухом жарком климате Ирака. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 28–39.



УДК 574

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_40-48

---

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ BIOTEХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ИНЖИНИРИНГЕ

О. М. Преснов \*

А. Д. Дорошко \*\*

Д. В. Зуева \*\*

Л. П. Матвеев \*\*

\* Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск

\*\* Красноярский институт железнодорожного транспорта (филиал) ИрГУПС, г. Красноярск

---

### Аннотация

В наши дни, когда хозяйственная и повседневная деятельность человека приносит изменения в окружающую среду, в том числе и с точки зрения строительной инженерии, использование микробиологических процессов может решить целый ряд задач. Биоцементация или по-другому — «биоцемент» — это новый экологичный подход, который завоевал популярность благодаря низкому энергопотреблению и выбросам углекислого газа по сравнению с существующими технологиями для геотехнических и геоэкологических инженерных применений. Данная методика улучшения грунта, включает в себя связывание порового пространства частиц грунта минералами карбоната кальция путем микробиологического осаждения карбоната кальция в почвенной матрице (MISF) и заполнение порового пространства грунта. Механизм биоцементации заключается в природной цементации и обезвоживанию грунтов.

Цель данной статьи — представить современное представление о биоцементации для укрепления грунтов. Оценить способы биоцементирования: предварительное смешивание, инъекция, погружение и поверхностное просачивание, определить экономическую и экологическую целесообразность данных технологий.

### Ключевые слова

*Биоцементация; микробиологическая геотехнология; экология, бактерии, кальцит, инфраструктура, экосистема, биоминерализация, улучшение состояния грунта, микроструктура, стабилизация грунта.*

Дата поступления в редакцию

10.06.2024

Дата принятия к печати

18.06.2024

---

### Введение

Исследователи [1] из Федеральной политехнической школы Лозанны изобрели органический, простой в использовании и дешевый раствор, в состав которого входят бактерии и мочевины. Две этих субстанции вступают в реакцию и создают кристаллы кальцита, которые прочно связывают частицы гравия или песка. Процесс биоцементации происходит при температуре окружающей среды, требует мало энергии и имеет минимальное воздействие углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

Геологические условия часто влияют на проектирование инфраструктурных проектов, таких как прокладка туннелей, строительство дорог, укрепление грунта и благоустройство территорий. Изменения физико-механических свойств грунтов происходят постоянно, сфера строительства неуклонно вносит изменения в климат за счет потребления энергии и выбросов парниковых газов. Кроме этого современные методы укрепления грунтов как правило экономически невыгодны, и не экологичны. Выбросы в атмосферу и загрязнения воздуха также связаны и с производством цемента, в связи с этим строительная индустрия нуждается в искусственной среде с меньшим количеством материалов на основе цемента и более экологичными и инновационными строительными технологиями. В отсутствие природоохранных мероприятий, строительная отрасль внесет невосполнимый урон истощению ресурсов и переполнению свалок.

В настоящее время активно исследуются инновационные подходы замены цементных материалов для укрепления грунтов, таких как биоцементирование. В результате исследователи из различных областей, таких как геология, биотехнология, химическая инженерия, геофизика, экологическая инженерия и гражданское строительство, все чаще используют биоцементацию для улучшения состояния грунта и других важных применений. Процедура биоцементации основана на осаждении карбонатов, вызванном микроорганизмами (МИСР) для получения карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) для повышения прочности и жесткости гранулированного грунта. Его также можно применять при решении задач в которых необходимо значительно повышает прочность геоструктур на сдвиг на границе раздела фаз.

Эффективность осаждения карбоната кальция обусловлена биологическими, химическими и физическими факторами, такими как ферментативная активность, концентрация цемента и природа грунтового основания.

Однако стоит отметить, что для оптимизации бактериальной активности уреолитических микроорганизмов необходимы соответствующие питательные вещества для получения высокой биомассы, а также для определения конкретных условий МИСР, которые помогают получать желаемые полиморфы карбоната кальция во время биоцементации, Немаловажным является оценка жизненного цикла биоцементации, которая используется для определения воздействия любого продукта на окружающую среду. Оценка жизненного цикла количественно определяет и оценивает затраты и результаты, влияющие на окружающую среду.

Западные исследователи [2] провели сравнительный анализ полезности сырья и его воздействия на окружающую среду при биоцементации и сообщили, что ацетат кальция  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  (источник кальция, необходимый для осаждения карбоната кальция) способствует разрушению озонового слоя почти на 60%, в то время как мочевины  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (которая является субстратом для катализа уреазы производство и осаждение карбоната кальция) и мелассы (источника питательных веществ для культивирования бактерий) способствуют эвтрофикации морской среды на 38% и 13% соответственно.

Внеклеточные полимерные вещества (EPSs) (ЭПС) представляют собой природные полимеры с высокой молекулярной массой, выделяемые микроорганизмами в окружающую среду [3]. ЭПС удерживают функциональную и структурную целостность биопленок и считаются фундаментальным компонентом, определяющим физико-химические свойства биопленки [4]. В процессе биоцементации внеклеточные полимерные вещества (ЭПС), выделяемые бактериальными клетками, увеличивают содержание карбоната кальция, который заполняет поры песка и улучшает его затвердевание. ЭПС связывают частицы грунта вместе, создавая более стабильную и связную структуру дисперсного грунта. Микроструктура биоцементированного грунта характеризуется наличием ЭПС, которые образуют сеть из волокон и тяжелей по всей поверхности основания.

Другими словами, процесс микробиологического осаждения карбоната кальция в почвенной матрице обычно проводится с использованием активных бактериальных клеток, выращенных в подходящей среде. После того, как бактериальная культура подготовлена, ее способность вырабатывать уреазу определяется перед смешиванием бактерий с цементирующим раствором и внесением в грунт. Биоминеральные осадки, образующиеся в растворе или слоях грунта, могут выступать в качестве связующего вещества.

Улучшение инженерных свойств дисперсного грунта за счет осаждения кристаллов карбоната кальция может привести к улучшению инженерных свойств грунта, таких как снижение гидравлической проницаемости, пористости, прочности на сдвиг, жесткости и неограниченная прочность на сжатие, кроме этого является экологически безопасным, что немаловажно в реалиях сегодняшнего времени.

Сян Цзянь [5] предположил ацетат кальция использовать в будущих исследованиях по биоцементации, поскольку он снижает выбросы аммиака ( $\text{NH}_3$ ) на 54% по сравнению со стандартной биоцементацией. При стандартной обработке в качестве источника кальция используется хлорид кальция, что приводит к более чистому способу производства биоцемента. Также отмечается, что цены за единицу продукции этих двух химических веществ сопоставимы (5,3 доллара США за кг хлорида кальция и 5,5 доллара США за кг ацетат кальция).

Биоцементация, как правило, эффективна для повышения стабильности и прочности песчаного и илистого грунта. Эффективность биоцементации в улучшении свойств глинистых и суглинистых грунтах варьируется в зависимости от вида и состояния основания и используемых отдельных микроорганизмов. Кроме того, такие факторы, как pH и влажность грунта, а также наличие дополнительных грунтовых добавок или загрязняющих веществ, могут влиять на эффективность биоцементации. В целом, биоцементирование может быть полезной стратегией для улучшения качества глинистых грунтов, однако необходимы дальнейшие исследования, чтобы полностью понять его преимущества и ограничения в различных типах грунтов и ситуациях.

#### **Биопреципитация (биоотделение) карбоната кальция с помощью процесса MICP, основанного на уреоллизе**

Среди различных техник микробиологического индуцированного осаждения карбоната кальция (например, фотосинтез, уреоллиз (гидролиз мочевины), восстановление сульфатов, аммонификация и денитрификация (восстановление нитратов), уреоллиз является наиболее простым способом использования микроорганизмами условий окружающей среды и способствует осаждению карбонатов. Когда подходящие уреолитические бактерии, такие как *Sporosarcina pasteurii* ранее известная как *Bacillus pasteurii* из более старых таксономий, которая является грамположительной бактерией со способностью осаждать кальцит и затвердевать песок при наличии источника кальция (например, хлоридом кальция) и мочевины, в процессе микробиологически индуцированного осаждения кальцита или биологической цементации, при получении раствора происходит несколько биогеохимических реакций.

Уреолитические микроорганизмы, добываемые из различных мест, таких как пещеры, почва, кораллы и морская вода, служат микробиологическими агентами для применения микропрепаратов [6]. Активность уреазы определяют путем измерения относительных изменений электропроводности в растворе, содержащем мочевины (1,0–1,5M) и бактериальные культуры при комнатной температуре. Единица активности уреазы определяется как количество фермента, который катализирует расщепление 1 мм мочевины в минуту.

Эти уреолитические микроорганизмы способны применяться в инженерной практике для обеспыливания и стабилизации поверхности, защиты прибрежных районов от эрозий, улучшают сцепление и затвердевание грунта, а также удерживают вредные тяжелые металлы.

Микробиологически индуцированное осаждение карбоната кальция, управляемое уреолизом ускоряет процесс биоцементации, позволяя карбонату кальция осаждаться в течение относительно короткого периода времени. Кристаллическая структура карбоната кальция, образованная уреолитическими бактериями, приводит к образованию полиморфных форм, таких как кальцит, ватерит и арагонит. Процесс начинается с образования аморфного карбоната кальция, который играет решающую роль в биоминерализации.

За этим следует образование других разнообразных форм карбоната кальция. На результат кристаллизации карбоната кальция могут влиять различные биологические факторы, такие как штаммы бактерий и концентрации клеток, химические-цементирующие реагенты и уровень чистоты и факторы окружающей среды, например, рН и температура. Кальцит является наиболее термодинамически стабильным полиморфизмом карбоната кальция при нормальных условиях и обеспечивает наилучшие результаты для биотехнологии — цементацию. Аморфный карбонат кальция является наименее стабильным полиморфизмом карбоната кальция, но при определенных условиях он может быстро превращаться в кристаллические минералы карбоната кальция.

Показатели уреолитической активности при осаждении карбоната кальция могут быть повышены за счет дополнительного добавления никеля и гены-переносчики уреазы. Чем сильнее эта метаболическая активность изменяет условия перенасыщения, тем больше вероятность выпадения осадка. Изменения в составе генов уреазы существенно влияют на активность уреазы и способность микробных клеток осаждают кальцит [7].

Биоцементация считается методом уплотнения, который повышает прочность грунта, переводя ее из полностью насыщенного состояния в частично увлажненное. Это также может помочь связать больше ионов металлов, таких как ионы кальция, в одной и той же ионной среде.

### **Стратегии биоцементационной обработки**

На сегодняшний день существует 4 методики обработки грунтов биоцементом:

#### *Способ погружной обработки*

Известен как погружение или замачивание грунта, ранее предполагалось что для этой тактики необходима гибкая форма из геотекстиля, однако в большинстве исследований используются шприцы, пробирки или колонки [8–10]. Данная технологи более подходит для производства биобетона или для ремонта трещин, в связи с тем, что карбонат кальция осаждается изнутри, и на внешней части грунтовых пластов.

При таком подходе, колонки с грунтом погружаются в резервуар-реактор с механическим приводом, а обработка образцов грунта, приготовленных в полноконтактной форме из гибкого геотекстиля, приводит к получению значительно более однородного биоцементированного образца грунта и образованию однородных остатков карбоната кальция внутри частиц грунта. Таким образом, этот способ может помочь предотвратить образование обычных биозасорителей во время обработки микропорошком.

В результате выявлено [11], что биоцементация грунта может быть значительно улучшена при определенных концентрациях цементации (т. е. 0,25–0,75 Мкм) и при повторных обработках с ПСК 6400 кПа.

### *Способ поверхностной фильтрационной обработки*

Заключается в том, что он позволяет цементирующей жидкости и бактериальным культурам проникать в почвенную матрицу. Он используется при простых процедурах заливки или распыления с помощью гравитационного потока и капиллярности.

Просачивание обрабатываемой жидкости через свободно дренирующийся грунт приводит к аналогичной или улучшенной равномерности распределения цементирующего вещества в почвенной матрице по сравнению с грунтом, образцы которого подвергались обработке методом нагнетания под давлением.

Обработку обычно проводят с поверхности гранулированного грунта. Основным преимуществом использования этой обработки для отверждения грунта является его простота. Введение цементирующего раствора и бактериального посева не требует тяжелой техники, благодаря легкому перемещению потока жидкости.

Этот подход является самым экономически выгодным, простым и практичным, однако поверхностная фильтрационная обработка не часто используется для биоцементации грунта, поскольку она малоэффективна на больших глубинах слоев оснований. Такая обработка чаще используется для смягчения эрозии и стабилизации песчаных склонов в ненасыщенных условиях.

### *Способ обработки впрыском под давлением*

Также называется методом промывки или инъекции. Существует две технологии обработки таким образом: впрыск под давлением с остановкой потока и непрерывный впрыск под давлением. Подход с остановкой потока более эффективен, чем с непрерывным потоком, поскольку обеспечивает большую однородность карбоната кальция, в следствии чего генерация происходит по всей глубине грунтовых толщ. В виду чего требуется закачка значительного объема обрабатываемых жидкостей, эта методика лучше всего подходит для крупномасштабных полевых исследований MICP [12].

Благодаря эффективному распределению цементирующей жидкости способ инъекции может применяться в твердых слоях грунта на больших глубинах. Обрабатываемые жидкости подаются под давлением, чтобы гарантировать, что растворы распределяются по грунтовым слоям с контролируемым расходом. Для достижения успешной фиксации жидкости и пространственного распределения содержания карбоната кальция в грунтовых слоях, необходимо оптимизировать концентрацию биомассы, скорость впрыскивания и уровень pH.

### *Способ предварительной обработки смеси*

Для этой методики необходимо механическое смешивание грунта с бактериальным материалом и химическими растворами. Предварительное смешивание бактерий или цементирующих реагентов с грунтом для улучшения процесса биоцементации может оказаться непрактичным в условиях сложившейся инфраструктуры. Однако эта технология применима при глубоком перемешивании, которое может повысить жизнеспособность клеток.

Применять такой подход можно, когда улучшенный грунт используется в качестве обратной засыпки вокруг инженерных сооружений или в ситуации, когда требуется инженерная засыпка. Предварительное смешивание грунта с бактериальными культурами и цементирующими растворами перед применением других методов обработки может улучшить процесс MICP.

Кроме этого, добавление раствора хлорида кальция в грунт позволяет раствору действовать как реагенту и инициировать коагуляцию бактериальных клеток перед последующей обработкой MICP, а также может повысить удельный вес обработанного грунта в три-четыре раза [13].

## Основные проблемы, влияющие на биоцементацию

### *Финансовые затраты*

Биоцементация для обработки грунта в полевых условиях является дорогостоящей, и эти затраты следует значительно снизить. Для различных микропрепаратов большинство исследователей используют достаточно бюджетные реагенты, однако высокая стоимость питательных сред является финансовой проблемой для биоцементации и нуждается в решении. Траты на вещества для уреолитических бактерий составляют около 60% от общего объема производства, стоимость процесса MICP будет расти по мере расширения масштабов применения

Для культивирования бактерий технологией «на месте» требуется большое количество питательных веществ, которые могут быть разработаны из недорогого субстрата, который поддерживал бы хороший уровень уреазы.

В последние годы изучаются способы замены дорогостоящих лабораторных материалов на альтернативные, одним из таких продуктов является пептон бактериологический. Кроме этого исследователи [14 – 16] обнаружили что при культивировании бактерий при помощи бытовых кухонных отходов происходит осаждение ватерита (полиморфа карбоната кальция), то есть они способны являться альтернативным источником питания для культивирования уреолитических бактерий, особенно в больших масштабах.

### *Образование аммония в процессе уреолиза*

Утилизация отходов и борьба с загрязнением окружающей среды часто не берутся во внимание при биоцементации грунта. От того каким является источник кальция, при использовании осаждения карбоната кальцита, необходимо уделять особое внимание нежелательному образованию ионов аммония. Подкисление грунта происходит при резком выбросе значительного количества аммония в окружающую среду. Аммоний — это катион, образующийся в результате реакции между аммиаком и протоном водорода. После биоцементации грунта, остатки при растворении в воде могут превратиться в токсичный газ и аммиак и вызвать сильное загрязнение азотом. Однако, когда концентрация аммония превышает способность к разрушению, это приводит к вредным последствиям для здоровья живых организмов, таких как люди и животные.

Если сточные воды MICP, попадающие в грунт, не подвергаются очистке, они могут загрязнять грунтовые воды и водные объекты. Высокие уровни содержания аммиака в поверхностных водах способствуют загниванию водорослей, истощают запасы кислорода в воде и приводят к её токсичности.

### **Выводы**

Обработка микропорошком нецементированного грунта может улучшить свойства грунта. Исходя из связующей природы микробиологически индуцированного осаждения карбоната кальция и размера пор, пористости и гранулометрического состава биоцементированного грунта, почвенная матрица, обработанная MICP, будет обладать большой прочностью.

Однако эти технические характеристики могут быть нарушены в результате внешних воздействий окружающей среды. Поэтому важно оценить долговечность и устойчивость биоцементированного грунта.

Научных публикаций на тему долговечности грунта, обработанного MICP, недостаточно. В отрасли строительства, часто встречаются слабые грунты, при строительстве фундаментов, устройстве

земляных насыпей, планировки полотна для автомобильных и железных дорог и других объектов инфраструктуры, до проведения обработки эти грунты обладают низкой прочностью. Грунты, обработанные МІСР, дольше сохраняют свои технические характеристики, поскольку они обладают большей прочностью и стабильностью.

Ученые [17] подвергли обработанный образец комплексным циклическим испытаниям с регулируемой температурой от 0 до 6 месяцев, как способ оценки потенциальной долговечности биоцементации и сообщили, что гибридные культуры оказали лучшее воздействие на обработанный грунт по сравнению с отдельными штаммами бактерий. Кроме этого ими сообщалось об увеличении прочности при сжатии (до трех раз) после 6-месячного отверждения грунта в нетемпературных условиях.

Внедрение биотехнологий в отрасль строительства несмотря на возникающие проблемы, целесообразна в виду своей экологичности и финансовой экономии.

### Библиографический список

1. Аль-Гити А. А., Мемон З. А., Баласбане А. Т. и др. (2022) Критический анализ для оценки жизненного цикла производства биоцементных материалов и устойчивых решений. *Экологичность* 14 (3): статья 1920, <https://doi.org/10.3390/su14031920>.
2. Д. Ревадзе Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис». «Хайтек» — новости онлайн, <https://hightech.fm/2018/01/25/bacterial-powder>.
3. Штаудт С., Хорн Н., Хемпель Д. К., Неи Т. Р. (декабрь 2004 г.). «Объемные измерения бактериальных клеток и гликоконъюгатов внеклеточного полимерного вещества в биопленках». *Биотехнология и биоинженерия*. 88 (5): 585 – 592. doi: 10.1002/бит.20241. PMID 15470707.
4. Флемминг Х. К., Вингендер Дж., Грибе Т., Майер С. (21 декабря 2000 г.). «Физико-химические свойства биопленок». У Эванса Л. В. (ред.). *Биопленки: последние достижения в их изучении и контроле*. CRC Press. стр. 20. ISBN 978-9058230935.
5. Сян Цзянь, Цю Цзянь, Ван И и Гу Х (2022) Ацетат кальция как источник кальция, используемый в биоцементе для улучшения эксплуатационных характеристик и снижения выбросов аммиака. *Журнал чистого производства* 348: статья 131286, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131286>.
6. Ариас Д., Цистернас Л. и Ривас М. (2017). Биоминерализация, опосредованная уреолитическими бактериями, применяемая для очистки воды: обзор. *Кристаллы* 7 (11): <https://doi.org/10.3390/cryst7110345>.
7. Энъеди Н. Т., Мако, Котай Л. и др. (2020). Образование аморфного карбоната кальция, вызванное пещерными бактериями. *Научные отчеты* 10: статья 8696, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65667-w>.
8. Хоффманн Т. Д., Пейн К. и Гебхард С. (2021) Генетическая оптимизация индуцированного бактериями осаждения кальцита у *Bacillus subtilis*. *Микробные Клеточные фабрики* 20(1): статья 214, <https://doi.org/10.1186/s12934-021-01704-1>.
9. Хан М. Б., Шен Л. и Диаш-да-Коста Д. (2021) Способность биобетона к самовосстановлению в подводной и приливной морской среде. *Строительство и строительные материалы* 277: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122332>.

10. Манзур Т., Рахман Ф., Афроз С., Хук Р. С. и Эфаз И. Х. (2017) Потенциал микробиологически индуцированного процесса осаждения кальцита для повышения долговечности бетона с заполнителем для каменной кладки. Журнал материалов в Гражданское строительство 29 (5): 04016290, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001799](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001799).

11. Манзур Т., Шамс Хук Р., Фази и др. (2019) Улучшают эксплуатационные характеристики кирпичного бетона с использованием микробиологически индуцированного осаждения кальцита. Тематические исследования в области строительных материалов 11: артикул e00248, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00248>.

12. Гасеми П. и Монтойя Б. М. (2020) Применение в полевых условиях микробиологического осаждения карбоната кальция на прибрежном песчаном склоне. В Geo-Congress 2020: Биогеотехника (Кавазанджян Э., Хэмблтон Дж.П., Махненко Р. и Бадж А. С. (ред.)). Американское общество инженеров-строителей, Рестон, Вирджиния, США, Специальное издание по геотехнике, 320, стр. 141 – 149.

13. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. Пермь: Изд-во ПГУ, 2011. 248 с. URL: <http://www.nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2011/0381.pdf>.

14. Балабушевич Н. Г., Коваленко Е. А., Михальчук Е. В., Филатова Л. Ю., Володькин Д., Викулина А. С. Адсорбция муцина на микрокристаллах ватерита CaCO<sub>3</sub> для прогнозирования мукоадгезивных свойств. Журнал Коллоидный интерфейс. Colloid Interface Sci. 2019;545:330-339. doi: 10.1016/j.jcis.2019.03.042.

15. Михальчук Е. В., Басырева Л. Ю., Гусев С. А., Панасенко О. М., Клинов Д. В., Баринов Н. А., Морозова О. В., Москалец А. П., Мальцева Л. Н., Филатова Л. Ю. и др. Активация нейтрофилов микрочастицами муцин-ватерита. Журнал Коллоидный интерфейс. doi: 10.3390/ijms231810579. — DOI — PMC — PubMed. Дата публикации: 2022;23:10579.

16. Мэн Х., Чжу С., Гао Ю., Хэ Дж. и Ван Ю. (2021) Кухонные отходы для культивирования *Sporosarcina pasteurii* и их применение для борьбы с ветровой эрозией пустынных почв с помощью микробиологически индуцированных карбонатных осадков. "Acta Geotechnica", 16 (12): 4045 – 4059, <https://doi.org/10.1007/s11440-021-01334-2>.

17. Шарма М., Сатъям Н. и Редди К. Р. (2021) Влияние циклов замораживания–оттаивания на технические свойства биоцементированного песка при различных условиях обработки. Инженерная геология 284: артикул 106022, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106022>.

---

## PROMISING BIOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION ENGINEERING

O. M. Presnov\*

A. D. Doroshko\*\*

D. V. Zueva\*\*

L. P. Matveev\*\*

\* Siberian Federal University, Krasnoyarsk

\*\* Krasnoyarsk Rail Transport Institute — the branch of IrGUPS, Krasnoyarsk

---

### **Abstract**

Nowadays, when economic and daily human activities bring changes to the environment, including from the point of view of construction engineering, the use of microbiological processes can solve a number of problems. Biocementation, or "biocement" in another way, is a new eco-friendly approach that has gained popularity due to low energy consumption and carbon dioxide emissions compared to existing technologies for geotechnical and geoecological engineering applications. This soil improvement technique involves binding the pore space of soil particles with calcium carbonate minerals by microbiological deposition of calcium carbonate in the soil matrix (MICP) and filling the pore space of the soil. The mechanism of biocementation consists in natural cementation and dewatering of soils.

The purpose of this article is to present a modern understanding of biocementation for soil strengthening. To evaluate the methods of biocementation: pre-mixing, injection, immersion and surface seepage, to determine the economic and environmental feasibility of these technologies.

---

### **The Keywords**

*Biocementation; microbiological geotechnology; ecology, bacteria, calcite, infrastructure, ecosystem, biomineralization, soil improvement, microstructure, soil stabilization.*

### **Date of receipt in edition**

10.06.2024

### **Date of acceptance for printing**

18.06.2024

---

### **Ссылка для цитирования:**

*О. М. Преснов, А. Д. Дорошко, Д. В. Зуева, Л. П. Матвеев. Перспективные биотехнологии в строительном инжиниринге. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 40–48.*



УДК 628.16

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_49-56

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА КАТИОННЫЙ И АНИОННЫЙ СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД

Л. М. Воропай\*

Д. С. Денисова\*

О. Б. Кузнецова\*

Л. И. Соколов\*\*

\* Вологодский государственный университет, г. Вологда

\*\* Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе, г. Москва

### Аннотация

Изучено влияние кавитационных эффектов на изменение концентрации катионов и анионов при очистке реальных сточных вод целлюлозно-бумажного комбината. Обоснована перспективность ультразвукового способа очистки стоков, который обладает преимуществами по сравнению с реагентными, позволяет снизить материальные, энергетические и экономические затраты, уменьшить антропогенную нагрузку на компоненты окружающей природной среды при высокой степени эффективности очистки. Установлены условия и специфичность воздействия ультразвуковых волн на различные типы загрязнителей в сточных водах.

### Ключевые слова

Сточные воды, катионы, анионы, технология, очистка, ультразвук, кавитация, растворимость.

### Дата поступления в редакцию

30.06.2024

### Дата принятия к печати

05.07.2024

### Введение

Основная задача любого предприятия — сокращение технологических сбросов сточных вод в окружающую природную среду за счет внедрения в технологические циклы эффективных способов очистки. В стоках присутствуют разные классы органических и неорганических соединений, поэтому проблема выбора способа их задержания и очистки сточных вод перед выпуском в водоём является актуальной. При выборе способов очистки сточных вод необходимо учитывать вид, объем загрязняющих веществ и расходы воды, особенности физических и химических свойств компонентов сточных вод [1].

Информационный поиск свидетельствует о том, что предприятия используют как реагентные, так и безреагентные способы очистки промышленных стоков от органических и неорганических примесей. К реагентным способам, которые являются наиболее распространенными, относятся способы, основанные на реакциях нейтрализации, образовании осадков и на разложении неустойчивых промежуточных соединений до газов и соответствующих оксидов элементов. Однако реализация этих

способов на практике требует дополнительных площадей, дорогостоящего оборудования для вторичной переработки и утилизации побочных продуктов очистки [2, 3, 4]. С целью устранения данных недостатков используют безреагентные способы, которые основаны на обработке сточных вод разными видами энергетических источников, вызывающих изменение химического состава обрабатываемой воды. Новые прорывные технологии очистки сточных вод включают процессы, основанные на структурно-химическом изменении свойств веществ под действием волновых процессов (кавитации, облучения, магнитных, электромагнитных и ультразвуковых полей) и силовых полей (акустического, электрического, теплового) [5].

Особого внимания заслуживают ультразвуковые способы очистки сточных вод от органических и неорганических примесей. Выполненный аналитический поиск доказывает перспективность их внедрения в технологические циклы очистки сточных вод от разных видов химических соединений [6]. Кавитационные эффекты инициируют и увеличивают скорость протекания физико-химических реакций, обеспечивающих высокую степень очистки сточных вод [7].

Однако для широкого внедрения ультразвуковой очистки и проектирования технологического цикла на очистных сооружениях необходимо учитывать изменение свойств загрязняющих компонентов под влиянием ультразвука. Для решения этой проблемы в работе было подробно изучено влияние кавитационных эффектов на изменение катионного и анионного состава «ультразвученных» сточных вод ПАО «Сокольский ЦБК». Сокольский целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК) — одно из старейших предприятий отрасли в России, основанное в декабре 1899 года. Комбинат расположен в Вологодской области и специализируется на производстве мешочной бумаги и подпергамента. Ежегодно предприятие выпускает около 25 тысяч тонн продукции. В августе 2020 года на площадке ПАО «Сокольский ЦБК» было запущено новое производство по выпуску технических порошкообразных лигносульфонатов, которые широко используются в различных отраслях промышленности. Мощность новой линии составляет 21 тысячу тонн продукции в год.

Из-за активного развития предприятия и увеличения производственных мощностей растет и количество загрязнителей, попадающих в сточные воды. На данный момент предприятие использует реагентные способы очистки, основанные на нейтрализации. Данный метод не дает 100% результата. Поэтому в последние годы предприятие вынуждено рассматривать современные технологии (ультразвуковое поле, кавитация и др. волновые процессы воздействия на водную среду), позволяющие решить проблему с очисткой сточных вод. Результаты, приведённые ниже, показывают перспективность внедрения ультразвуковой технологии для очистки стоков целлюлозно-бумажного предприятия от катионов и анионов.

Цель работы — исследование влияния кавитационных эффектов на изменение концентрации катионов и анионов, входящих в состав сточных вод ПАО «Сокольский ЦБК».

### **Материалы и методы**

Объектом исследования являются производственные стоки ПАО «Сокольский ЦБК». Это одно из старейших предприятий на территории Вологодской области целлюлозно-бумажной промышленности. Отбор проб сточных вод осуществлен 14 октября 2023 г., 18 января 2024 г. и 15 марта 2024 г. Предметом исследования является изучение влияния кавитационных эффектов на изменение концентрации катионов (общего железа (Fe) и хрома (Cr), ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) и анионов (нитрит-ионов ( $\text{NO}_2^-$ ), нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ), хлорид-ионов ( $\text{Cl}^-$ ) и сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), которые являются основными компонентами сточных вод.

При выполнении эксперимента использовали ультразвуковую ванну контактного типа  $V=2$  л, в стенки которой вмонтированы два ультразвуковых излучателя (мощность 140 Вт, частота колебаний 20–22 кГц), таким образом, что после отключения от источника питания стенки ванны выполняют функцию излучателя в течение 3–5 минут. Схема установки представлена на *рис. 1*.



*Рис. 1.* Ультразвуковая ванна контактного типа с двумя излучателями

В ранее выполненных исследованиях установлено повышение температуры при озвучивании от 40 до 60°C в зависимости от вязкости среды; число кавитации также зависит от вязкости среды и изменяется от 500 до 900 [8].

На основании информационного поиска следует, что, в отличие от реagentных способов, внедрение ультразвука обеспечивает высокую степень очистки сточных вод от разных видов загрязняющих компонентов, включая катионы и анионы, до значений предельно допустимых концентраций (ПДК) за один технологический цикл. За счет кавитационных эффектов исключается применение реагентов, при этом снижаются материальные затраты, минимизируется антропогенное воздействие на окружающую среду. Это делает процесс очистки более экономичным и экологически безопасным.

Содержание ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ) в стоках устанавливали комплексонометрическим методом анализа с применением в качестве металлоиндикаторов мурексида и эриохрома черного; при определении концентрации катионов аммония, общего железа и хрома используют фотоэлектроколориметрический метод анализа.

Метод определения катионов аммония основан на качественной реакции с реактивом Несслера ( $\text{K}_2[\text{HgI}_4]+\text{KOH}$ ). При определении содержания общего железа (Fe) использовали реакцию взаимодействия катионов железа с о-фенантролином. Метод определения концентрации общего хрома (Cr) в стоках был основан на реакции ионов хрома (III) с дифенилкарбазидом в кислой среде.

Для определения содержания нитрит-ионов ( $\text{NO}_2^-$ ) в сточных водах использовали фотоэлектроколориметрический метод анализа, основанный на реакции нитритов с реактивом Грисса. Установление концентрации нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ) в производственных стоках основано на применении фотоэлек-

троколориметрического метода, связанного со способностью нитратов взаимодействовать с салициловой кислотой в сернокислой среде. При определении содержания хлорид-ионов ( $\text{Cl}^-$ ) в образцах сточных вод Сокольского ЦБК использовали титриметрический метод анализа с использованием в качестве титранта нитрат серебра ( $\text{AgNO}_3$ ) и индикатора хромат калия ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ). Для установления концентрации сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) в стоках целлюлозно-бумажного предприятия применяли турбидиметрический метод, базирующийся на реакции сульфатов с хлоридом бария ( $\text{BaCl}_2$ ) в кислой среде с образованием взвеси сульфата бария ( $\text{BaSO}_4$ ), стабилизируемой смесью этилового спирта ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) и этиленгликоля ( $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ ) для предотвращения растворения осадка сульфата бария.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования устанавливали содержание катионов и анионов в сточных водах предприятия. Результаты анализа представлены в *таблице 1*.

Таблица 1

Исходный катионный и анионный состав исследуемых проб сточных вод

Компоненты воды	Содержание компонентов в пробах, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
$\text{Ca}^{+2}$	23,01	100
$\text{Mg}^{+2}$	7,20	40
$\text{Fe}^{+3}$	0,58	0,05
$\text{Cr}^{+3}$	0,14	0,005
$\text{NH}_4^+$	15,38	0,5
$\text{SO}_4^{2-}$	13,10	500
$\text{Cl}^-$	29,14	350
$\text{NO}_3^-$	0,80	45
$\text{NO}_2^-$	4,12	3,3

В ходе исследования выявлено превышение ПДК для биогенных компонентов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_2^-$ , для микроэлемента  $\text{Cr}^{3+}$ , а также для главного компонента сточных вод  $\text{Fe}^{3+}$ . Эти данные указывают на необходимость принятия мер по очистке сточных вод для снижения уровня загрязнения и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду.

На втором этапе исследования образцы стоков ПАО «Сокольский ЦБК» «ультразвучивали» в течение 5, 15, 20, 30, 40, 60 минут. Затем после каждого времени воздействия фиксировали влияние ультразвуковой обработки (УЗО) на изменение содержания катионов и анионов.

Результаты, отражающие влияние ультразвука на концентрации катионов, представлены в *таблице 2*.

Таблица 2

## Катионный состав сточных вод Сокольского ЦБК после УЗО

Компоненты сточных вод		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Fe <sup>+3</sup>	Cr <sup>+3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Концентрация катионов в зависимости от времени «озвучивания», мг/дм <sup>3</sup>	Исходная концентрация	23,01	7,2	0,58	0,14	15,38
	5 мин	20,8	6,4	0,38	0,08	12,32
	15 мин	24,12	5,81	0,1	0,02	6,14
	20 мин	25,75	2,98	0,09	0,02	3,42
	30 мин	29,01	2,14	0,09	0,02	3,21
	40 мин	29,8	2,08	0,09	0,02	2,94
	60 мин	29,9	2,01	0,09	0	2,94

Результаты свидетельствуют, что эффективность действия УЗО на сточные воды зависит от растворимости загрязняющих компонентов, от способности к гидролизу.

В состав как сточных, так и природных вод, всегда входят катионы кальция и магния, которые определяют их жесткость. Среди соединений кальция есть как растворимые, так и нерастворимые формы, что необходимо учитывать при УЗО. Из полученных результатов можно сделать вывод, что ионы кальция (Ca<sup>2+</sup>) под действием кавитации из малорастворимых форм переходят в растворимые. Этот переход зависит от времени озвучивания. Так, при озвучивании сточных вод в течение 5 минут наблюдается уменьшение содержания катионов кальция на 2,21 мг/дм<sup>3</sup> по сравнению с исходной концентрацией. Однако при дальнейшем увеличении времени озвучивания за счет кавитации возрастает температура, увеличивается степень дисперсности взвешенных веществ и их растворимость, что приводит к увеличению концентрации катионов кальция. Таким образом, максимальная эффективность озвучивания для катионов кальция наблюдается в первые 5 пять минут УЗО и соответствует 9,06%. При дальнейшем увеличении времени озвучивания содержание катионов кальция возрастает, но превышает значение ПДК. Это необходимо учитывать при моделировании и последующем проектировании технологического процесса.

Максимальное уменьшение концентрации ионов магния (Mg<sup>2+</sup>) достигается при озвучивании воды в течение 20–30 минут и составляет 5,06 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная эффективность удаления соединений магния в сточных водах составляет 70–71% от исходной концентрации при времени озвучивания 30 минут. Это означает, что УЗО является эффективным методом очистки воды от соединений магния. Однако дальнейшее увеличение продолжительности обработки до 60 минут не изменяет значение концентрации, поэтому оптимальное время озвучивания составляет 30 минут.

В состав сточных вод входят ионы хрома (III) (Cr<sup>3+</sup>) и железа (III) (Fe<sup>3+</sup>), которые соответствуют слабым основаниям и могут подвергаться гидролизу, что необходимо учитывать при разработке технологии. Установлено, что наибольшая эффективность осаждения ионов металлов под влиянием кавитации наблюдается для катионов хрома (III) и железа (III). Результаты свидетельствуют, что через 15 минут после озвучивания происходит уменьшение концентрации ионов хрома (Cr<sup>3+</sup>) на 0,12 мг/дм<sup>3</sup>, что составляет 86% от исходной концентрации. При дальнейшем озвучивании содержание катионов хрома (Cr<sup>3+</sup>) практически не изменяется, что говорит о достижении определенного равновесия между процессами осаждения и растворения. Таким образом, кавитация оказывает значительное влияние на осаждение катионов хрома (III).

Аналогичная закономерность влияния УЗО на процессы осаждения наблюдается и для ионов железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Как видно из *таблицы 2*, при времени озвучивания 15 минут происходит уменьшение концентрации на  $0,49 \text{ мг/дм}^3$ . Максимальная эффективность очистки сточных вод от катионов железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) составляет 82–83% при времени озвучивания от 15 до 20 минут. При дальнейшем увеличении времени озвучивания концентрация ионов железа практически не изменяется.

Восстановленные формы азота, такие как катионы аммония, образуют растворимые соединения. При озвучивании их концентрация в сточных водах уменьшается за счет дегазации аммиака. Одновременно в озвученной среде протекают реакции окисления катионов аммония до нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ). Поэтому концентрация нитрат-анионов при кавитации возрастает, но уменьшается концентрация катионов аммония. Результаты свидетельствуют, что процесс дегазации ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) начинается через 15 минут после начала озвучивания и продолжается на протяжении всего времени озвучивания. За счет этого наблюдается уменьшение концентрации катионов аммония от  $6,14 \text{ мг/дм}^3$  до  $2,94 \text{ мг/дм}^3$ , что составляет примерно 52% от исходной концентрации. Как видно на графике, максимальная эффективность очистки сточных вод Сокольского ЦБК от ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) составляет до 52% от исходной концентрации при времени озвучивания 15 минут. При дальнейшем увеличении времени озвучивания до 40 минут эффективность очистки составляет 81%.

Результаты, связанные с воздействием УЗО на изменение концентрации анионов, представлены в *таблице 3*.

Таблица 3

Анионный состав сточных вод Сокольского ЦБК после УЗО

Компоненты сточных вод		$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$
Концентрация катионов в зависимости от времени «озвучивания», $\text{мг/дм}^3$	Исходная концентрация	13,1	29,14	0,8	4,12
	5 мин	12,4	25,82	0,92	3,16
	15 мин	8,75	15,14	1,21	2,05
	20 мин	6,47	9,32	2,14	1,52
	30 мин	6,72	12,46	3,18	0,93
	40 мин	6,91	14,32	3,21	0,91
	60 мин	7,02	14,32	3,22	0,91

Низкочастотные ультразвуковые волны вызывают уменьшение концентрации нитрит-ионов ( $\text{NO}_2^-$ ) с  $4,12 \text{ мг/дм}^3$  до  $0,8 - 0,9 \text{ мг/дм}^3$  за счет процессов окисления до нитрат-анионов. Исходя из анализа *таблицы 3*, максимальная эффективность очистки колеблется от 77,43% до 77,91% в зависимости от времени озвучивания. Однако увеличение времени озвучивания от 30 до 60 минут практически не влияет на эффективность очистки сточных вод от нитритов. Это указывает на специфичность воздействия ультразвуковых волн на различные типы загрязнителей в сточных водах.

Нитрат-ионы ( $\text{NO}_3^-$ ) образуют только растворимые соли, что необходимо учитывать при разработке ультразвукового способа очистки сточных вод. За счет окисления восстановленных форм азота происходит увеличение концентрации нитрат-анионов. Однако эти значения не превышают ПДК. При анализе полученных числовых данных можно сделать вывод, что при увеличении времени озвучивания содержание нитратов возрастает.

Ультразвуковые волны могут быть эффективным инструментом для очистки сточных вод от ионов хлора, которые всегда в них присутствуют и в значительном количестве. Из экспериментальных данных следует, что при озвучивании сточных вод в течение 20 минут достигается минимальная остаточная концентрация хлорид-ионов ( $\text{Cl}^-$ ) — 9–10 мг/дм<sup>3</sup> при эффективности очистки сточных вод до 69%, что соответствует максимальному значению. Дальнейшее увеличение ультразвукового воздействия вызывает повторное увеличение концентрации хлорид-ионов ( $\text{Cl}^-$ ) из-за увеличения растворимости соединений хлора и способности к гидролизу солей хлоридов металлов, образованных слабыми основаниями. Это подчеркивает важность учета таких физико-химических характеристик сточных вод, таких как растворимость и способность к гидролизу.

В работе исследовано влияние УЗО на изменение концентрации сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) после озвучивания. Анализ результатов показывает, что максимальная эффективность очистки сточных вод от сульфат-анионов составляет 50–51% и наступает через 20 минут после озвучивания. При дальнейшем увеличении времени озвучивания за счет повышения растворимости сульфатов наблюдается рост концентрации сульфат-ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) и достигает значения 7,02 мг/дм<sup>3</sup>. Таким образом, эффективность очистки сточных вод от сульфат-анионов зависит от продолжительности озвучивания, растворимости соединений и способности подвергаться гидролизу.

### Заключение

В сточных водах ПАО «Сокольский ЦБК» обнаружено превышение ПДК для биогенных компонентов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_2^-$ , для микроэлемента  $\text{Cr}^{3+}$ , а также для главного компонента сточных вод  $\text{Fe}^{3+}$ .

Установлено, что по эффективности очистки стоков Сокольского ЦБК катионы и анионы можно разделить на две группы. Представители первой группы ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) образуют осадок, подвергаются «глобулизации» и окислительно-восстановительным реакциям, что способствует очистке производственных стоков. Для второй группы ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) под воздействием УЗО наблюдается увеличение концентрации при «озвучивании» от 15 до 60 минут. Это следует учитывать при моделировании и последующем проектировании технологического процесса ультразвуковой очистки сточных вод.

### Библиографический список

1. Душкин, С. С. Прогрессивные технологии в области очистки природных и сточных вод / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная // Коммунальное хозяйство городов. — 2010. — № 93. — С. 3–11.
2. Силинский, В. А. Влияние хлорсодержащего реагента, полученного из подземных минерализованных вод, на биологическое потребление кислорода очищаемых сточных вод / Л. И. Соколов, В. А. Силинский // Системные технологии. — 2023. — Т. 3, № 9. — С. 57–62.
3. Соколов, Л. И. Обеззараживание стоков целлюлозно-бумажного производства минеральных подземных вод / Л. И. Соколов, В. А. Силинский // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. — 2022. — Вып. 87(2). — С. 123–135.
4. Пат. 2722175 Российская Федерация, МПК C25B 1/26. Способ получения электролитического гипохлорита натрия / С. В. Колобова, Е. А. Мезенева, Л. И. Соколов, В. А. Силинский; заявитель и патентообладатель Волог. гос. ун-т. — №: 2019139636; заявл. 05.12.2019; опубл. 28.05.2020, бюл. № 16.

5. Ультразвуковые технологии повышения эффективности производства / В. Н. Хмелев, И. И. Савин, Р. В. Барсуков // Специализированный журнал для технических специалистов «Образование регионам». — 2005. — № 13. — С. 29–33.

6. Шаранова, А. В. Применение ультразвука для интенсификации сорбционной очистки сточных вод / А. В. Шаранова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. — 2013. — № 1. — С. 109–111.

7. Скворцов, С. П. Методы контроля параметров ультразвуковой кавитации / С. П. Скворцов // Машиностроение и компьютерные технологии. — 2015. — № 2. — С. 46–64.

8. Осипов, Ю. Р. Эффективность применения ультразвуковой технологии в процессе структурообразования древесно-цементного композита / Ю. Р. Осипов, Л. М. Воронай, В. П. Сеничев // Экология и промышленность России. — 2016. — Т. 20, № 2. — С. 4–9.

---

## THE EFFECT OF ULTRASOUND OF THE KATIONIC AND ANIONIC COMPOSITION OF WASTEWATER

L. M. Voropai \*

D. S. Denisova \*

O. B. Kuznetsova \*

L. I. Sokolov \*\*

\* Vologda State University, Vologda

\*\* Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow

---

### Abstract

The effect of cavitation effects on changes in the concentration of cations and anions during the treatment of real wastewater from a pulp and paper mill has been studied. The prospects of the ultrasonic wastewater treatment method, which has advantages over reagent ones, reduces material, energy and economic costs, and reduces the anthropogenic load on environmental components with a high degree of purification efficiency, are substantiated. The conditions and specificity of the effect of ultrasonic waves on various types of pollutants in wastewater have been established.

### The Keywords

Wastewater, technology, purification, ultrasound, cavitation, solubility.

### Date of receipt in edition

30.06.2024

### Date of acceptance for printing

05.07.2024

---

### Ссылка для цитирования:

Л. М. Воронай, Д. С. Денисова, О. Б. Кузнецова, Л. И. Соколов. Влияние ультразвука на катионный и анионный состав сточных вод. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 49–56.



УДК 628.11+628.2

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_57-61

## К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ЧАД

И. А. Синянский \*

Д. А. Матвеев \*\*

З. У. Джангидзе \*\*

\* Государственный университет по землеустройству (ГУЗ), г. Москва

\*\* Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва

### Аннотация

В статье рассматриваются вопросы, связанные с необходимостью модернизации систем водоснабжения и водоотведения Республики Чад. В государстве развитие инженерных систем на должном уровне не происходило. В связи с этим доступ населения к централизованным системам ограничен. Местные системы водоснабжения и водоотведения не обеспечивают требуемую надежность подачи воды и отведения стоков из городов и населенных пунктов. Предлагаются решения по модернизации систем путем применения современных водозаборных и очистных сооружений. Целесообразным становится развитие на территории страны экологического мониторинга водных объектов под контролем государства.

### Ключевые слова

Модернизация, водоснабжение, водоотведение, водозаборное сооружение, очистные сооружения, водоем, водоток, сточные воды.

### Дата поступления в редакцию

30.06.2024

### Дата принятия к печати

05.07.2024

Республика Чад расположена на африканском континенте и из-за своего непростого географического положения испытывает дефицит водных ресурсов [1 – 2].

Северную часть страны занимают пустынные территории. Государство примыкает к пустыни Сахара, которая значительно влияет на формирование климата. По этой причине постоянные водотоки в северной части отсутствуют. Иногда появляются временные водные объекты, однако их сток всегда не стабилен и изменяется из года в год. Иногда при небольшом выпадении осадков сток может совершенно отсутствовать. Однако в полной мере не приходится говорить об использовании данных водных объектов на цели водоснабжения при таких сложных условиях.

Территории государства, расположенные южнее, имеют экваториально-муссонный климат. По такой местности протекают несколько водотоков, а также расположено крупное озеро — Чад, которое омывает сразу площадь нескольких государств.

Среди крупнейших водотоков можно перечислить Шари и Логон, относящиеся к бассейну реки Конго. Большая территория, прилегающая к этим рекам, представляет собой заболоченную местность.

Озеро Чад издавна являлось крупным источником воды, однако по до конца не выясненным причинам, оно стало мелеть, повторяя судьбу еще одного крупного водного объекта — Аральского озера. По последним данным водоем уже потерял до половины своего первоначального объема. Сегодня его площадь оценивается примерно в 1,5 тысячи кв. километров. Однако год из года объемы водоема сильно колеблются. Это происходит из-за того, что водность в водотоках, которые впадают в озеро, всегда нестабильна. Особенно большие объемы воды поступают в те годы, когда наблюдаются продолжительные осадки в виде дождя.

По результатам обзора литературных источников [3–4], было выяснено, что государству современных систем водоснабжения и водоотведения не хватает. Это связано, прежде всего с нестабильной экономической ситуацией в государстве по причине того, что за последние несколько десятилетий происходили продолжительные военные конфликты, из-за чего активно возрастали финансовые вливания в оборонный сектор.

Также страна испытывает сложности с подготовкой специалистов, которые способны решать вопросы с водоснабжением и водоотведением городов и населенных пунктов. Международное сотрудничество в плане обмена опытом по вопросам водной отрасли не развито широко.

Исследования, проведенные специалистами организации объединенных наций (ООН), позволили выяснить, что качество воды в стране оставляет желать лучшего. Централизованное водоснабжение организовано только для 6% населения, где имеются сооружения забора воды, распределения, подачи, а также очистки. Государство осуществляет надзор и экологический мониторинг только не более 40% всех водных ресурсов страны. Над остальными 60% контроль не осуществляется. Это приводит к тому, что происходят неконтролируемые сбросы неочищенных сточных вод, что ведет к появлению и распространению различных заболеваний среди населения, например, желудочно-кишечных. По результатам исследований ООН, было выяснено, что не более 2% стоков проходит необходимую очистку. Это ухудшает качество жизни людей и приводит к антисанитарии в городах и населенных пунктах, оказывая отрицательное воздействие на сами водные объекты, а также на их флору и фауну.

В стране сильно развиты децентрализованные системы водоснабжения и водоотведения, которые не контролируются государством. Многие выгребы запроектированы не по нормам. Стоки из них проникают в поверхностные водные объекты, а также загрязняют горизонт подземных вод.

В государстве Чад не более 2% населения имеют доступ к электрической энергии. По этой причине организовать работу напорных систем в необходимом объеме не представляется возможным.

Отрицательное влияние на водные объекты также оказывают многочисленные выбросы в воздушный бассейн продуктов сгорания от тепловых электрических станций (ТЭС), большинство из которых работают на жидком топливе.

В Республике Чад ежегодно наблюдается высокий прирост населения, несмотря на высокую смертность (особенно в младенческом возрасте). Средняя рождаемость на одну семью составляет около пяти детей. Людям требуется качественная вода для удовлетворения своих физиологических потребностей на питьевые нужды, а также на санитарно-гигиенические процессы.

Кроме того, за последнее время, благодаря приглашению иностранных инвесторов, начинает развиваться промышленность, а именно добыча нефти. Любая промышленность требует не только огромные запасы воды, но и требуемое качество в зависимости от вида выпускаемой продукции.

Все вышеперечисленное позволяет утверждать, что для Республики Чад остро встает задача по решению вопросов модернизации существующих систем водоснабжения и водоотведения с необходимостью увеличения темпов строительства новых систем для городов и населенных пунктов страны.

Как выяснено выше, одна из ключевых проблем для государства — это отсутствие необходимых объемов водных ресурсов по причине непростого географического положения. Также беспокойство вызывает пересыхание водотоков и водоемов, особенно озера Чад.

Для решения вышеперечисленных проблем следует организовать большие водохозяйственные работы, а именно переброс стоков из реки Конго в реки Шари и Логон, что позволит увеличить объемы поступающей воды. Разговоры по такому вопросу уже начинались и решением пока не закончились. Ведь в таком случае станет необходимым организовать совместную работу с другими африканскими государствами, через которые протекает река Конго, а это всегда представляет непростую задачу. Также следует изыскивать крупную территорию для возведения плотины в русле реки с целью создания водохранилища. Несомненно, что такой проект будет масштабным и затратным с финансовой точки зрения, однако крайне необходимым для спасения водных объектов. На сегодня конкретных решений и разработанных проектов, к сожалению, пока представлено не было. Однако, некоторые природоохранные организации заявляют о необходимости организации финансовой помощи по вопросам такого строительства с учетом того, что заинтересованность в спасении водных объектов в Африке является важной составляющей для развития не только этого континента, но и всей нашей планеты.

Кроме того, необходимым шагом будет являться создание стратегии к движению от местных систем водоснабжения и водоотведения к централизованным [5–11]. Это позволит государству в полной мере контролировать все происходящие процессы в системах и при необходимости осуществлять необходимые модернизации и плановые работы точно в срок. Также стоит отметить, что местные системы водоснабжения и водоотведения не могут обеспечить надежность функционирования по сравнению с централизованными.

Внедрение полного мониторинга государством за состоянием водных объектов позволит избежать возможных экологических катастроф, а также предугадать возможные варианты развития событий с экологической ситуацией [12–14]. Для этого следует сформировать специальные службы с обученным персоналом. Именно они будут отвечать за решение всех необходимых задач, связанных с мониторингом за экологической ситуацией водных объектов страны.

Реки Логон и Шари, протекающие через территорию Республики Чад, несут большое количество взвешенных наносов. Для улучшения работы очистных сооружений следует осуществлять борьбу с наносами на стадии забора воды. Для этого целесообразнее размещать водозаборные сооружения в водоприемных ковшах — искусственно созданных заливах, для этого следует проводить значительные дноуглубительные работы с применением строительной техники. Взвешенные наносы, проходя через водоприемный ковш, при небольшой скорости их перемещения, начинают осаждаться на дно под действием силы тяжести. Это позволяет доходить очищенной от взвеси воде до водозаборных сооружений, значительно облегчая работу очистных сооружений систем водоснабжения.

Также можно применять специальные конструкции водозаборных сооружений сифонного типа, которые дополнительно снижают количество поступающих взвешенных веществ из водного объекта непосредственно на водозаборное сооружение.

Несомненно, что вопросы напорной подачи воды до городов и населенных пунктов без развития энергетики осуществить будет невозможно. Уже запроектируемые и работающие объекты не способны решить эту проблему из-за того, что их производительность небольшая. Сегодня с учетом наличия в стране жаркого климата становится целесообразным развитие альтернативной энергетики. В данном

случае речь идет о солнечных панелях для выработки электрической энергии. Во многих других государствах с жарким климатом, например, в Испании, они начинают получать широкое распространение. Таким образом, при организации помощи развитых государств Республике Чад возможно получение дешевой электрической энергии на различные нужды для решения основных задач.

Модернизация систем водоснабжения и водоотведения Республики Чад является приоритетным направлением, которое позволяет не только улучшить качество жизни людей государства, но и поддерживать экологическое состояние в стране на требуемом уровне.

### **Библиографический список**

1. *Лувехндигссем М. И., Латыпова М. М.* Экологические проблемы водоснабжения в Республике Чад // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования. Сборник докладов Всероссийской научной конференции. Белгород, 2023. С. 33 – 37.
2. *Елькина Е. А.* Озеро Чад: экология и гидрополитика // Азия и Африка сегодня. 2017. № 3 (716). С. 49 – 52.
3. *Абдель-Гадир Б. М., Кузнецова Г. М., Ягафарова Г. Г.* Поиск сорбентов для очистки водных объектов от нефтяных загрязнений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 4 (32). С. 72 – 79.
4. *Джеруа Абдалла А.* О решении водных проблем в республике Чад // Всероссийский форум молодых исследований — 2022. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 429 – 437.
5. *Андрианов А. П., Ефремов Р. В., Хургин Р. Е.* Проблемы современного водоснабжения // Системные технологии. 2022. № 3 (44). С. 5 – 13.
6. *Хургин Р. Е., Кулагина А. С.* Современный взгляд на водопотребление городов // Системные технологии. 2021. № 1 (38). С. 62 – 65.
7. *Ефремов Р. В., Зубарева О. Н., Шипков О. И.* К вопросу о снижении капитальных затрат при строительстве систем внутреннего водоснабжения и водоотведения // Системные технологии. 2022. № 1 (42). С. 22 – 26.
8. *Залётов С. В., Залётова Н. А.* Расширение пределов применения биологической очистки сточных вод // Системные технологии. 2021. № 1 (38). С. 27 – 32.
9. *Залётова Н. А., Морозова Н. В., Булычев И. О.* Изменение во времени приоритетов в технологиях очистки городских сточных вод // Системные технологии. 2018. № 2 (27). С. 89 – 94.
10. *Залётова Н. А., Касперович В. Ю.* Современные направления очистки высококонцентрированных сточных вод // Системные технологии. 2021. № 1 (38). С. 44 – 49.
11. *Хургин Р. Е., Чухин В. А.* Управление жизненным циклом систем внутреннего водоснабжения зданий // Системные технологии. 2021. № 4 (41). С. 110 – 117.
12. *Говорова Ж. М., Канивец У. С., Говоров В. О.* Оптимизация очистки природных вод в условиях усиленной антропогенной нагрузки // Системные технологии. 2023. № 4 (49). С. 127 – 133.
13. *Говорова Ж. М., Рудич У. С., Говоров В. О.* Обоснование применения аммонизации природной воды, содержащей органические вещества // Системные технологии. 2020. № 1 (34). С. 17 – 20.

14. Хургин Р. Е., Орлов В. А., Зоткин С. П., Малеева А. В. Методика и автоматизированная программа определения коэффициента Шези «С» и относительной шероховатости «п» для безнапорных трубопроводов // Научное обозрение. 2011. № 4. С. 54 – 60.

## ON THE NEED TO MODERNIZE THE WATER SUPPLY AND SANITATION SYSTEMS OF THE REPUBLIC OF CHAD

I. A. Sinjanskij\*

D. A. Matveev\*\*

Z. U. Dzhangidze\*\*

\* State University of Land Use Planning (SULUP), Moscow

\*\* Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow

### Abstract

The article discusses issues related to the need to modernize the water supply and sanitation systems of the Republic of Chad. There was no development of engineering systems at the proper level in the state. In this regard, public access to centralized systems is limited. Local water supply and sanitation systems do not provide the required reliability of water supply and wastewater disposal from cities and towns. Solutions are proposed for the modernization of systems through the use of modern water intake and treatment facilities. It becomes advisable to develop environmental monitoring of water bodies in the country under the control of the state.

### The Keywords

*Modernization, water supply, drainage, water intake, sewage treatment plants, reservoir, watercourse, wastewater.*

### Date of receipt in edition

30.06.2024

### Date of acceptance for printing

05.07.2024

### Ссылка для цитирования:

И. А. Синянский, Д. А. Матвеев, З. У. Джангидзе. К вопросу о необходимости модернизации систем водоснабжения и водоотведения Республики Чад. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 57 – 61.



УДК 725

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_62-71

---

## АРХИТЕКТУРНЫЙ ТИП «ДЕРЕВЕНСКИЕ ВОРОТА» В НАРОДНОМ ЗОДЧЕСТВЕ СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА

**Т. Ф. Жукова**  
**Бу Тиен Тхань**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

---

### **Аннотация**

В статье рассматривается один из архитектурных типов в народном зодчестве северного Вьетнама — «деревенские ворота». Границы исследования — поселения народности кинь в дельте реки Красная в провинциях Ханой, Хунг Йен, Тхай Бинь, Нам Динь, Бак Нинь, Хайзыонг, Хайфон. Определяется функциональное назначение, семантика художественного образа, исследуются развитие архитектурной композиции сооружений во времени — с XVII до XX столетия. Приведен ретроспективный обзор построек. Констатируется факт сложения архитектурного типа «деревенские ворота» в народном зодчестве северного Вьетнама, почвой для формирования которого стали образ жизни и культура сельско-хозяйственной общины.

### **Ключевые слова**

*Северный Вьетнам, народность кинь, деревенские ворота, архитектурный тип, композиция, функциональное назначение, традиционное поселение.*

**Дата поступления в редакцию**  
22.06.2024

**Дата принятия к печати**  
23.06.2024

---

### **Введение**

Ранее нами рассматривалась типология поселений народности кинь — самой многочисленной этнической группы, северного Вьетнама. Специфика планировочной организации поселений предопределена образом жизни феодальных сельско-хозяйственных общин, проживающих в природных условиях дельты реки Красная — в провинциях Ханой, Хунг Йен, Тхай Бинь, Нам Динь, Бак Нинь, Хайзыонг, Хайфон. В независимости от конкретного типа планировочной схемы границы деревень на местности образуют обвалованные стены, в которых «прорезаны» проезды — проходы во внутреннее поселковое пространство для пешеходов и гужевого транспорта, архитектурно оформленные воротами. Стены и ворота, возведенные на добровольные взносы членов сельской коммуны, образуют единую оборонительную систему деревни и, вместе с тем, выделяют ее из окружающего пространства как самостоятельную градостроительную единицу. Становление же художественного образа северо-вьетнамской деревни неразрывно связано с воротами. Обозначая границу между территорией внутри стен и за их пределами, ворота стали «лицом деревни».

Сегодня трудно определить, когда появились эти сооружения в северном Вьетнаме [5]. Простейшие постройки из бамбука, некогда служившие утилитарным функциям транзита в деревню,

благодаря развитию навыков строительства из камня и кирпича на известковом растворе, к началу XIX столетия окончательно приобрели монументальные формы.

Активный процесс урбанизации привел к глубоким качественным изменениям жизни северо-вьетнамской деревни [2]. Начало этому процессу положила французская колонизация, принеся кардинальные нововведения в экономику и культуру страны в целом [1]. За последние десятилетия разрушительная реконструкция изменила до неузнаваемости сельские поселения. Снос границ из обвалованных стен, ворот, как сооружений, не соответствующие требованиям проезда автотранспорта, привел к уничтожению градостроительной самостоятельности поселений. В целях сохранения аутентичности жизненной среды при интеграции северо-вьетнамской деревни в современность представляется актуальным изучение народного опыта объемно-планировочной организации сельских поселений, изучения типологических особенностей отдельных сооружений. Настоящая статья посвящена архитектурному типу «деревенские ворота».

Методы и материалы. За последнее десятилетие проведено ряд исследований, посвященных архитектуре деревень в дельте Красной реки. Ву Там Ланга [10], Пьер Гуру [8], Ву Тхи Тху Ха [11] приводят общие сведения о деревенских сооружениях, в том числе воротах, Фам Тхи Чинь [7] описывает их художественное оформление, Нгуен Дич Лонг [6], Ву Кiem Нинь [9] сообщают об техническом состоянии сохранившихся построек. Ву Ты Лап [12] описывает внешний облик и функциональную организацию ворот: «Раньше было очень трудно войти в село... Единственный въезд, по обеим сторонам дороги — пруды, крепкие кирпичные ворота, деревянная дверь, над которой склад кирпичей и камней в качестве оружия для самообороны...». Однако, комплексного исследования традиционной архитектуры северо-вьетнамских поселений не проводилось. Кроме того, не существует архитектурной типологической классификации народного зодчества в целом. С помощью сочетания таких методов, как обзор, сравнение, синтез и индукция авторы в настоящей статье обобщают результаты ранее проведенных исследований, собственный научный опыт. На основании анализа изученного материала определяют характеристики архитектурного типа — «деревенские ворота».

Результаты исследования и обсуждение. Деревенские ворота архитектурная форма, характерная для многих стран мира — Китая, Японии, Индии. (Рис. 1).

Страна	Китай	Япония	Индия
Ворота деревни			
	деревня Сиди, провинция Аньхой	деревня Сиракаваго, провинция Гифу	деревня Мансурпур Бадала, район Джаландхар

Рис. 1. Деревенские ворота в некоторых странах

Большая часть сохранившихся деревенских ворот северного Вьетнама относится ко времени возрождения единого феодального государства в период правления династии Нгуенов (1802 – 1945).

Самыми же ранними образцами являются **ворота деревни Уок Ле** и **ворота деревни Тхо Ха** построенные в XVII веке, во времена правления династии Мак. Сооружения функционально однозначны. Монументальный павильон организует доступ в деревню, одновременно защищая ее внутренне пространство. Габариты осевой арки обеспечивают трафик пешеходов и повозок. Некогда проем заполняла дверь, которая открывалась и закрывалась в установленные часы. Площадка второго яруса, увенчанная беседкой, предназначена для размещения караульной службы. На нее можно попасть по внутренним лестницам, скрытым в массиве основания. Перед воротами деревни **Уок Ле** находится мост через ров, являющийся частью единой фортификационной системы.

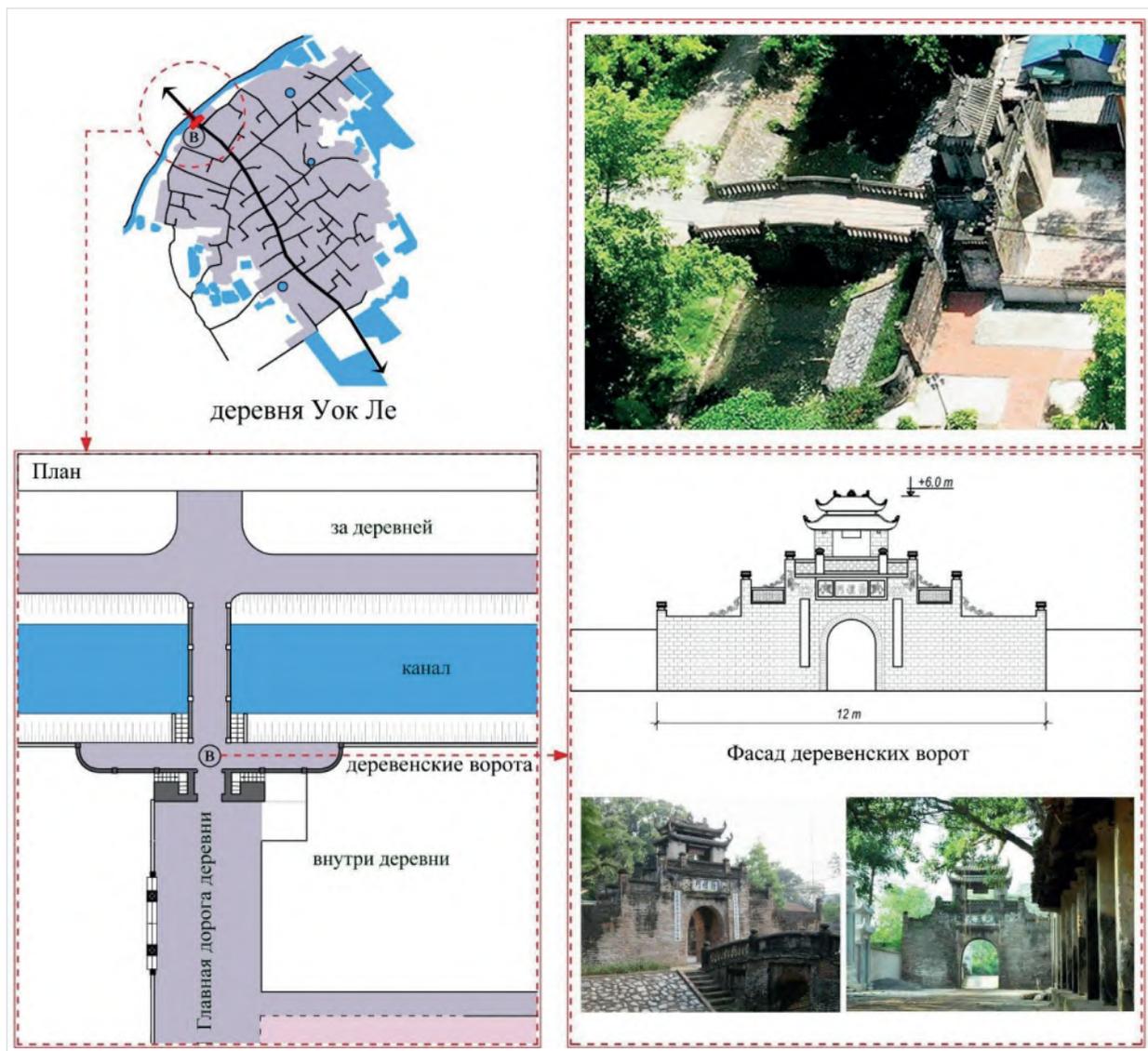


Рис. 2. Ворота деревни Уок Ле

Композиционная организация ворот **Уок Ле** и **Тхо Ха** как нельзя лучше отвечает их предназначению и построена на сочетании монументальной призмы — основания, разделенной по оси сводчатым проходом в первом, и павильона во втором этаже. Тяжеловесный пьедестал несет сквозную беседку, покрытую двухъярусной четырехскатной кровлей. Все архитектурные элементы создают взаимосвязанную иерархию объемов, сокращающихся по высоте.

Характерны для своего времени приемы строительного искусства. Начиная с XVII века во вьетнамской архитектуре наблюдается замена деревянных ордерных систем на более долговечные конструктивные системы. При незначительных габаритах ворот Уок Ле и Тхо Ха (размеры ворот Уок Ле в плане – 12 м на 2,5 м, высота 6 м), сложены из обожженного кирпича на известковом растворе. Техника каменного строительства обусловила криволинейное – полуциркульное очертание перекрытия воротного пролета. Традиционен способ устройства каркасного покрытия павильона с кровельными скатами из лазуритовой черепицы. Изогнутые углы крыши отражают традиционные приемы народного зодчества региона дельты реки Красная.

Стремясь подчеркнуть значимость «деревенских ворот» в организации среды жизнедеятельности сельчан, поверхности стен павильонов богато декорировали фигурной выкладкой из лицевого кирпича, штукатурными и каменными фрагментами с зооморфными сюжетами на мифологические темы. Важным декоративным элементом являются иероглифические надписи с куплетами кандзи по обеим сторонам воротного пролета и названием деревни на фронтоне.



Рис. 3. Архитектурное оформление ворот деревни Уок Ле

**Ворота деревни Нань**, (рис. 4) построенные в конце XVIII века, развивают ранее выработанный прием и, вместе с тем, подчиняются новациям времени, когда в строительстве исчезают многоярусные вогнутые формы, что явилось наиболее приметной чертой вьетнамской архитектуры уже следующего столетия. При сохранении функции оборонительного сооружения и «транспортного» узла, ворота Нань представляют собой одноярусный объем без беседки. Административное значение деревни предопределило помпезную архитектурную организацию главного входа в виде трехпролетной триумфальной арки. Композиция павильона симметрична — ось средней арки большого пролета намечает главную ось, две малые арки симметрично расположены по бокам. Центральная арка имеет полуциркульное очертание, боковые — полуэллиптическое [3, 4]. По сторонам главного проезда кирпичные плоскости фасадов, как и в прошлом столетии оформляют каменные резные пилястры. Завершают композицию тимпаны с декоративной резьбой по камню и скульптурой, башенки-пинакли.

Символическую семантику имеют колонны-пилястры по сторонам воротных проемов. По народным поверьям, в ее основе лежит антропоморфный образ стражников, охраняющих доступ в деревню. Части пилястр — пьедестал-основание, собственно ствол-пилястра, «капитель» с башенкой-пинаклем сравнимы с частями человеческой фигуры образуют своеобразную ордерную систему (рис. 5). Поверхность каждого элемента в соответствии с значимостью в композиции имеет характер-

ное оформление. Свобода от излишнего декора поверхности пьедестала подчеркивает устойчивость и способность нести верхние-несомые части системы. Ствол пилястры украшают изящные зооморфные изображения, стихи — китайские иероглифы. «Капитель» украшена рельефным изображением одного из четырех героев народного эпоса — цилинь, феникса, черепахи, дракона. (рис. 6). Завершением пилястр становятся статуарные пинакли в виде тех же цилинь или фениксов.



Рис. 4. Ворота деревни Нань

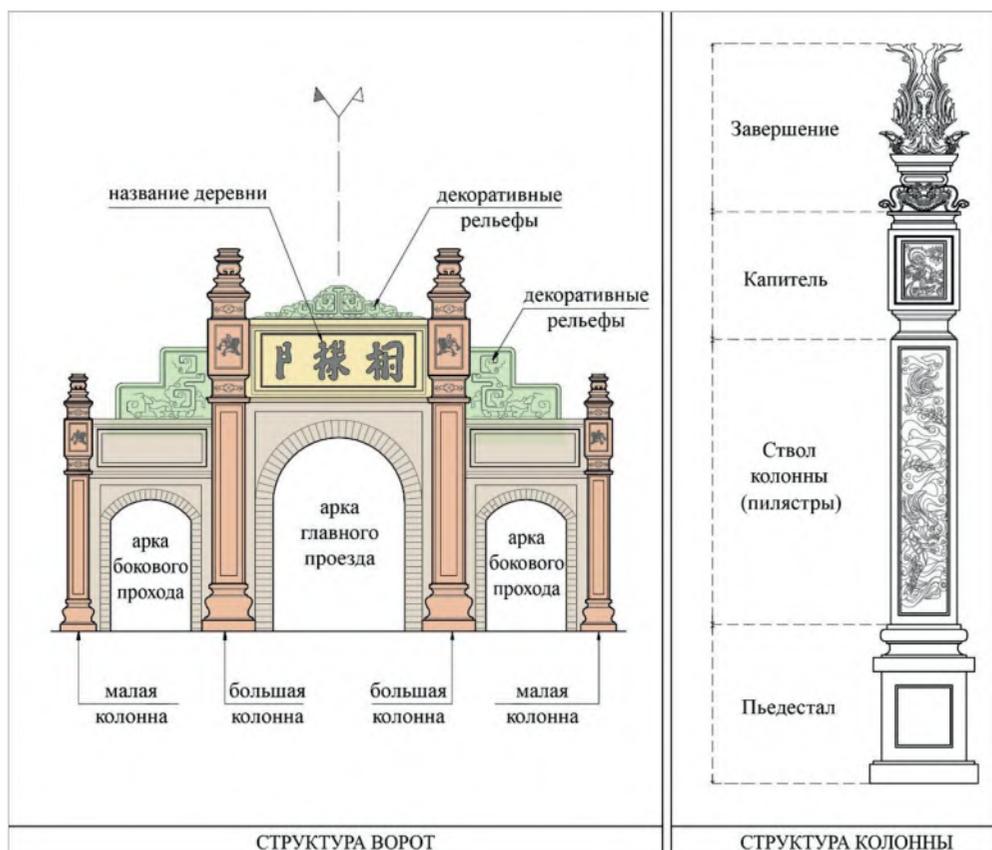


Рис. 5. Архитектурное оформление ворот деревни Нань

ЭЛЕМЕНТЫ «ОРДЕРА» ДЕРЕВЕНСКИХ ВОРОТ НАРОДА КИНЬ	ЗАВЕРШЕНИЕ (АНТАБЛЕМЕНТ)	Цилинь	Фенникс	Лотос	Бутон лотоса	
	КОЛОННА (ПИЛЯСТРА)	заголовки колонны	Цилинь	Фенникс	Черепаша	Дракон
		тело колонны	Дракон		стихи китайскими иероглифами	
	ПЬЕДЕСТАЛ	а)	б)	в)	г)	

Рис. 6. Элементы «ордера»

**Ворота деревни Ном (Рис. 7) Мо Тхо, Жап Нхат** являют собой развитие архитектурной композиции «деревенских ворот» в середине XIX века. В условиях экономической политики Нгуэнов, масштабы построек стали значительно скромнее, композиции — все более лаконичными, свободными от нагромождения излишне пышных элементов. «Деревенские ворота» приобретают схему одноярусных однопролетных скромно декорированных сооружений. Основным строительным материалом по-прежнему является кирпич. При декорации фасадных поверхностей используются выкладки в цвете.

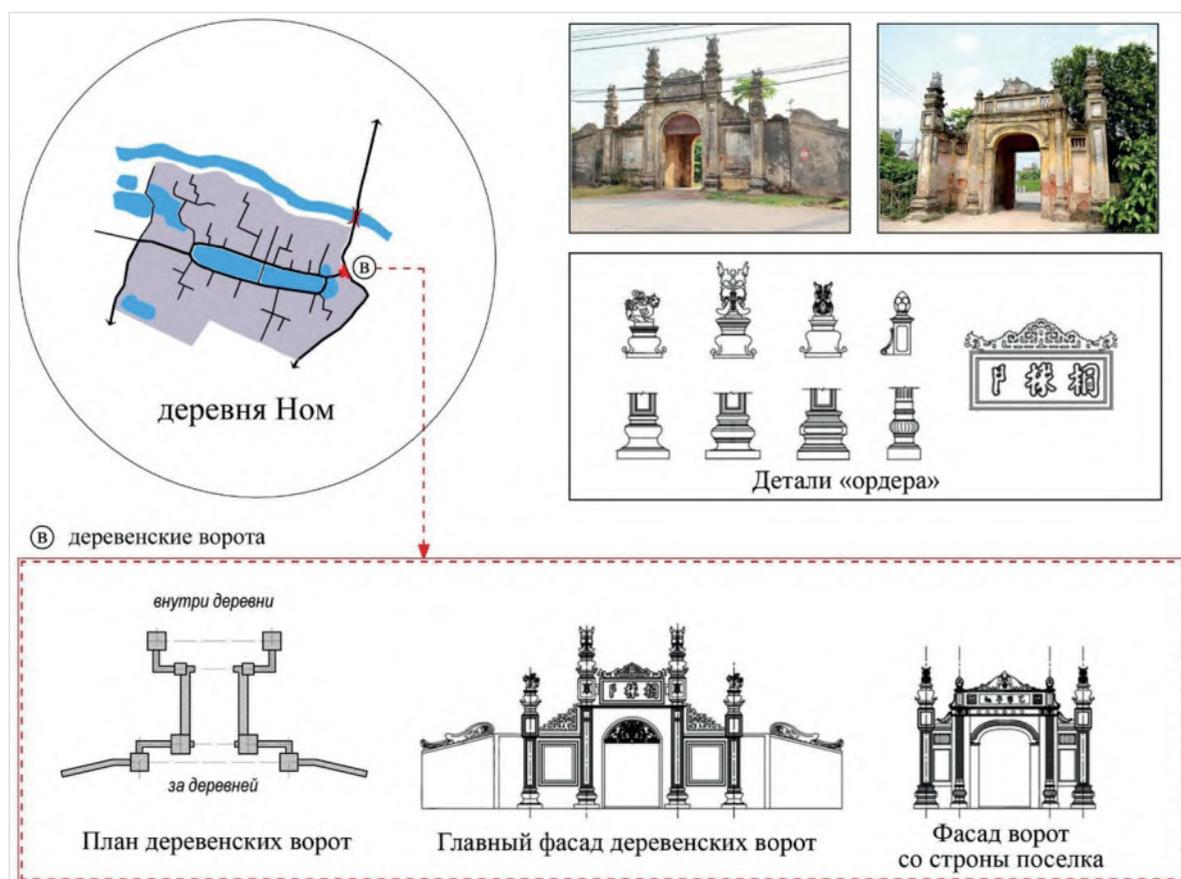


Рис. 7. Ворота деревни Ном

Двадцатый век дает повтор всех известных из предыдущего опыта образцов единого типологического ряда с поправкой на вкусовые пристрастия времени.

	Одноарочные	Трехарочные
один этаж - без беседки	<p>Ворота деревни Ном. XIX век.</p> 	<p>Ворота деревни Нань. XVIII век.</p> 
	<p>Ворота деревни Мо Тхо. XIX век.</p> 	<p>Ворота деревни Тринь Луонг конец XX века.</p> 
	<p>Ворота деревни Жап Нхат. XIX век.</p> 	<p>Ворота деревни Донг Хе. начало XXI века.</p> 
два этажа - с беседкой	<p>Ворота деревни Уок Ле. XVII век.</p> 	<p>Ворота деревни Ван Фук. начало XXI века.</p> 
	<p>Ворота деревни Тхо Ха. XVII век.</p> 	<p>Ворота деревни Мо Трак. начало XXI века.</p> 
	<p>Ворота деревни Кыу. начало XX века.</p> 	<p>Ворота деревни Бат Трунг. начало XXI века.</p> 

Рис. 8. «Деревенские ворота» в сельских поселениях северного Вьетнама. Варианты композиции

## Выводы

Одним из обязательных элементов архитектурно-градостроительной схемы самой мелкой градостроительной единицы — северо-вьетнамской деревни — являются «деревенские ворота». Отмечая вход, ворота одновременно преграждают свободный доступ в поселок, намечают направление главной планировочной оси поселения, формирующей поселковое пространство. Декоративное оформление ворот служит информационной функции, подчеркивает семантику ворот, как оборонительного сооружения. Ведь по древним верованиям само название поселка защищает его. Таким образом, «деревенские ворота» выполняют две основные функции: оборонительно-транзитную, репрезентативно-семантическую.

Функциональная определенность, обязательность присутствия в составе фортификационной системы, устойчивый прием их расположения в планировочной структуре поселка, многократность повторения устойчивых приемов архитектурной организации и семантика художественного образа позволяют говорить о сложении в народном зодчестве северного Вьетнама архитектурного типа «деревенские ворота».

Развитие архитектурного типа «деревенские ворота» следовало путем усовершенствования однажды сложившейся схемы утилитарных построек из дерева до высокохудожественных образцов из кирпича и камня. Ретроспектива сохранивших сооружений позволила выявить путь развития архитектурной композиции от двухъярусных монументальных павильонов XVII века до скромных по своим габаритам одноярусных однопролетных ворот XVIII и XIX столетий. XX век, используя накопленный опыт, повторил все уже известные архитектурные приемы.

Почвой для формирования архитектурных композиций и художественных образов стала культура сельско-хозяйственной общины, определившая эстетическую значимость произведений народного зодчества, архитектурный тип — «деревенские ворота» в их числе.

## Библиографический список

1. Чан Жанг Нам. Типы жилых домов в Ханое колониального периода // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1 (60). С. 72–78.
2. Нгуен Ван Динь, Нгуен Хонг Хьонг. Малоэтажная городская застройка и сельскохозяйственная функция городского населения // Вестник гражданских инженеров. 2006. № 4 (9). С. 12–18.
3. Кирилл Петров. Арочные конструкции // Энциклопедия кругосвет — Универсальная научно-популярная энциклопедия. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.krugosvet.ru/enc/arkhitektura/arochnye-konstruktsii> (дата обращения: 27.03.2023).
4. Сергей Васильевич Карпенко. Арки в архитектуре // Образовательный портал «Справочник». — Дата последнего обновления статьи: 30.11.2022. — URL [https://spravochnick.ru/arhitektura\\_i\\_stroitelstvo/arki\\_v\\_arhitekture/](https://spravochnick.ru/arhitektura_i_stroitelstvo/arki_v_arhitekture/) (дата обращения: 27.03.2023).
5. Kleimen John. Làng Việt đối diện tương lai hồi sinh quá khứ // NXB Đà Nẵng. 2007. tr 40.
6. Nguyễn Địch Long. Cổng làng — Di sản văn hóa cần được giữ gìn // Tạp chí kiến trúc. 2022. № 2. tr. 77–81.
7. Phạm Thị Chính. Lịch sử mỹ thuật Việt Nam // NXB Đại học sư phạm. Hà Nội. 2013. 214 tr.
8. Pierre Gourou. Les paysans du delta tonkinois Études de géographie humaine. Maison d'édition d'art et d'histoire, Paris. 1936. Page. 282–283.

9. *Vũ Kiêm Ninh*. Cổng làng Hà Nội xưa và Nay // Nhà xuất bản văn hóa thông tin. Hà Nội. 2009. 311 tr.
10. *Vũ Tam Lang*. Kiến trúc cổ Việt Nam // Nhà xuất bản xây dựng. Hà Nội. 1991. 202 tr.
11. *Vũ Thị Thu Hà*. Cổng làng người Việt ở châu thổ Bắc Bộ // Nhà xuất bản Văn hóa dân tộc. Hà Nội. 2019. 299 tr.
12. *Vũ Tự Lập*. Văn hóa và cư dân đồng bằng sông hồng // NXB Khoa học và xã hội. Hà Nội. 1991. 278 tr.

---

## ARCHITECTURAL TYPE OF “VILLAGE GATE” IN THE FOLK ARCHITECTURE OF NORTHERN VIETNAM

**T. F. Zhukova**  
**Vu Tien Thanh**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg

---

### Abstract

The article examines the characteristics of one of the architectural types in the folk architecture of northern Vietnam — “village gates”. The study is delimited to the settlements of the Kinh ethnic group in the Red River Delta in the provinces of Hanoi, Hung Yen, Thai Binh, Nam Dinh, Bac Ninh, Hai Duong, and Hai Phong. The article defines the functional purpose and semantics of the artistic image and explores the development of the architectural composition of the structures over time — from the 17th to the 20th century. A retrospective overview of the structures is provided. The article establishes the fact of the formation of the architectural type “village gate” in the folk architecture of northern Vietnam, the basis for the formation of which was the lifestyle and culture of the rural farming community.

### The Keywords

*Northern Vietnam, kinh people, village gates, architectural type, composition, functional purpose, traditional settlement.*

### Date of receipt in edition

22.06.2024

### Date of acceptance for printing

23.06.2024

---

### Ссылка для цитирования:

*Т. Ф. Жукова, Ву Тиен Тхань*. Архитектурный тип «деревенские ворота» в народном зодчестве северного Вьетнама. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 62–71.



УДК 711.73

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_72-78

---

## СПЕЦИФИКА ПРЕДМЕТНОГО НАПОЛНЕНИЯ ВЕЛОПЕШЕХОДНОГО МАРШРУТА НА ПРИМЕРЕ МАРШРУТА ВДОЛЬ ПЕТЕРГОФСКОЙ ДОРОГИ

Д. А. Романов  
Ю. А. Урюпина

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

---

### Аннотация

В статье рассмотрено предметное наполнение велопешеходной инфраструктуры и специфика его применения на примере маршрута вдоль исторической Петергофской дороги в г. Санкт-Петербург. Даны теоретические аспекты использования элементов технической инфраструктуры для организации велопешеходного маршрута. Показаны возможности их применения на участке маршрута вдоль Нижней дороги. Даны теоретические аспекты использования элементов обустройства и туристической инфраструктуры велопешеходного маршрута и специфика их выбора.

### Ключевые слова

*Велопешеходная инфраструктура, предметное наполнение, техническая инфраструктура, туристическая инфраструктура, элементы обустройства.*

**Дата поступления в редакцию**  
10.06.2024

**Дата принятия к печати**  
18.06.2024

---

### Общая информация о велопешеходном маршруте

Создание велопешеходной инфраструктуры является важным символом качественной городской среды, развивающим внутренний туризм и формирующим альтернативу общественному транспорту и личным автомобилям [1]. Многие районы Ленинградской области и Санкт-Петербурга обладают большим потенциалом для создания велопешеходных маршрутов. Особые преимущества в области развития велопешеходной инфраструктуры имеет юго-западная часть Санкт-Петербурга [2]. Она представляет интерес с точки зрения наличия природных, культурно-исторических, транспортных и экономических ресурсов. Для данной территории была разработана концепция велопешеходного маршрута, который проходит вдоль Петергофской дороги и связывает пригороды Стрельну и Петергоф с центральной частью Санкт-Петербурга.

Велопешеходная инфраструктура должна соответствовать определенным принципам, среди которых: безопасность, прямолинейность, связанность и непрерывность, качество проектных решений и привлекательность [3]. Важным свойством велопешеходных маршрутов является функциональность: совмещение различных характеристик маршрутов — транспортной, рекреационной и туристической — и учет потребностей всех категорий пользователей [4].

Формирование велопешеходной среды осуществляется посредством трассировки маршрутов и их предметного наполнения, включающего в себя элементы технической инфраструктуры, элементы обустройства и элементы туристической инфраструктуры. Целью предметного наполнения маршрутов является создание комфортной, функциональной и привлекательной велопешеходной среды, стимулирующей людей как можно чаще использовать альтернативные методы передвижения и совершать пешие прогулки. В статье специфика предметного наполнения велопешеходных маршрутов показана на примере маршрута вдоль Петергофской дороги.

### Теоретические аспекты применения элементов технической инфраструктуры

Для организации велотранспортного и пешеходного движения применяется комплекс элементов технической инфраструктуры, основная задача которого — создавать условия для безопасного и комфортного передвижения. Техническое наполнение должно обеспечивать: физическую безопасность на маршруте — организация движения на линейных участках, пересечениях и примыканиях к улицам, перекрестках, местах вблизи остановочных пунктов, защиту от неблагоприятных погодных явлений и техногенных воздействий, социальную безопасность (на участках, нуждающихся в дополнительном внимании, в вечернее и ночное время). Выбор технического наполнения маршрута зависит от типа его трассировки, градостроительного контекста, погодных условий и требований дизайна.

Для технического обустройства велопешеходной инфраструктуры применяются следующие средства [5]:

**1. Разграничение потоков.** Для разграничения пешеходных, велосипедных и транспортных потоков могут использоваться как конструктивные, так визуальные способы:

- Конструктивное разграничение потоков: устройство зеленых разделительных полос с размещением клумб, кустарников, деревьев; устройство разделительных полос, выполненных отличным типом покрытия; использование бордюра, МАФов и расположение вело- и пешеходных дорожек в разных горизонтальных уровнях.
- Визуальное разграничение потоков: использование разметки, различных типов и цвета покрытия.

**2. Тип покрытия.** Выбор материала необходимо производить исходя из функционального назначения покрытия, нормативных требований, а также характеристик участка — трассировки, места расположения, интенсивности движения, погодных условий:

- Требования, предъявляемые к материалам велосипедных дорожек: сцепление, срок службы, прочность, устойчивость к перепаду температур, в ряде случаев могут учитываться водонепроницаемость и упругость (для участков велодорожек с цветным покрытием на опасных участках [6]). Для покрытий пешеходных зон, кроме перечисленных, важным свойством является декоративность.
- Основными характеристиками покрытий являются характеристики качества поверхности и габаритные параметры. Характеристики поверхности — цвет, светлота, шероховатость, тактильность, паттерн. Геометрические характеристики — размер, форма (для мощения). Путем комбинаций их характеристик можно добиться эффектов: цветовой контраст, контраст оттенков, контраст паттернов, тактильный контраст, контраст размера (для мощения)

[7]. В структуре велопешеходной среды различные сочетания покрытий выполняют функции интуитивной навигации: направление потоков движения, предупреждение о препятствиях, визуальное разделение потоков или зон, выделение участков с различными функциями или опасных участков, требующих внимания.

**3. Освещение.** В зависимости от специфических требований и целей освещения в конкретном месте, могут использоваться следующие типы освещения велопешеходной инфраструктуры:

- Утилитарное — постоянное освещение для обеспечения безопасного передвижения.
- Акцентирующее — используется для выделения функциональных зон, опасных участков, направления движения.
- Декоративное — художественная подсветка фасадов и конструкций, МАФ, озеленения.

**4. Элементы регулирования движения.** Применение знаков, светофоров, дорожной разметки для организации движения.

#### **Наполнение элементами технической инфраструктуры велопешеходного маршрута вдоль Петергофской дороги**

Предложение по наполнению маршрута элементами технической инфраструктуры представлено для формирования велопешеходного маршрута вдоль Петергофского шоссе и Нижней дороги с учетом прилегающих улиц. На участке, исходя из градостроительного контекста, геометрических параметров улично-дорожной сети, транспортного и пешеходного трафика, уникальных природных характеристик, могут использоваться различные типы трассировки маршрута: с совмещенным пешеходным и велодвижением, велосипедная улица, с совмещенным автомобильным и велодвижением. Поэтому в зависимости от контекстных условий могут применяться решения наиболее полно обеспечивающие безопасность, навигацию и комфорт в конкретной ситуации. Для более детального показа возможностей по наполнению рассматриваются возможности по участку на Нижней дороге.

- **Велопешеходная дорожка с совмещенным движением.** На ул. Максима Горького из-за недостаточного места для размещения велоинфраструктуры предполагается устройство совмещенного вело- и пешеходного движения. Для разделения велопешеходных и автомобильных потоков предусмотрено их расположение в разных горизонтальных уровнях и использование зеленой защитной полосы для предотвращения наезда.
- **Велосипедная улица.** Проектное предложение по организации части Нижней дороги от пересечения с ул. Крылова до пересечения с ул. Чайковского предусматривает создание рекреационного и туристического участка маршрута, ввиду низкого транспортного трафика, наличия исторического контекста, рекреационных ресурсов и мест притяжения. Поэтому, предлагается организовать Нижнюю дорогу как велосипедную улицу – это вид совместного движения с преимуществом велосипедистов и возможностью проезда автотранспорта с низкой скоростью. Конструктивно проезжая часть выполняется как двусторонняя велосипедная дорожка с разметкой и цветным покрытием, по обе стороны от которой устроена обочина, мощеная брусчаткой и вынуждающая автомобилистов снижать скорость. Пешеходная дорожка в данном случае организована как тротуар, отделенный зеленой разделительной полосой от велоулицы.

- **Совмещенное велосипедное и автомобильное движение.** На выезде с участка Нижней дороги по ул. Чайковского предлагается использовать совмещенное велосипедное и автомобильное движение без выделения велотранспортой инфраструктуры конструктивными и визуальными средствами. Проектное решение обусловлено стесненными условиями, недостаточным количеством места для размещения отдельной велодорожки или совмещенной велопешеходной, низкой интенсивностью движения транспорта. Для информирования о типе движения и безопасности используются дорожные знаки.

### **Теоретические аспекты применения элементов обустройства и туристической инфраструктуры велопешеходного маршрута**

Объекты обустройства и туристической инфраструктуры, используемые совместно с качественным техническим наполнением, повышают комфорт, удобство и визуальную привлекательность велопешеходной среды. В процессе проектирования велопешеходного маршрута необходимо предусматривать следующие категории элементов обустройства:

1. **Функциональное наполнение.** Специальные МАФ для велосипедистов, места хранения, ремонта велосипедов и т.д.
2. **Стилистическое наполнение объектами информирования и ориентирования** [8]. Предполагает разработку индивидуальных решений велопешеходной навигации. Навигация обеспечивает не только ориентирование и информирование пользователей, посредством размещения карт и указателей на маршруте, но и является средством дизайна, способствует повышению узнаваемости маршрута.
3. **Точки притяжения.** Формирование рекреационно-туристических аттракторов маршрута: обеспечение доступа к туристическим объектам, размещение объектов туристической инфраструктуры — различные по конфигурации места отдыха и остановок, кафе, прокаты.
4. **Проектные решения, учитывающие уникальные характеристики участков.** Формирование индивидуальных решений обустройства с использованием уникальных характеристик участка: исторических, ландшафтных и т. п.
5. **Визуальная организация.** Для того, чтобы заинтересовать пользователей в прохождении маршрута, необходимо обеспечить привлекательность прохождения пути с помощью формирования визуального контакта со средой: перспективных раскрытий с уровня восприятия пространства в движении и видовых точек.

### **Наполнение элементами обустройства и туристической инфраструктуры велопешеходного маршрута вдоль Петергофской дороги**

Рассмотрим возможное наполнение велопешеходной среды элементами обустройства и туристической инфраструктуры на примере концепции участка Нижней дороги. Проектное решение для данного участка может заключаться в создании рекреационной и туристической инфраструктуры, стилистическом наполнении, сохранении и реконструкции исторических видовых раскрытий.

Для обеспечения ориентирования и следования по маршруту предусматривается создание индивидуальной велопешеходной навигации. Специальные знаки и таблички с указанием направления

движения, карт маршрута и достопримечательных мест также являются средством формирования стилистического образа маршрута и брендинга.

На протяжении всего участка маршрута предполагается формирование различных точек притяжения:

- Зоны отдыха имеют различную конфигурацию и наполнение в зависимости от цели остановки: небольшие уединенные зоны для кратковременной остановки оборудованы МАФами для отдыха — местами для сидения и укрытиями от дождя и ветра, специальными МАФами для велосипедистов — стойками технического обслуживания и подкачки шин; оборудованные площадки для отдыха и пикников, рассчитанные на большее количество пользователей, помимо указанного наполнения, могут иметь дополнительные МАФы для отдыха – беседки, столы и располагаться в живописных местах; видовые площадки оснащены объектами для кратковременного отдыха и информационными стендами.
- В начале маршрута возможна установка велопроката, совмещенного с кафе. Так как данный участок маршрута предназначен для рекреационных и туристических поездок, велокафе является не только функциональным объектом, но и местом притяжения туристов. На участке маршрута предполагается смена сезонной активности, поэтому в зимнее время на прокат вместо велосипедов можно взять лыжи и другой спортивный инвентарь.

При разработке трассировки веломаршрута необходимо учитывать уникальные характеристики места — исторические видовые раскрытия с Нижней дороги на памятники архитектуры и природные объекты, формируемые за счет перепада рельефа (Литориновый уступ) [9]:

- Использовать специальные информационные стенды, раскрывающие историю Нижней дороги [9]. Они представляют собой конструкцию с прозрачным материалом, на который нанесены изображения достопримечательностей. С определенной видовой точки, смотря снизу-вверх, можно увидеть первоначальный вид исторических дворцов и усадеб.
- Предусмотреть формирование видовых раскрытий с Нижней дороги на Финский залив по историческим композиционным осям.

Уникальным наполнением маршрута может являться проектирование велопешеходного моста на Петергофском шоссе в месте его пересечения с трамвайными путями между Объездной улицей и проездом к району Новосергиево. Для данного участка характерны следующие проблемы: сложная конфигурация перекрестка, пересечение автомобильной дороги с трамвайными путями, переход трассировки маршрута из рекреационной парковой зоны в транзитную зону движения через проезжую часть Петергофского шоссе, наличие выраженного перепада рельефа.

Велопешеходные мосты используются не только для преодоления природных преград, но и позволяют пересекать места с повышенным автомобильным трафиком, железные дороги и т. д., когда пересечение в одном уровне является опасным. [10]. Велопешеходный мост не только обеспечивает функциональные характеристики, но и является потенциальной точкой притяжения маршрута и участвует в визуальной организации среды:

- формирует новые видовые раскрытия на окружающие ландшафты — исторические парки и Финский залив;
- является архитектурной доминантой в формировании перспективных раскрытий Петергофской дороги.

### Заключение

Предметное наполнение велопешеходных маршрутов необходимо для создания безопасной [11], комфортной и привлекательной велопешеходной среды. Важным условием при разработке предметного наполнения является учет специфики участков маршрута, а также функционального, визуального и эмоционального аспектов проектирования.

### Библиографический список

1. Благовестова Т. Е. Велотуризм и велотранспорт в современной России // Сб. ст. 10-й Науч. конф. «Туризм и Региональное развитие». [Смоленск, 12 – 13 октября 2017 г.]. М.: СГУ, 2017. С. 11 – 16.
2. Урюпина, Ю. А., Романов Д. А. Актуальность формирования внутригородской велопешеходной инфраструктуры на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области / Ю. А. Урюпина, Д. А. Романов // Сборник научных трудов студентов магистратуры кафедры дизайна архитектурной среды: Сборник статей. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. — С. 223 – 228. — EDN LESIRR.
3. Дюфур Д. Принципы развития велотранспорта. Общее руководство / Дюфур Д.; пер. с англ. А. Увижева. — PRESTO, 2010. — 23 с.
4. Литвиненко Т. П., Смилянец Л. В., Павлюсь Б. Ю. Принципы, приемы и способы формирования архитектурно-планировочных решений при проектировании велосипедной инфраструктуры // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. № 3. С. 297 – 300.
5. Альбом конструктивных элементов обустройства велотранспортной инфраструктуры / Департамент транспорта и развития дорожнотранспортной инфраструктуры города Москвы — М., 2014. — 104 с.
6. Colored Pavement Material Guidance. — Текст: электронный // National Association of City Transportation Officials: официальный сайт. — URL: <https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/bikeway-signing-marking/colored-pavement-material-guidance/> (дата обращения: 20.11.23).
7. LANDSCAPE DESIGN STANDARDS Evanston Campus. — Текст: электронный // Northwestern University: официальный сайт. — URL: <https://www.northwestern.edu/fm/contractors/32-0000-landscape-design-standards.pdf> (дата обращения: 17.05.2024).
8. Bike Route Wayfinding Signage and Markings System. — Текст: электронный // National Association of City Transportation Officials: официальный сайт. — URL: <https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/bikeway-signing-marking/bike-route-wayfinding-signage-and-markings-system/> (дата обращения: 20.11.23).
9. Горбатенко С. Б. Петергофская дорога. Историко-архитектурный путеводитель. — СПб: Европейский дом. — 2001. — 448 с.
10. Brief Dutch Design Manual for Bicycle and Pedestrian Bridges / ipv Delft. — CROW, 2014. — 92 p. — URL: [https://na.eventscloud.com/file\\_uploads/84d67431518b85c3fbfa30e6073596c3\\_Brief\\_Dutch\\_Design\\_Manual\\_for\\_Bicycle\\_and\\_Pedestrian\\_Bridges\\_v1.3.pdf](https://na.eventscloud.com/file_uploads/84d67431518b85c3fbfa30e6073596c3_Brief_Dutch_Design_Manual_for_Bicycle_and_Pedestrian_Bridges_v1.3.pdf) — Текст: электронный (дата обращения: 20.11.23).
11. Ю. В. Трофименко, С. В. Шелмаков, С. О. Зега, Е. В. Шашин. Велосипедный транспорт в городах. Монография — М., МАДИ. — 2020. — 156 с.

---

## THE SPECIFICS OF THE SUBJECT CONTENT OF THE CYCLING AND HIKING ROUTE ON THE EXAMPLE OF THE ROUTE ALONG THE PETERHOF ROAD

D. A. Romanov  
Yu. A. Uryupina

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg

---

### Abstract

The article examines the content of the bicycle and pedestrian infrastructure and the specifics of its application using the example of a route along the historical Peterhof road to St. Petersburg. Theoretical aspects of the use of technical infrastructure elements for organizing a bicycle and pedestrian route are given. The possibilities of their use on the route section along the Lower Road are shown. Theoretical aspects of the use of elements of arrangement and tourist infrastructure of a bicycle and pedestrian route and the specifics of their choice are given.

### The Keywords

*Bicycle and pedestrian infrastructure, subject content, technical infrastructure, arrangement elements, tourism infrastructure, arrangement elements.*

### Date of receipt in edition

10.06.2024

### Date of acceptance for printing

18.06.2024

---

### Ссылка для цитирования:

Д. А. Романов, Ю. А. Урюпина. Специфика предметного наполнения велопешеходного маршрута на примере маршрута вдоль петергофской дороги. — 2024. — № 2 (51). — С. 72–78.



УДК 72.033

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_79-92

## АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ДАМАСКА. 1839 – 1946 ГОДЫ

Исса Рахаф  
Т. Ф. Жукова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

### Аннотация

В настоящей статье рассматриваются общие особенности развития архитектурного процесса в Дамаске в период, охватывающем период с 30-х годов XIX века до середины XX столетия. В исследовании весь рассматриваемый период делится на два исторических этапа — позднеосманский — с 30-х годов XIX века до 1920 года и период французского мандата, длившийся с 1920 по 1946 гг. В работе исследуются последствия французского влияния на развитие планировочной структуры города и модернизацию архитектуры. Оба периода характеризуются, ростом городской территории, созданием новых кварталов, улиц, площадей, строительством общественных зданий и сооружений, притоком европейских специалистов, оказавших влияние на архитектурных ландшафт региона в целом.

### Ключевые слова

*Дамаск, архитектура, общественные здания, Поздняя Османская империя, французский мандат.*

### Дата поступления в редакцию

22.06.2024

### Дата принятия к печати

23.06.2024

Планировочная структура Дамаска, зародившаяся в эпоху эллинизма, в римский и византийский периоды продолжала свое развитие по принципам греческого градостроительства — регулярной сетки перпендикулярных улиц и равнозначных кварталов с выделением двух общественных центров — религиозного и гражданского, выполняющего административные и торговые функции. [17]. С распространением в 7 веке исламской религиозной культуры городская структура претерпела изменения.

В ранний исламский период господство религиозной мысли над общественной жизнью привело к превращению мечетей в культурные, социальные и административные центры. Мечеть Омейядов, построенная на месте древних сооружений (храма Хадада — Зевсе – Юпитера — христианской церкви), восприняла значение религиозного ядра в пока еще сохранившейся эллинистической городской ткани. Вокруг нее постепенно возник мусульманский жилой квартал, торговые площади. В последующие века регулярность уличной сети исчезала, уступив место нерегулярному разделению элементов древней структуры на изолированные кварталы с самостоятельными центрами.

В XII веке, при правлении Айюбидов, основным поводом для преобразования городской структуры стала военная обстановка в государстве. Цитадель, административно-военный комплекс,

стала политическим центром города. Под ее прикрытием мечеть Омейядов продолжала сохранять функции религиозного центра. В гуще хаотичной застройки выделялись городские площади с административными, дворцовыми и культовыми зданиями.

С начала XVI столетия, со времени османского владычества, Дамаск стал оживленным торговым центром и местом встречи паломников, направлявшихся в Мекку. В связи с чем, территория города быстро расширялась за счет строительства рынков, жилых кварталов ремесленников и новых религиозных комплексов в пригородах, за пределами городских стен. (Рис. 2).

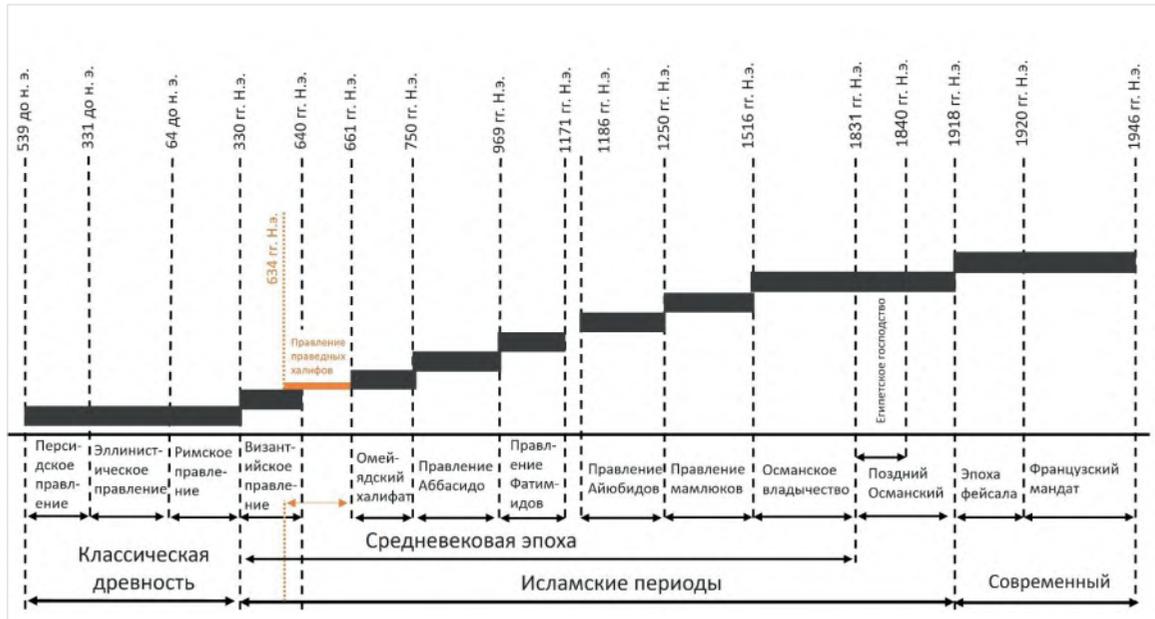


Рис. 1. Исторические периоды развития Сирии (авторская схема)

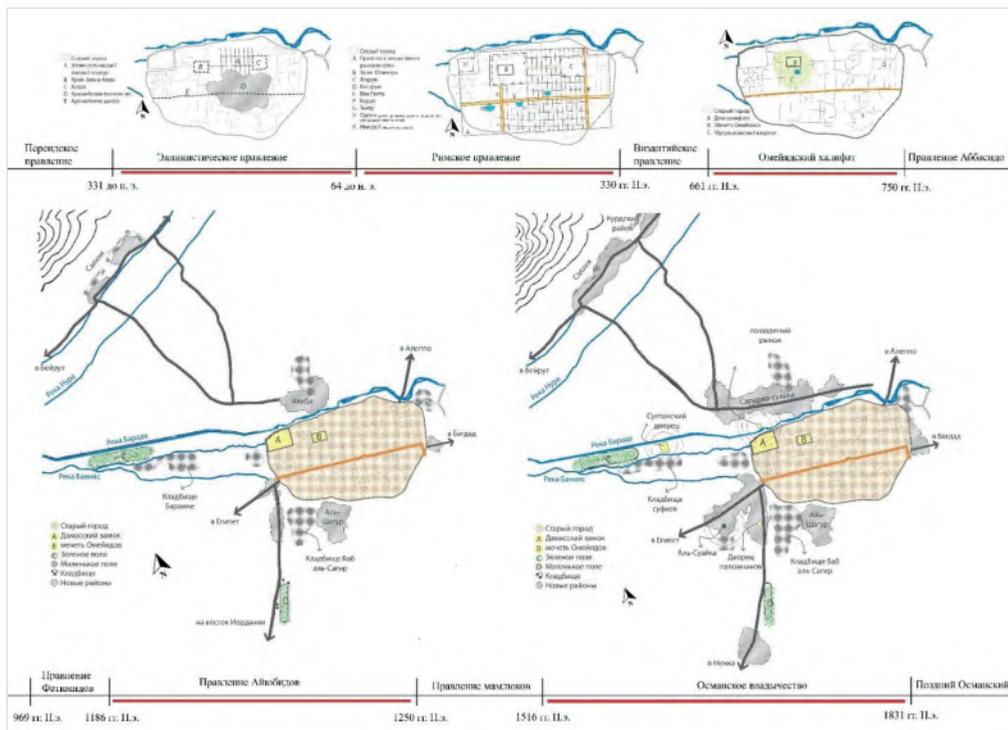


Рис. 2. Карты развития Дамаска (разработан на основании “Damascus – Alsham”, Sauvaget J.) [7]

Но в целом, до рубежа XVIII – XIX столетия градостроительная структура Дамаска продолжала свое развитие в границах античного времени.

Европейское влияние начало сказываться на Дамаске с началом кампании Наполеона (1798 – 1801 гг.). Ее целью стала защита французских торговых интересов в Египте и Сирии, подрыва доступа Великобритании к Индии, что подготовило почву для последующего вмешательства Европы в этот регион [2]. В Египте рухнула старая османская власть. Под влиянием европейских идей Мухаммед Али-паша покончил с властью мамлюков в Каире и создал Египет как фактически автономный протекторат, приняв титул хедива [11]. Город Дамаск попал под влияние Египта и получил развитие после провозглашения османского «Танзимата», начиная с 1839 года, в, так называемый, поздний Османский период. Это развитие и модернизация ускорились после трагедии 1860 года (Аль-Туша), в которой огонь уничтожил большинство домов и церквей христианского квартала Дамаска.

Десятилетия между 1860 и 1914 годами ознаменовали новую эру процветания [11]. Под влиянием западного уклада жизни были созданы новые административные учреждения, для размещения которых были возведены здания на обоих берегах реки Барада [12]. Эти преобразования предопределили развитие городской планировочной структуры с формированием нового центра города — «площади Марджех» за пределами средневекового города, где был построен дворец губернатора Ибрагима Баши (1831 гг.). Таким образом, центр политической власти переместился из исламской цитадели на площадь [2]. Резиденция паши (губернатора) в Сераиле за пределами Старого города, размещение правительственных учреждений, привели к переселению состоятельных турецких семей в новый район и образованию жилого пригорода под названием «Аль-Канват» [12]. Новая площадь сформировала новый центр города и символизировала переходные процессы в социальной, правовой сферах. Здесь встречались три разных части города: старый город на востоке, Майдан на юге и новые европеизированные районы на севере и западе [2]. Новая площадь Марджех была окружена общественными зданиями и сооружениями: муниципальным управлением, дворцом правосудия, полицейским участком, новыми дворцами, почтово-телеграфным центром, а также современными гостиницами, такими как “Grand Victoria Hotel”, “Al-Abed”, и группой ресторанов, кафе, кабаре, кинотеатров и магазинов. (Рис. 11).



Рис. 3. Площадь Мардже в 1920 году. Источник: Al Shihabi.



Рис. 4. Здание правительства Серайл 1900 г. (Рис. 12, № 9)

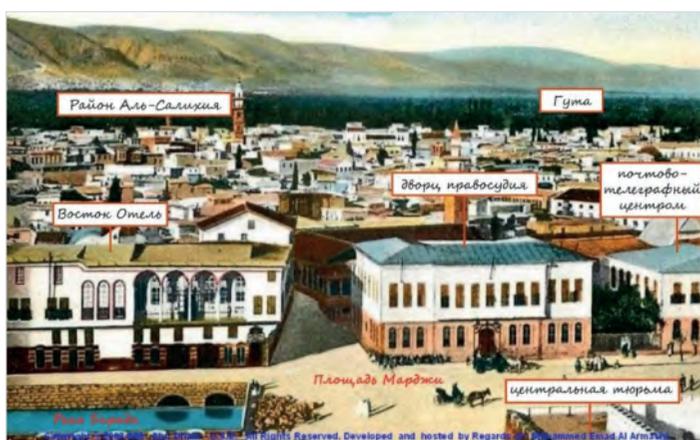


Рис. 5. Панорама Дамаска 1887 г., Источник: Источник: Имад Аль-Армш



Рис. 6. Гранд-отель «Виктория», около 1910 года. Источник: W.-D. Lemke. (Рис 12, № 8)



Рис. 7. Муниципальное здание и аптека Национальной больницы./ (Рис 12, № 5 и 10)

В этот период, особенно после 1880 года, город Дамаск расширился в западном и северном направлениях. Войны, свидетелем которых Османская империя стала в XIX веке, привели к многочисленным миграциям внутри ее провинций, особенно миграциям из европейских стран. Некоторые из этих мигрантов были эвакуированы в Дамаск и Алеппо. Первая группа была поселена на склонах горы Касьюн. Вторая группа (переселенцы с Балкан в 1898 году) была поселена в районе, который позже так и назвали — «переселенцы». А в 1900 году рядом с «переселенцами» была расселены иммигранты с греческого острова Крит, что привело к соединению района иммигрантов с курдским районом до района Салихия [12]. (Рис. 11).

Нововведения коснулись и социальной и инженерной инфраструктуры:

- В 1861 году была открыта первая телеграфная линия между Бейрутом и Дамаском [11];
- Была открыта новая дорога, соединяющая Дамаск с Бейрутом;
- В 1863 году была сооружена первая щебеночная дорога, связывающая Дамаск с побережьем ежедневным дилижансным сообщением, [12];
- В 1866 году на дороге Аль-Салихия, которая соединяет район Аль-Салихия с районом Аль-Мухаджирин, был построен военный госпиталь. [12].

- В 1890-х годах была проведена первая железная дорога, в т. ч. в 1894 году — 103-километровая линия в Хауран (основной район выращивания зерновых), в 1895 году — 147-километровая узкоколейная линия до Бейрута через Раяк в долине Бека;
- На площади Марджех был построен железнодорожный вокзал Хеджаза;
- Новая улица Аль-Наср соединила Сук Аль-Хамидия и станцию Аль-Хиджаз. [2]

В 1904 году в Дамаске появился новый вид транспорта — трамвай, который также позволил электрифицировать город. Площадь Марджех стала центральным пунктом трамвайной системы. Для прокладки трамвайных линий потребовалось расширить несколько улиц за пределами старого города. [11]. Центральная линия (1907 г.) проходила от Площадь Мердже вдоль западной окраины старого города по Сук аль-Синанийе до Мидана. Вторая линия соединила Площадь Мердже с Джиср аль-Абиад, а затем была продлена до кварталов Мухаджрин и Салихийе (1913 г.). Транспортная доступность привела к расширению жилых пригородов Сароджа и Аль-Акиба. В дополнение к электричеству был создан проект по расширению водопровода.



Рис. 8. Новый вид транспорта — трамвай в Дамаске. 1904 год



Рис. 9. Железнодорожный вокзал «Ал-Хеджаз». Источник: Имад Аль-Армши (Рис 12, №17)



Рис. 10. Улица Аль-Насер, Источник: Аль-Шихаби, 1986 г.

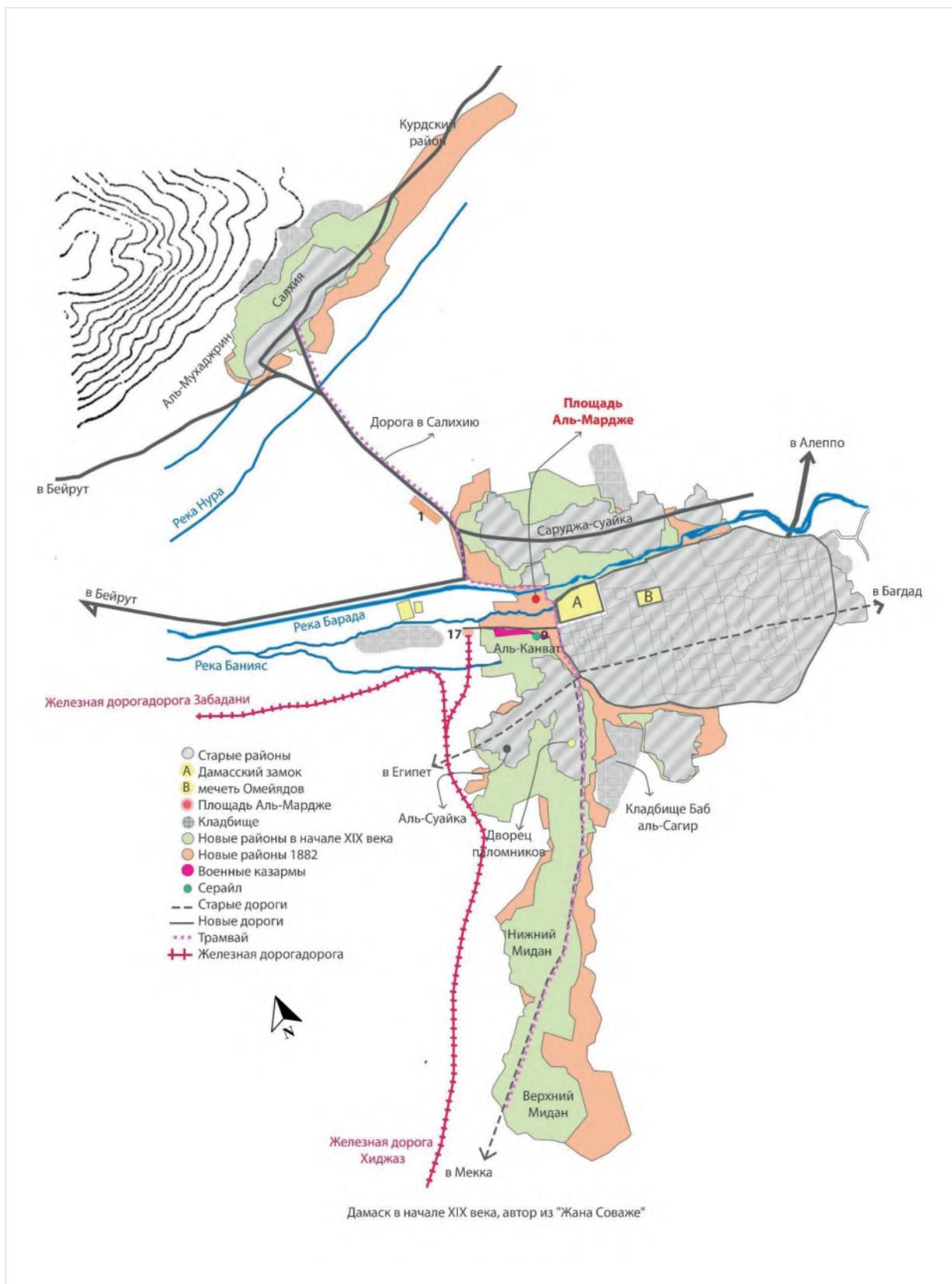


Рис. 11. Карта Дамаска 1831 – 1920 гг. (разработан на основании "Damascus – Alsham", Sauvaget J.) [7]

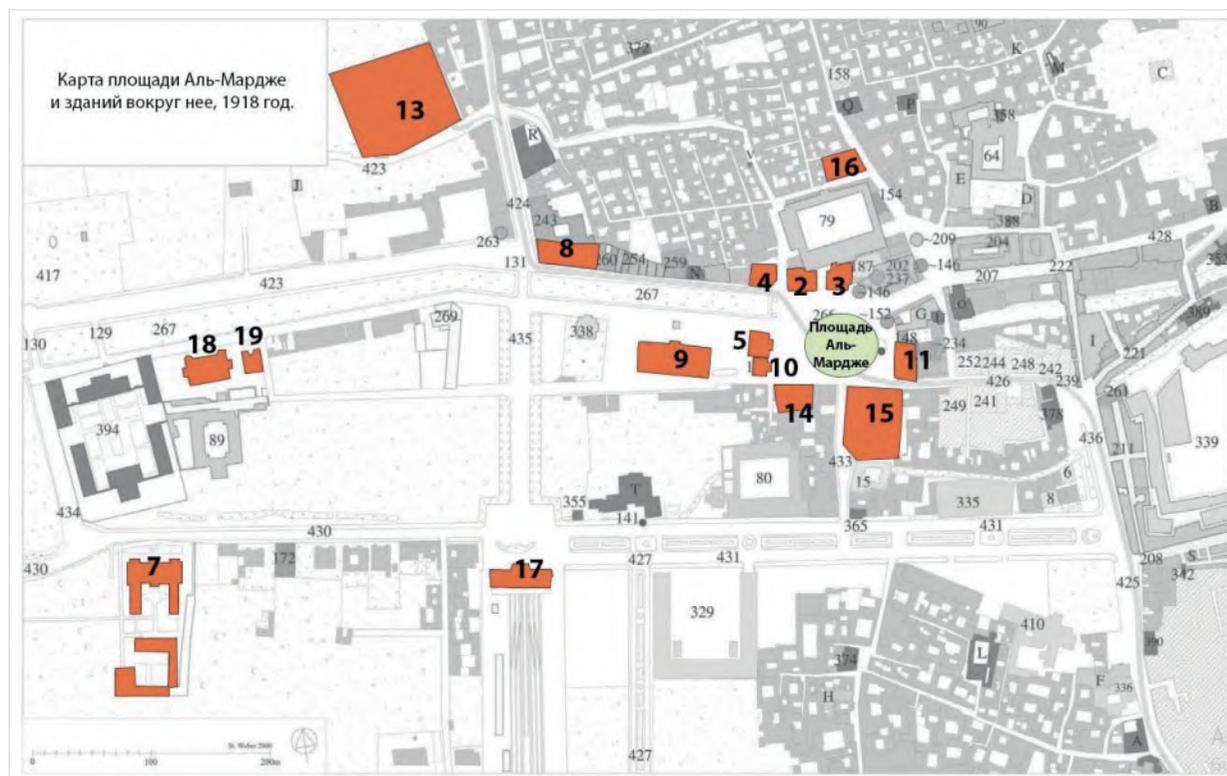


Рис. 12. План города Дамаска (площадь Марже и важнейшие общественные здания) 1918 г. (разработан на основании “Stadt, Architektur und Gesellschaft des osmanischen Damaskus im 19. und frühen20. Jahrhundert” ·Weber, S.) [24]

Таблица 1

Поздний Османский период 1831 – 1920 гг.

№	Название	Изображение	Дата	№	Название	Изображение	Дата
1	Османский военный госпиталь		1858	11	Аптека Национальной больницы		1901
2	Дворец правосудия		1878	12	Театр и кафе Захраг Димашк		1902
3	Здание телеграфа и почты		1882	13	Казармы Хамидия		1903
4	Отель «Восток» (бывший отель «Виктория»)		1883	14	Здание электроэнергетической и трамвайной компании		1904

5	Муниципальное здание		1893	15	Здание полиции		1904
6	Османский банк (2-й корпус)		1895	16	Здание Аль-Абед		1906
7	Больница Аль-Горбаа		1896	17	Станция Хиджаз		1910
8	Гранд Виктория Отель		1899	18	Дамаск Палас Отель		1910
9	Новый Серайл		1900	19	Институт подготовки учителей		1910
10	Аптека Национальной больницы		1901	20	Школьная доска		1912

Османское правление закончилось в Леванте в 1918 году. Ему на смену пришло арабское присутствие под руководством принца Фейсала бин аль-Хусейна. Его правление в качестве короля продлилось короткий срок — до 1920 года, до тех пока Франция не оккупировала Сирию после битвы при Майсалуне [16].

Судьба османских провинций в Леванте была решена на ряде конференций и договоров в период 1919–1922 годов, начиная с Версальской конференции [11]. Согласно соглашениям, заключенным между Францией и Великобританией, Ливан и Сирия были подчинены французскому мандату. На протяжении всего этого периода Франция работала над тем, чтобы разделить эти регионы по региональному и этническому признаку. Но официальные границы Сирии и Ливана были установлены лишь в 1939 году без района Александретты, который стал турецкой территорией [13].

Целью мандата было распространение французской культуры. Сирия управлялась так, как будто она была продолжением французской колониальной империи в Северной Африке. Арабское обучение сократилось в пользу французского. Было открыто много французских школ, в которые записывались представители буржуазных сословий. Позже был создан Сирийский университет, выпускавший административные и политические кадры [12].

В этот период в Дамаске наступил период стабильности и порядка, Дамаск был открыт для Запада и поощрял европейское присутствие. Был создан «Совет Шуры», введена более эффективная админи-

стративная и правовая система, что подготовило регион к реформам, которые были проведены в последующие десятилетия [11].

В первые годы французского мандата был разработан план модернизации и благоустройства городской инфраструктуры. Однако ход процесса был прерван Сирийской революцией 1925–1926 годов. В 1926 году в Дамаске воцарились спокойствие и мир, был разработан новый план по организации города. Результатом этого плана стало восстановление многих разрушенных кварталов и зданий, также была организована улица Багдад, расширена прямая улица «Виа Рикта — Мидхат Паша „Сук“». [16]

К 1920-м годам европейский облик городского пространства стал доминирующим. Прибытие французских чиновников и солдат с семьями ускорило развитие районов, расположенных вдоль дороги, соединяющей Салихия, улицу Фуад (Порт-Саид в настоящее время) и район Саруджа, образуя новую площадь. В восточной части города была проложена новая широкая дорога (улица Аль-Касаа), начинающаяся от ворот Тума. Французы поселились в районе Салихийе и основали французские школы, больницы и французский офицерский клуб, построенный в духе европейской архитектуры [2]. Повышения уровня образования, особенно для девочек, привел к формированию образованной и социально либеральной части населения. Рост класса буржуазии и среднего класса, определил востребованность услуг по организации досуга в клубах, ресторанах, зрелищных учреждениях [12]. Экономическое развитие и внешние связи привели к созданию множества гостиниц, в дополнение к кафе и семейным ресторанам. Развитие транспорта способствовало проведению общественных мероприятий за чертой города [12]. Общественные здания стали концентрироваться вдоль широких, прямых улиц, которые встречались, образуя площади. С середины 1930-х годов Салихийе стал элитным, интеллектуальным анклавом с концентрацией газетных редакций, книжных магазинов, гостиниц, новых кинотеатров и кафе высокого класса [2].

Тридцатые годы стали свидетелями притока в учреждения управления Мандата сирийских инженеров-выпускников основанного в 1922 году Бейрутского университета. Кроме того, в период мандата в Сирию приехало много специалистов и профессионалов в области модернизации городов и архитекторов из Европы. Среди них был французский инженер Мишель Экошар, который спроектировал офис Управления древностей во дворце Азем, выполнил проект Национального музея. Экошар работал с французским инженером Рене Дангер, специализирующимся на вопросах градостроительства Алеппо, Бейрута, Триполи, Искендеруна, Антиохии.

В 1938 году Дангер разработал генеральный план для города Дамаска, в котором появилось множество новых улиц, площадей и зданий. Улица Багдад и площадь Семи Бахратов стали центром, от которого протянулись улицы Аль-Абед и Парламентк к площади Аль-Наджма, улица Пакистан на запад, улица 29 мая на юг, улица Шахбандар на север. Возникли кварталы Аль-Шалан, Аль-Хабуби, Аль-Равда, Абу-Руммане. [16]

Было построено несколько административных зданий, таких как Фонд Айн аль-Фиджа на улице Аль-Наср, Банк Сирии и Ливана на мосту Виктория, здание Парламента и здание Министерства общественных работ и транспорта на улице Парламента, здание Бюро аудита на площади Семи Бахратов, а также Первая подготовительная школа и Институт Лаик на улице Багдада, здание Президиума университета. Кроме того, появились гостиница «Омейяд» на площади Марджа и гостиница «Ориент» (Хавам) на станции Хиджаз. Среди зрелищных учреждений были построены кинотеатр «Рокси» (в настоящее время «Аль-Ахрам»), кинотеатр «Импери» в Салхии и кинотеатр «Ройал» в Аш-Шухаде. Что касается официальных зданий, то на улице Парламента было построено здание Министерства здравоохранения, а также здание нового Национального музея, которое спроектировал и построил французский инженер Экошар [16].



*Рис. 13.* Салхия Роуд, Источник: Имад Аль-Армши



*Рис. 14.* Площадь Семи Бахратов 1945 г.



*Рис. 15.* Мидхат-паша рынок — Via-Recta. Источник: Вебер



*Рис. 16.* Улица Аль-Абед, 1940 г., Источник: Имад Аль-Армши

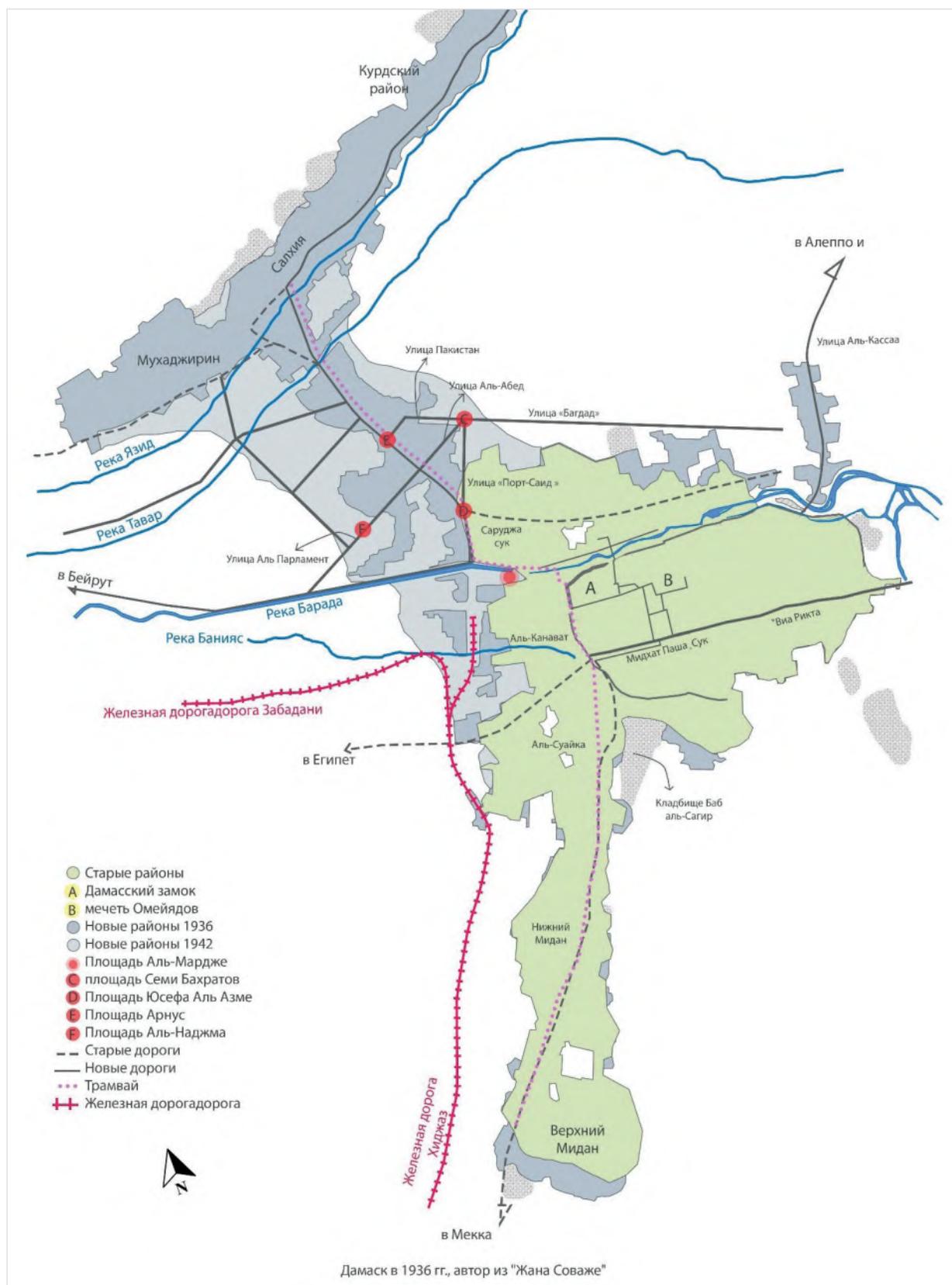


Рис. 17. Карта Дамаска во время французского мандата (разработан на основании "Damascus – Alsham", Sauvaget J.) [7]

Таблица 2

## Период Французского мандата 1920 – 1946 г.

№	Название	Изображение	Дата	№	Название	Изображение	Дата
1	Президентское здание Дамасского университета		1922	8	Восток Отель		1934
2	Францисканская школа		1925	9	Здание водной корпорации Айн Аль-Фиджа		1936
3	Парламент		1928	10	Национальный музей		1936
4	Институт Аль-лайек		1929	11	Здание типографии и официальной газеты		1938
5	Здание Авкаф (Сирийский коммерческий банк — в настоящее время)		1930	12	Здание Министерства технологий и связи		1939
6	Школа Аль-Таджиз Аль-Ула		1933	13	Здание Дворца Правосудия		1945
7	Большой банк Сирии и Ливана		1934	14	Омейяд Отель		1945

На протяжении всей своей истории Дамаск приспособлялся к существующим политическим условиям, экономическим и религиозным потребностям, а градостроительство и архитектура отвечали социальному заказу. Развитие города соответствовало общественному строю каждой эпохи, отражая различные культурные влияния, сформировавшие его богатое и разнообразное наследие.

Позднеосманский период в Дамаске (1839 – 1920 годы) под влиянием европейского вмешательства и социально-политических изменений характеризовался модернизацией существующей планировочной структуры города, формированием новых архитектурных тенденций. Захват Дамаска Мухаммадом Али-пашой принес стабильность и открытость западному влиянию, что привело к административным реформам и появлению новых архитектурно-градостроительных схем и форм. Создание площади Марджех в качестве нового центра города символизировало переходный период и отражало развивающуюся градостроительную идентичность на фоне европейского влияния. Миграция населения из европейских стран способствовала дальнейшему формированию яркого и разнообразного архитектурного облика Дамаска.

Французский мандат в Леванте с 1920 по 1946 гг. оказал неизгладимое влияние на развитие городов и модернизацию архитектуры региона. Согласованные усилия колониальной администрации по продвижению французской культуры через образовательные инициативы, градостроительство и архитектурные проекты способствовали значительным социокультурным преобразованиям. Приток квалифицированных специалистов способствовал улучшению городского ландшафта Леванта. Понимание этого исторического периода дает ценное представление о многогранном взаимодействии колониальных держав и управляемых ими обществ, формирующем коллективную идентичность и городскую структуру Леванта. Градостроительство и архитектура отвечали на социальный заказ.

#### Библиографический список

1. *Centre, U.* Ancient City of Damascus. Whc.unesco.org. 2022. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/20/> x (дата обращения: 05.09.2022).
2. *Haddad R.* Changes in the nature and governance of public spaces in the historic city centre. Heriot-Watt University. 2009. С. 151 – 184.
3. *Lababedi Z.* The Urban Development of Damascus: A study of its past, present and future. Master's degree. University College London. 2008.
4. *Mansour H.* The lost identity of the city: The case of Damascus, CITTA 8th Annual Conference on Planning Research. 2015.
5. *Abdel Rahman A.,* 2008. Islamic architecture in Damascus. Damascus: Directorate General of Antiquities and Museums. 2008. С. 45 – 49. URL: <https://almohandes.org/uploads/default/original/2X/9/9db174b05e4d0fc6d1c1364c376d481574bc3a1c.pdf> (дата обращения: 05.09.2022).
6. *Alhallak N.* The architectural bases of administrative building during mandate period. Master's degree. university of Damascus. 2009.
7. *Sauvaget J.* Damascus “Alsham” — a historical overview from antiquity to the present/ Версия с арабскими субтитрами. 1936.
8. *Damascus B.* and profile, V. New Damascus Saraya. 2020. URL: [http://bornindamascus.blogspot.com/2020/04/blog-post\\_4.html](http://bornindamascus.blogspot.com/2020/04/blog-post_4.html) (дата обращения: 05.09.2022).
9. *Alwatan.* Palaces prevailed and then perished ... King Yusef Pasha's Palace, the Palace of Government in Marjeh Square. 2018.— URL: <https://alwatan.sy/archives/135264> (дата обращения: 05.09.2022).
10. *Esyria.sy.* The Government Saraya, an urban turning point. 2013.
11. *Burns, R.* Damascus: A history. second. London: Routledge, Taylor & Francis Group, 2019.

12. *Al-Asil H.* A study of architectural and urban transformations in the city of Damascus for the period after the thirties. Damascus University, 2014.
13. *Reilly, J. A.* Fragile Nation, shattered land: The modern history of Syria. Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers, Inc, 2021.
14. *Weber, S.* (2001) Zeugnisse Kulturellen Wandels: Stadt, architektur und gesellschaft des Osmanischen Damaskus im 19. UND frühen 20. Jahrhundert.
15. *Soufan A.* A propos des mutations des villes islamiques méditerranéennes : l'exemple de Damas aux XIXe et XXe siècles, Actes de colloque "2011, treize siècles d'histoire partagée, essai de bilan et perspectives d'avenir", Abou Bakr Belkaid University, Tlemcen, 2012.
16. *Anhoury, S.* Urban development in Damascus, Maaber.org. Available at: [http://www.maaber.org/issue\\_march17/lookout4.htm](http://www.maaber.org/issue_march17/lookout4.htm).
17. *Исса Р.* Особенности архитектурно-градостроительного развития Дамаска (от зарождения ислама до начала XIX века) // журнал «Системные Технологии научно-практический журнал», 2023 № 46.

---

## FEATURES OF ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING DEVELOPMENT OF DAMASCUS FROM THE BIRTH OF ISLAM TO THE BEGINNING OF THE 19TH CENTURY

**Issa Rahaf**  
**T. F. Zhukova**

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

---

### Abstract

This article examines the general features of the development of architectural process in Damascus covering the period from the 30s of the XIX century to the middle of the XX century. The study divides the period under consideration into two historical phases - the late Ottoman period from the 1930s to 1920 and the period of the French mandate from 1920 to 1946. The paper explores the effects of French influence on the development of the city's planning structure and the modernization of architecture. Both periods are characterized by the growth of the urban area, the creation of new neighborhoods, streets, squares, the construction of public buildings and structures, the influx of European specialists who influenced the architectural landscape of the region.

### The Keywords

*Damascus, Architecture, Public buildings, Late ottoman, French Mandate.*

### Date of receipt in edition

22.06.2024

### Date of acceptance for printing

23.06.2024

---

### Ссылка для цитирования:

*Исса Рахаф, Т. Ф. Жукова.* Архитектурно-градостроительное развитие Дамаска. 1839–1946 годы. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 79–92.



УДК 726.5

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_93-104

## СИСТЕМА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДОМИНАНТ В ЗАСТРОЙКЕ ВЕЛИКОГО УСТЮГА

Д. О. Лузянин  
Н. П. Дубровина  
С. В. Семенцов

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

### Аннотация

Данная статья является результатом всестороннего изучения застройки города Великий Устюг с анализом силуэта наиболее значимых панорам в разные периоды жизни города. Исследования показали, что особенности развития города сформировали его уникальный силуэт по набережной р. Сухона и ярко выраженные визуальные связи по основным улицам. В настоящее время часть градостроительных доминант, в том числе доминант самого высокого уровня, были утрачены. Выводы данной статьи позволяют сформулировать вопросы воссоздания утраченных главных высотных доминант или регулирования градостроительной деятельности с учетом выявленных закономерностей.

### Методологическая основа исследования

Изучение архивных и опубликованных научных, библиографических и иконографических источников по теме исследования; анализ генеральных планов и высотных доминант Великого Устюга; натурное обследование; камеральная обработка выполненных исследований с составлением графических моделей.

### Результат

Проанализированы принципы исторической пространственной структуры Великого Устюга, выявлены рукотворные символические градостроительные доминанты, особенности их расположения в городской планировке. Предложены дополнения к проекту зон охраны и зон регулирования застройки г. Великий Устюг. Предложенная система классификации доминант по значимости позволяет определить художественную, объемно-планировочную, символическую ценность утраченных объектов, и сформулировать предложения по восстановлению утраченных доминант.

### Ключевые слова

Реставрация архитектурного наследия, малые города, историческая среда, градостроительные доминанты, архитектура, Великий Устюг, культовые сооружения.

### Дата поступления в редакцию

10.06.2024

### Дата принятия к печати

18.06.2024

### Введение

Сохранение исторической среды малых городов России является задачей крайне актуальной на сегодняшний день. Исторически сложившаяся система градостроительных доминант Великого

Устюга, организованная в основном объектами храмового зодчества, сформировала уникальный облик города, сочетающий особенности природного ландшафта и рукотворных архитектурных сооружений. Однако, в Великом Устюге, как и во многих малых городах России, наблюдается неудовлетворительное состояние как отдельных особенно ценных объектов культурного, градостроительного, ландшафтного наследия, так и исторически ценной городской среды в целом. Наряду с другими проблемами, утраты доминант высокого уровня в послереволюционный период искажают и нарушают исторические принципы формирования города, разрушают взаимосвязь элементов единой градостроительной системы.

В основу работы легли научные труды И. К. Белоярской [1–3], А.О. Золотовой [4], В. П. Шильниковской [5], в которых рассматриваются вопросы градостроительного формирования Великого Устюга, особенности размещения храмовых ансамблей и монастырей. Вопросы закономерностей градостроительного развития исторических городов России рассматривались в трудах: Семенцова С. В. [6–7], Ахметсагирова Э. И. [8], Скабичевской А. Б. [9], Сидоровой А. В. [10], Пилявского В. И. [11], Пруцина В. И. [12], Лапиной Д. А. [13], Долговой В. О. [14], Говорова С. В. [15] и др. Труды Белоярской И. К. посвящены градостроительству и архитектуре Вологодской области, в том числе градостроительным особенностям Великого Устюга. Однако, закономерности размещения градостроительных доминант города не до конца изучены в комплексе в масштабах всего города и с учетом как крупных объектов, так и незначительных акцентов.

### Методы

Для формирования методики выявления системы градостроительных доминант Великого Устюга необходимо последовательно рассмотреть следующие вопросы: А — рассмотреть этапы градостроительного развития города; Б — выявить все существующие и утраченные градостроительные доминанты с классификацией по определяющим признакам и определением зоны их восприятия; В — проанализировать полученные результаты с построением графических моделей; Г — сформулировать предложения по регулированию градостроительной деятельности в зонах влияния утраченных градостроительных доминант.

### Результаты

#### *А — этапы градостроительного развития города*

В книге «Великий Устюг. Развитие архитектуры города до середины XIX в.» Шильниковская Василиса Павловна приводит процесс развития городской планировки Устюга [5].

Выделяются этапы:

- XII – XVII в. — этап город-крепость, который охватывал территорию в границах от Соборного Дворища до Городища. Стены, укрепления и церкви выстраивались из дерева. Застройка не сохранилась, однако, сформировались первые ансамбли церквей, которые наметили и закрепили расположение главных градостроительных, символических и духовных доминант.
- XVII в. — торговая функция стала преобладать в городе, к центру потянулись улицы. В этот период появляется свободная дорегулярная планировка. Церкви перестраиваются в камне. В этот период появляются градостроительные символические (духовные) доминанты, сохранившиеся до настоящего времени. Расположение таких объектов было обусловлено особенностями

ностями ландшафта, близостью реки, особенностями межевания и исторического развития города.

- XVIII в. — период разуплотнения жителей центральной части по ближайшим деревням. Переход к регулярной застройке и строительству по образцовым проектам. Регулярная планировочная система имела ряд особенностей — сформировались удобные транспортные связи, упростилась ориентация внутри города, регулярные планы имели четкую, геометрически правильную форму, просторные площади и широкие прямые улицы, что отвечало новым представлениям о красоте города. Такое положение прослеживается вплоть до 20 в.
- 1917 г. – наст. вр. В советское время по всему городу демонтировали и реконструировали культовые здания. Этот процесс не повлиял на улично-дорожную систему, однако, изменилась панорама города и нарушены важные визуальные связи.

### *Б - Классификация и выявление доминант по определяющим признакам*

Если рассматривать Великий Устюг в контексте страны, или региона, можно обратиться к классификации высотных доминант, предложенной С. В. Семенцовым, и примененной к Санкт-Петербургской агломерации. На основе ландшафтно-визуального анализа и архивно-библиографических материалов были выявлены все градостроительные и культурные доминанты Великого Устюга (*рис. 1, 2*), которые были классифицированы по их значимости и радиусу влияния в соответствии с предложенной методикой [16].

- **Доминанты 1-го и 2-го порядка**, выявленные С. В. Семенцовым в Санкт-Петербурге, отсутствуют в Великом Устюге. Стоит, однако, учитывать, во-первых, высоту рядовой застройки городов (Санкт-Петербурга и Великого Устюга), во-вторых, различие ландшафта. В связи с тем, что высота фоновой (рядовой) застройки Великого Устюга не превышала 10 метров (в Санкт-Петербурге же высота фоновой застройки к 18 в. достигала 15 м, к XIX в. возросла до 28 м.), а природный ландшафт усиливает влияние градостроительных акцентов, доминанты, определяемые в методике С. В. Семенцова как 3 ранг и ниже, в Великом Устюге являются основными, формируют градостроительный каркас города.
- **доминанты 3-го порядка**: церкви, колокольни с охватом видимости от 600 метров, которые располагаются в прибрежной зоне и имеют высоту завершений от 30 до 55 м; Эти доминанты оказывают основное влияние на формирование силуэта набережной.

К доминантам 3-го порядка можно отнести: Успенский Собор (1658 г.), церковь Вознесения (1648 г.), Симеоновская церковь (1725 г.), Никольская церковь (1682 г.), Леонтьевская церковь (1738 г.), церковь Ильи Пророка (1736 г.), церковь Дмитрия Солунского (1700 г.) и церковь Сергия Радонежского (1739 г.) Дымковской слободы.

Утраченные доминанты 3-го порядка: Варваринский (1709 г.) и Троицкий (1705 г.) храмы, церковь Иоанна Богослова (1814 г.), Сретенская церковь (1690 г.) и колокольня (1804 г.), Церковь Рождества Христова (1716 г.), Церковь Петра и Павла (1739 г.).

Следует отметить, что перечисленные объекты, безусловно, имеют важнейшее градостроительное значение в масштабе города Великий Устюг. Усиливает их значимость в застройке сочетание особенностей ландшафта и рукотворные силуэтные характеристики объектов, а также их культурное значение. Учитывая высоту фоновой исторической застройки, особенности ландшафта, доминанты 3-го порядка в Великом Устюге формируют водный силуэт и градостроительный каркас исторического ядра города.

- **доминанты 4-го порядка:** церкви, колокольни с охватом видимости от 600 метров, которые располагаются в центре квартала либо на возвышенности и имеют высоту завершений от 30 до 40 м. Такая высота объектов, учитывая высоту фоновой застройки не превышающую 10–15 м, обеспечивает пространственное различие исторической среды, создает значимые градостроительные акценты. Таким образом, доминантами 4-го порядка являются: Собор Архангела Михаила (1653 г.), Спасо-Преображенская церковь (1725 г.) и Сретенская церковь (1689 г.). Иоанно-Предтеченский монастырь претерпел реконструкцию и теперь не соответствует первоначальной категории.

Также к доминантам 4-го порядка возможно отнести церкви с охватом видимости от 600 метров, которые располагаются в прибрежной зоне и имеют высоту завершений менее 30 м; Алексиевская церковь (1672 г.), церковь Чуда Михаила Архангела (1884 г.), Мироносицкая церковь (1722 г.), Иоанна Устюжского (1656 г.), Церковь Варлаама Хутынского (1704 г.) — утрачена. Равнинный характер прибрежной зоны, особенности ландшафта в зонах размещения перечисленных объектов, обеспечивают раскрытие визуальных панорам на эти объекты. Такие особенности усиливают их градостроительную роль и увеличивают зоны влияния, что делает их значимыми составляющими градостроительной системы города. Такие объекты обозначены на схеме как доминанты порядка 4(1).

- **доминанты 5-го порядка:** доминанты, расположенные на перекрестке улиц с охватом видимости до 200 метров. К доминантам 4-го порядка относятся: Церковь Параскевы Пятницкой (1873 г.), Церковь Антония и Феодосия Печерских (1703 г.), Церковь Георгия Победоносца (1739 г.), Домовая церковь Покрова Пресвятой Богородицы при бывшем Епархиальном женском училище (1901 г.), Церковь Стефана Пермского (1800 г.) на кладбище, жилые дома XIX века. Особенности ландшафта города Великий Устюг не оказывают влияния на восприятие данных объектов. Доминанты 5-го порядка, как правило, расположены среди рядовой застройки и создают локальные акценты. Однако, такие объекты являются значимыми при восприятии с близкого расстояния, создают местные ориентиры и являются важными элементами разноразмерной системы доминант и акцентов города.
- **акцентные здания:** здания, которые находятся в структуре квартала и выделяются среди рядовой застройки за счет своих архитектурно-художественных элементов. К таким объектам можно отнести: Усадьба С. И. Захарова (1790 г.), Дом Усова (1838 г.), Дом по адресу: Красная ул., 97 (1689 г.), дом З. Н. Гоголицына (1903 г.), Усадьба М. М. Булдакова (1689 г.), Дом Захарова (1689 г.), Дом Шилова (1689 г.) и др.
- **акцентные объекты:** Часовни, памятники, скульптура, малые архитектурные формы. памятник В.И. Ленину, Памятник Семену Дежневу, Памятник Ермаку, Городская ёлка и др.

Анализ и систематизация всех выявленных градостроительных и символических доминант города показывают: а) влияние реки на градостроительную систему города — все наиболее значительные доминанты работают в основном на восприятие с воды и с противоположного берега и формируют водную панораму Великого Устюга; б) утраченные доминанты — в основном, культовые здания, снесенные или реконструированные в 20-е – 30-е гг XX века; в) прослеживается взаимосвязь между периодами застройки города и категорией значимости выявленных доминант, а также их символическим значением. Из анализа следует, что утраченные доминанты относятся к культовым зданиям, которые были снесены или реконструированы в 20-е – 30-е годы XX века.

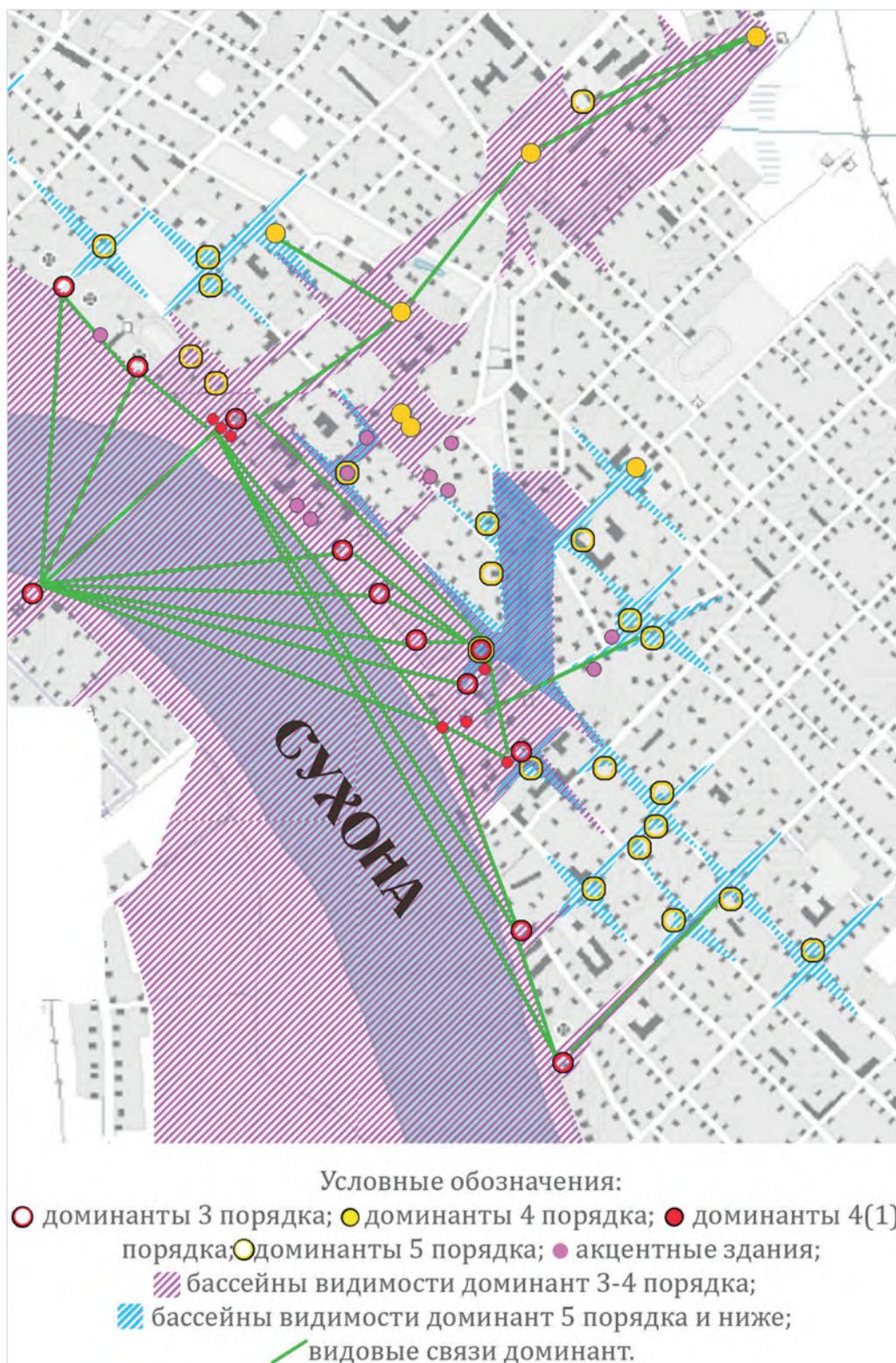


Рис. 1. Схема градостроительных доминант Великого Устюга, нач. XX века (дореволюционный период)

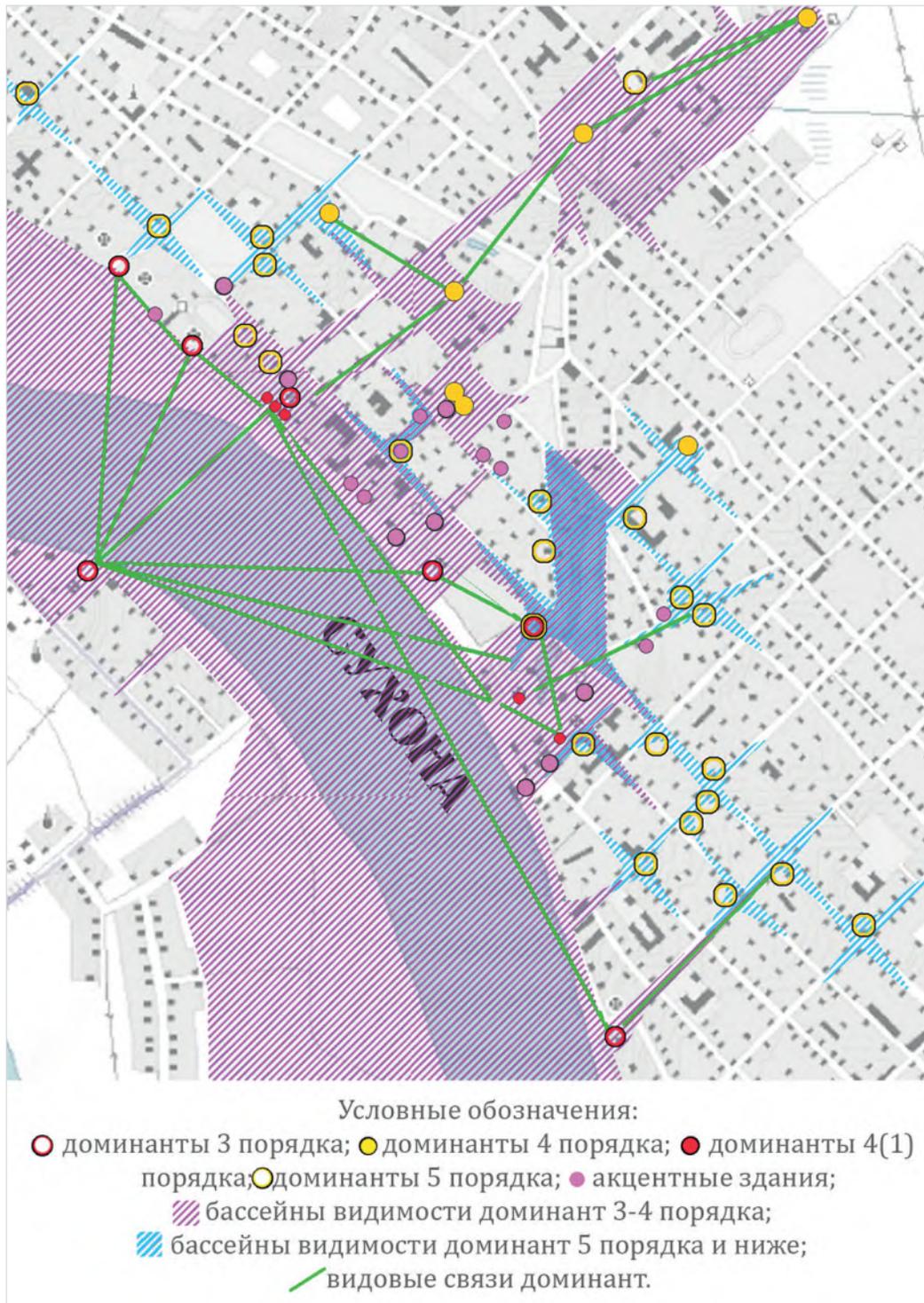


Рис. 2. Схема градостроительных доминант Великого Устюга (существующее положение)

*В — анализ полученных результатов с построением графических моделей*

На основе анализа градостроительной ситуации, сложившейся к нач. XX в (Рис. 1) и постреволюционный период (Рис. 2) были выявлены утраченные, особо значимые градостроительные доминанты и видовые связи (Рис. 3).

При сопоставлении графической реконструкции набережной на начало 20 в. (дореволюционный период) и современной развертки по набережной выявлены недостающие элементы силуэта (Рис. 4 а, б).

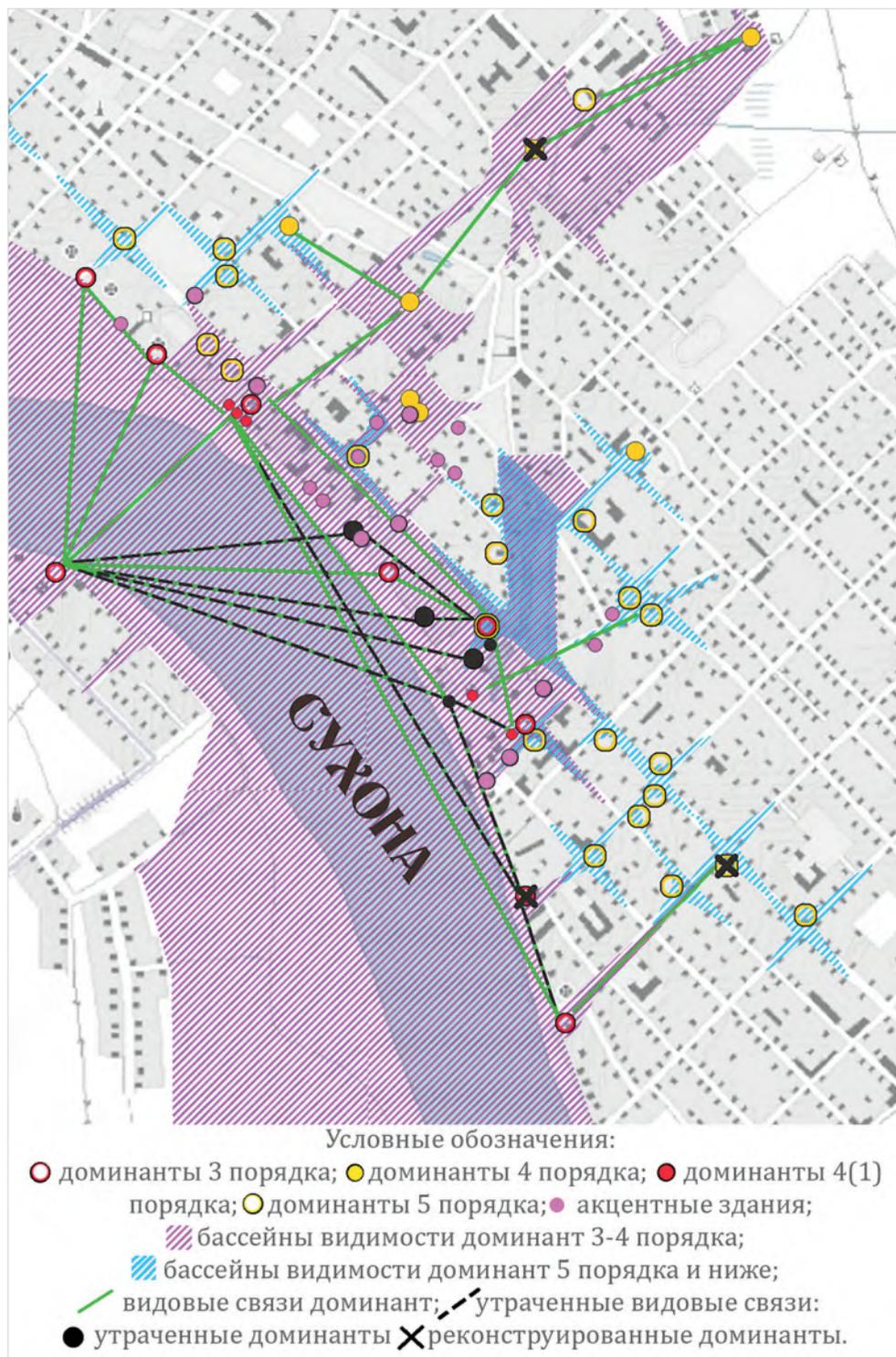


Рис. 3. Схема утрат доминант и видовых связей Великого Устюга

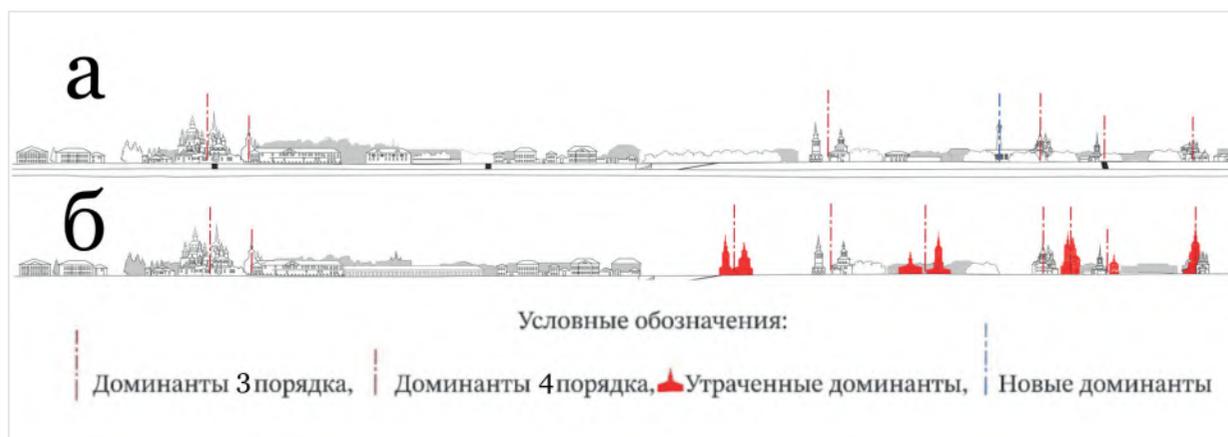
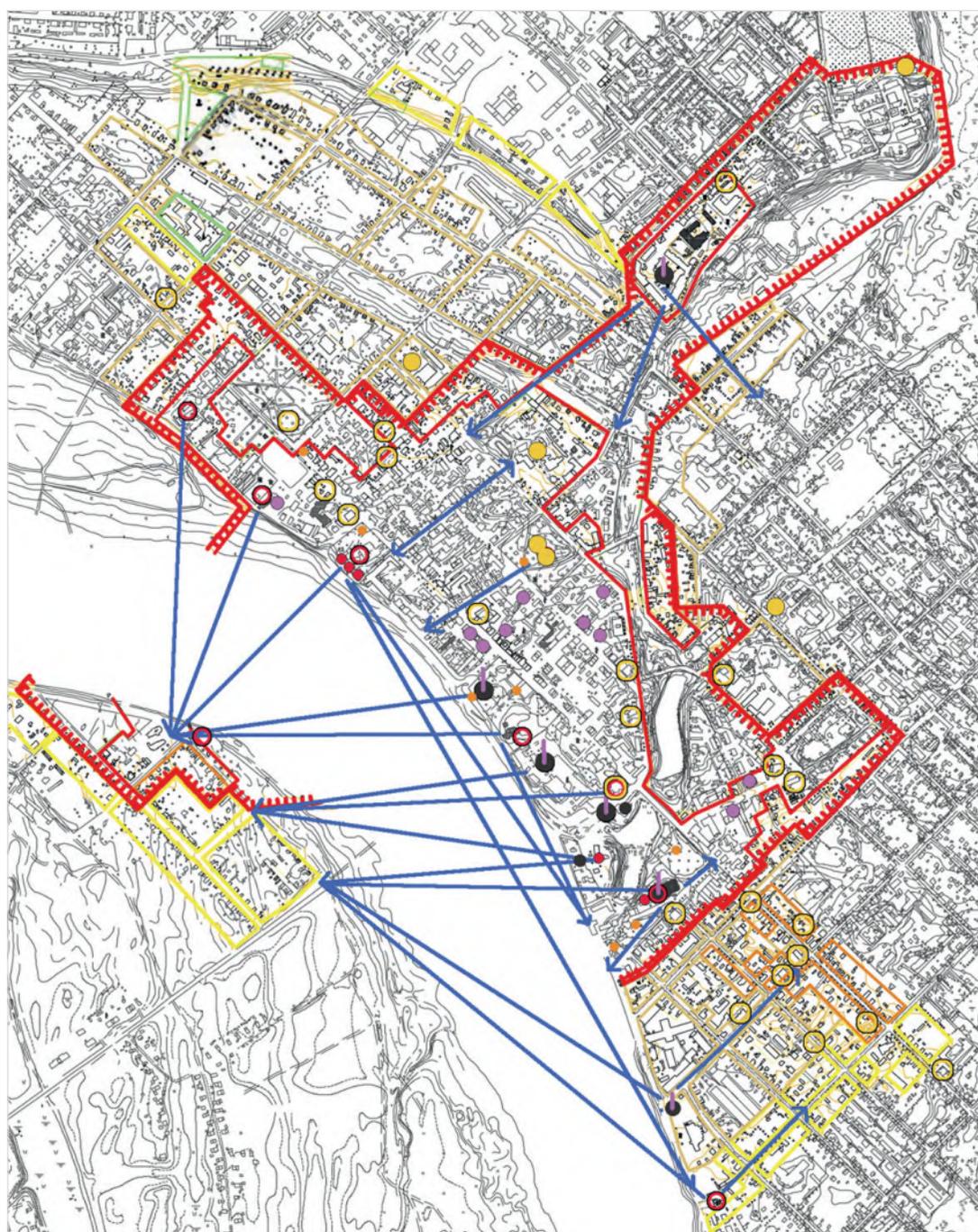


Рис. 4. Развертки по набережной: а — существующая; б — существующая, с показом утраченных доминант.

*Г — предложения по регулированию градостроительной деятельности в зонах влияния утраченных градостроительных доминант*

Анализ проекта зон охраны и зон регулирования застройки Великого Устюга 1986 года показывает, что большинство выявленных особо значимых градостроительных доминант располагаются в заповедной территории исторического центра и охранной зоне (рис. 5). В пределах этих зон, согласно данному документу, рекомендовано «полное восстановление памятника и его исторической среды». Таким образом, правомерно и необходимо не только восстановление утраченных элементов градостроительного каркаса исторического центра Великого Устюга, но и сохранение и воссоздание утраченных визуальных связей между доминантами и бассейнов их восприятия.

Исследование показывает, что наиболее значимые доминанты (3 порядка) исторически формировали водную панораму города, но в настоящее время нарушен исторический шаг расположения акцентов (рис. 4). Ряд особенно значимых объектов согласно проекту зон охраны 1986 года расположен в «Зоне строго регулирования 1-го типа» и «зоне частичного регулирования 1-го типа». В пределах этих зон ограничена высотность новых построек, но не регламентируется необходимость сохранения или воссоздания исторической градостроительной среды. Выводы данной статьи позволяют сформулировать дополнения к проекту охранных зон 1986 года в виде предложений по воссозданию доминант в указанных зонах (рис. 5) в первоначальном виде, либо создание новых с учетом особенностей объемно-пространственной композиции, культурной и градостроительной значимости утраченных объектов. В совокупности с ограничениями по высоте построек в указанных зонах, такой подход позволит сохранить или воссоздать исторически сложившуюся градостроительную среду города Великий Устюг. Это вернет городу утраченные градостроительные ориентиры и создаст новые точки притяжения.



Условные обозначения:

Зоны регулирования застройки из проекта зон охраны от 1986 г.:

-строгого регулирования:   1 типа;   2 типа;   охранные зоны;

-частичного регулирования:   1 типа;   2 типа;

  заповедная территория исторического центра;

Доминанты:

○ 3 порядка; ● 4 порядка; ● 4(1) порядка; ○ 5 порядка; ● акцентные здания;

● утраченные доминанты; ● утраченные рекомендованные к воссозданию;

← точки восприятия доминант.

Рис. 5. Схема градостроительного регулирования Великого Устюга с рекомендациями по воссозданию утраченных градостроительных доминант

## Выводы

В ходе исследования: а) выявлены закономерности появления и расположения градостроительных доминант Великого Устюга; б) выявлены все градостроительные доминанты города и акцентные здания и объекты с определением их зоны влияния по методике С. В. Семенцова и с учетом градостроительных особенностей городской застройки (высота фоновой застройки, особенности ландшафта и др.), в) выявлены утраченные особо ценные градостроительные доминанты, формировавшие речную панораму города и градостроительный каркас исторического ядра; г) даны рекомендации по воссозданию утраченных градостроительных доминант с учетом их зон влияния. Действующее на сегодняшний день градостроительное регулирование Великого Устюга не в полной мере учитывает зоны влияния особо значимых объектов и ценные визуальные связи. Данное исследование позволило сформулировать предложения по регулированию градостроительной деятельности в зонах утрат особенно значимых объектов, а также на территориях влияния существующих градостроительных доминант. Такой подход позволит, во-первых, постепенно воссоздать (сформировать) основные градостроительные оси речной панорамы города; во-вторых — сохранить существующие визуальные связи и воссоздать утраченные.

Результаты исследования могут быть рекомендованы архитекторам при разработке проектов регенерации набережной города, а также в оценке визуального восприятия отдельных объектов.

## Библиографический список

1. *Белоярская И. К.* Монастырские комплексы Вологодской области: Принципы современной реабилитации тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 18.00.04, кандидат архитектуры Белоярская Ирина Константиновна.
2. *Белоярская, И. К.* Архитектурно-исторические исследования формирования ансамбля Иоанно-Предтеченского монастыря в Великом Устюге / *И. К. Белоярская* // Материалы научной конференции «Актуальные проблемы современной архитектуры, градостроительства и дизайна» в рамках XXVIII международного смотра-конкурса лучших выпускных квалификационных работ по архитектуре, дизайну и искусству: сборник трудов, Нижний Новгород, 06–13 октября 2019 года. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. — С. 59–63. — EDN YSGBMD.
3. *Белоярская, И. К.* Градостроительное значение монастырских ансамблей в структуре города (на примере Великого Устюга) / *И. К. Белоярская* // Сборник научных трудов института: Вологодский политехнический институт. — Вологда: Вологодский политехнический институт, 1996. — С. 31–36. — EDN YLEQNN.
4. *Золотова О. А.* Ландшафтно-архитектурная среда Великого Устюга / *О. А. Золотова* // Великий Устюг: краевед. альм. — Вологда, 2004. — Вып. 3. — С. 359–378 : цв. фот.
5. *Шильниковская В. П.* Великий Устюг. — 2-е изд., доп. — М.: Стройиздат, 1987. — 255 с.
6. *Семенцов С. В., Славина Т. А.* О типологии формирования столичной градостроительной среды Санкт-Петербурга – Петрограда – Ленинграда / *С. В. Семенцов, Т. А. Славина* // Статья в журнале — Известия Казанского государственного Архитектурно-строительного университета, Санкт-Петербург, 2023. — С. 200–213.
7. *Ардашева Ю. В., Семенцов С. В.* Этапы формирования и развития морфологических особенностей разных типов Санкт-Петербургской городской среды / *Ю. В. Ардашева, С. В. Семен-*

цов // Статья в сборнике трудов конференции — Магистерские слушания. Материалы VIII Межрегиональной научно-практической конференции. В 2-х томах. Том II. 2018. — С. 101 – 104.

8. *Ахметсагирова Э. И., Айдарова Г. Н.* Принципы архитектурно-пространственной организации городских набережных на примере Казани / Э. И. Ахметсагирова, Г. Н. Айдарова // Статья в журнале. — Известия Казанского государственного Архитектурно-строительного университета, Казань, 2017. — С. 15 – 22. Казанский государственный архитектурно-строительный университет.

9. *Скабичевская, А. Б.* Градостроительное значение кремлей и монастырских комплексов городов России / А. Б. Скабичевская // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Москва, 03 – 07 апреля 2017 года. Том 1. — Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2017. — С. 352 – 354. — EDN YONJSL.

10. *Сидорова, А. В.* Развитие дорегулярной пространственно-планировочной структуры города Тотьмы / А. В. Сидорова // Градостроительство и архитектура. — 2021. — Т. 11, № 1 (42). — С. 132 – 142. — DOI 10.17673/Vestnik.2021.01.18. — EDN FKDZAD.

11. *Пилявский В. И.* и др. История русской архитектуры. СПб.: Стройиздат, 1994. 600 с.

12. *Пруцин О. И., Рымашевский Б., Борусевич В.* Архитектурно-историческая среда / Под ред. О. И. Пруцина. М.: Стройиздат, 1990. С. 157 – 165.

13. *Лапина, Д. А.* Социальные и политические основы формирования градостроительства и архитектуры городов Древней Руси / Д. А. Лапина // Genesis: исторические исследования. — 2023. — № 4. — С. 116 – 124. — DOI 10.25136/2409-868X.2023.4.37944. — EDN QTGMMK.

14. *Долгова, В. О.* Сохранение архитектурно-градостроительных традиций малых исторических городов Калужского края / В. О. Долгова // Academia. Архитектура и строительство. — 2021. — № 3. — С. 70 – 78. — DOI 10.22337/2077-9038-2021-3-70-78. — EDN BULHLT.

15. *Говоров, С. В.* Возникновение и развитие малых городов Владимирской области: Ярополч, Суздаль, Юрьев-Польский. От первого упоминания до наших дней / С. В. Говоров, З. К. Петрова // Градостроительство. — 2016. — № 3 (43). — С. 22 – 30. — EDN WMGFLX.

16. *Sementsov S, Akulova N, Kurakina S.* High-rise construction in the Saint Petersburg agglomeration in 1703-1950s // High-Rise Construction 2017 (HRC 2017). E3S Web of Conferences Volume 33 (2018). Proceedings of an international scientific conference on high-rise construction, Samara, Russia, September 4–8, 2017. eISSN: 2267-1242. — Самара — 06.03.2018 — Статья № 01008. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183301008>. Лицензия Creative Commons Attribution License 4.0. [Семенцов С.В., Акулова Н.А., Куракина С.В. Высотное строительство в Санкт-Петербургской агломерации в 1703 – 1950-е годы].

17. *Крылова С. В.* Архитектурно-пространственные и композиционные особенности размещения храмов в Санкт-Петербурге и близлежащих уездах в XVIII — первой половине XIX вв. // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 27 – 35.

18. *Верзун, М. О.* Выявление историко-архитектурного потенциала исторического центра города великий Устюг / М. О. Верзун, М. В. Золотарева // Архитектурные сезоны в СПбГАСУ: Сборник материалов X Регионального творческого форума с международным участием, Санкт-Петербург, 14–17 апреля 2020 года. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. — С. 174 – 175.

---

## THE SYSTEM OF URBAN PLANNING DOMINANTS IN THE DEVELOPMENT OF VELIKY USTYUG

**D. O. Luzianin**  
**N. P. Dubrovina**  
**S. V. Sementsov**

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

---

### **Abstract**

This article is the result of a comprehensive study of the development of the city of Veliky Ustyug with an analysis of the silhouette of the most significant panoramas in different periods of the city's life. Research has shown that the peculiarities of the city's development have shaped its unique silhouette along the river embankment. Sukhona and pronounced visual connections along the main streets. Currently, some of the town-planning dominants, including the dominants of the highest level, have been lost. The conclusions of this article allow us to formulate the issues of recreating the lost main high-rise dominants or regulating urban planning activities, taking into account the identified patterns. Materials and methods. Study of archival and published scientific, bibliographic and iconographic sources on the research topic; analysis of master plans and high-rise dominants of Veliky Ustyug; field survey; desk processing of completed studies with the compilation of graphic models. As a result, the principles of the historical spatial structure of Veliky Ustyug were analyzed, man-made symbolic urban planning dominants were identified, and the features of their location in the urban layout. Additions to the project of protection zones and development regulation zones for the city of Veliky Ustyug are proposed. The proposed system of classification of dominants by significance allows us to determine the artistic, space-planning, symbolic value of lost objects, and formulate proposals for restoring lost dominants.

### **The Keywords**

*Restoration of architectural heritage, small towns, historical environment, urban planning dominants, architecture, Veliky Ustyug, religious buildings.*

### **Date of receipt in edition**

10.06.2024

### **Date of acceptance for printing**

18.06.2024

---

### **Ссылка для цитирования:**

*Д. О. Лузянин, Н. П. Дубровина, С. В. Семенов. Система градостроительных доминант в застройке Великого Устюга. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 93–104.*



УДК 712

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_105-112

## РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ УСАДЬБЫ ГОСТИЛИЦЫ

К. С. Трофимов <sup>\*/\*\*</sup>

Е. С. Чернова <sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

<sup>\*\*</sup> ООО «Первый проектный институт», г. Санкт-Петербург

### Аннотация

В данной статье поднимается тема актуальности развития культурного туризма в России. Описаны приемы и разработка сценариев использования исторической усадьбы Гостилицы, при помощи постоянной и временной экспозиции. Данные способы включают в себя множество элементов по организации паркового пространства: павильоны, фудкорты, выставочные стенды, освещение, зонирование территории. Описываются способы разделения территории на зоны при проведении таких мероприятий, как «фестиваль музыки» и «Ночь в музее».

### Ключевые слова

*Усадьба Гостилицы, сценарное использование, культурный туризм, историческая усадьба, сценарный подход, развитие территории.*

### Дата поступления в редакцию

10.06.2024

### Дата принятия к печати

18.06.2024

Российский туризм активно развивается, появляются новые направления, повышается уровень сервиса, создается качественное благоустройство и происходит застройка территорий. В туризме выделяются три основных направления отдыха: пляжный, культурно-познавательный, природный.

Усадьба Гостилицы расположена в одноименной деревне в Ломоносовском районе западной части Ленинградской области. Дорога на автомобиле занимает около 50 минут из центра города. Территория и сохранившиеся исторические постройки имеют статус Федерального значения, а также входят в список ЮНЕСКО. Гостилицы имеет удачное расположение: поблизости проходит автомобильная трасса федерального значения Санкт-Петербург – Ивангород и достаточно близко располагается удобный съезд с Кольцевой автомобильной дороги. Стоит отметить, что кроме транзитного маршрута усадьба будет пользоваться спросом благодаря развитию внутреннего туризма. Потенциальной основной аудиторией являются семейные пары с детьми.

Основным ядром ансамбля являются усадьбы и кавалерийские корпуса. Другими составляющими значатся хозяйственные постройки, церковные группы, мосты. Несмотря на сильную визуальную составляющую территории, инфраструктура парка не соответствует этому уровню. Территория разделена трассой на две части. Отсутствуют централизованные входные группы, парковочные зоны. Кроме

того, нет элементов благоустройства: уличной мебели, освещения в вечернее время суток, навигации. Природные ландшафты подвержены эрозии, водные зоны частично заболочены. Большая часть парка пребывает в упадочном состоянии. Деревья и растения нуждаются в восстановлении.

Был проведен анализ усадеб Москвы и Московской области и выделены главные критерии, которые привлекают посетителей [1] данных усадьбах есть постоянные и временные экспозиции, спецпроекты. На территориях усадеб есть признак сезонности: такие мероприятия как фестивали проводятся и летом, и зимой. Также было выяснено, что усадьбы Санкт-Петербурга и Ленинградской области имеют постоянную и временную экспозицию в музеях, но потенциал территории не раскрывается, поскольку основная нагрузка приходится только на теплый период года. Из этого следует вывод, что развитие территории усадьбы в культурном туризме должно учитывать постоянную и временную функции. Пространство должно быть адаптивно под временные культурные мероприятия. Территория усадьбы Гостилицы занимает большую площадь в 85 гектаров и имеет потенциал для привлечения туристического потока. Для реализации этого потенциала территория нуждается в качественном благоустройстве и создании сценарности, событийности, наполненности.

### **Постоянная экспозиция**

Территорию усадьбы для максимально эффективной эксплуатации необходимо разделить на постоянные и временные экспозиции. [2, с. 368]. В рамках постоянной экспозиции, объекты будут формироваться исходя из требований охранного законодательства «Дворцово-паркового ансамбля» [3, 385 с.]. Помимо этого, необходимо создание постоянных функциональных зон территории: административно-служебной, развлекательной, рекреационной. Вдобавок для функционирования ансамбля необходимо выделить: точку общепита, магазин сувениров, объекты туристической инфраструктуры, связанные с длительным пребыванием туристов [4, с. 290 – 295].

### **Объекты усадьбы**

Постоянная рекреационно-прогулочная функция может быть наполнена реконструируемыми объектами, которые формируют прогулочный маршрут в традициях пейзажного парка [5]. Такое решение постоянной экспозиции, стационарного благоустройства, будет интересно посетителям с учетом современных веяний, интерпретации руинированных объектов без охранного статуса. Утраченные объекты исторических малых архитектурных форм, такие как Потешная Башня, беседки, фонтаны, предлагаются к воссозданию в современных формах и материалах (*рис. 1, 2, 3*). Этот прием позволит сохранить память места. Взаимодействие старого и нового относительно пейзажных построек будет актуально [6].

### **Маршруты**

Для постоянной экспозиции на территории усадьбы предлагается восстановление дорожно-тропичной сети. Дорожки исторического маршрута будут состоять из набивного покрытия — это сохранит аутентичность места. Для новых маршрутов лучше использовать современные материалы, например, деревянный настил или металлическую решетку. Такое различие в материалах поможет посетителям отличить исторические и современные градостроительные решения. На выделенных визуальных точках маршрута, из ландшафтно-визуального анализа, предлагается создание смотровых площадок, которые раскроют потенциал пейзажного парка. Тихие и проходимые зоны парка предлагается оборудовать малыми архитектурными формами для комфорта посетителей. Размещение современных инсталляций на территории парка будут создавать впечатления и формироваться в воспоминаниях о месте.



Рис. 1, 2, 3. Интерпретация построек в современных материалах.

### *Спуск*

Деревянный лестничный спуск осуществляет связь между усадебным комплексом водными объектами. Спуск находится в ветхом состоянии, он утратил свою функциональность и не является комфортным для использования. Кроме того, угол наклона спуска достаточно крутой и небезопасный. Этот логистический элемент территории является важным связующим объектом, поэтому предлагается создание нового спуска в новых формах с использованием современных материалов. В дополнение спуск может выполнять роль еще одной смотровой площадки, с этой точки открывается лучший вид на водную систему парка.

### *Оранжерея*

Оранжерея находится в разрушенном состоянии, на данный момент сохранились фундаменты, которые застроены частными сооружениями. Предлагается воссоздать оранжерею в общих формах, используя современные материалы. Это позволит сохранить зданию свою первоначальную функцию и станет дополнительной точкой притяжения для всех посетителей парка. Часть здания может занять кофейня, остальная площадь останется для посещения и изучения оранжерейных коллекций. Данное пространство предлагается адаптировать под специальные проекты и закрытые мероприятия. Оранжерея будет раскрываться в сторону восстановленных прилегающих садов.

### *Водные объекты*

Водный каркас находится в западной части парка. Ландшафт данной территории живописный и обособленный. Прогулочная и водная зоны разделены резким перепадом рельефа: это связано с эрозией. Поэтому на водных объектах и прилегающих территориях следует провести дренажные работы. Река Гостилка, ведущая к Пиличному пруду, оборудована дорожкой на металлическом каркасе, с освещением со стороны водной глади. Она соединяет все исторические мосты в одном маршруте. Данная часть парка может сохраниться как тихая и уединенная зона, стать точкой притяжения посетителей, которые предпочитают обособленное времяпрепровождение. Вдоль Пиличного пруда проходит набережная из деревянного настила. Индивидуально созданный дизайн малых архитек-

турных форм «подчеркивает» водную гладь современным благоустройством. На противоположной стороне предлагается сохранить беседку в современной трактовке. В вечернее время ее силуэт будет подчеркиваться с помощью освещения. В северной части парка расположены озеро Нижнее и озеро Карпо-Карасево. Данную зону предлагается раскрыть с помощью экомаршрута и дополнительно созданными зонами отдыха.

### *Освещение*

На территории парка необходимо создание технического освещения, которое обеспечит безопасность и видимость на протяжении всех маршрутов. Важное значение при проектировании имеет эстетическое восприятие. Световой дизайн — это больше чем освещение, выбор осветительных предметов. Он способен раскрыть потенциал архитектуры и пространства пейзажного парка. Световой дизайн позволит сделать тихие зоны более приватными, уединенными, подчеркнуть сооружения на которые стоит обратить внимание.

### *Навигация*

Территория усадьбы занимает 85 га. Для такого масштаба парка предлагается создание качественной навигации для всех маршрутов. Навигационные стойки предлагается установить в локациях, где возможна смена направления маршрута. Кроме того, необходимо создание QR-кодов для самостоятельного знакомства посетителей с историческими постройками и современными инсталляциями.

### **Временная экспозиция**

Проведенный анализ опыта работы усадеб Москвы и Московской области для развития усадебного комплекса позволяет утверждать, что наличие постоянной экспозиции недостаточно. Появляется необходимость в формировании временной экспозиции. Это могут быть мероприятия, связанные с проведением фестивалей. Все фестивали нацелены на усиление влияния одного из мировых центров культуры и искусства, России. Они создают у людей праздничное настроение и повышают имидж России в целом и Санкт-Петербурга в частности. В связи с развитием внутреннего туризма, Ленинградская область становится одним из главных туристических центров, запрос на досуг возрастает, особенно в туристические сезоны [7].

### *Музыкальный фестиваль*

Музыкальные фестивали также могут стать эффективным средством по привлечению туристов в усадьбу Гостилицы. В ближайших усадьбах, расположенных в радиусе 20 км от Гостилиц, музыкальные мероприятия такого масштаба не проводятся. Площадь паркового ансамбля в 85 га способна обеспечить комфортное и насыщенное событиями пребывание на территории. Продвижение в массы различных музыкальных направлений, вовлечение в творчество как можно более большого количества участников: привлечение молодежи, отбор талантливых молодых исполнителей, развитие культурных связей между народами. Для повышения туристической привлекательности необходимы специальные культурно-массовые мероприятия [8].

### **Хозяйственно-бытовое зонирование**

Музыкальные фестивали — это один из самых популярных видов культурных мероприятий, которые привлекают большое количество посетителей. Поэтому территория парка должна быть адаптивная и иметь четкое зонирование, для организации потоков людей. С точки зрения времен-

ного функционирования, возникает необходимость корректировок благоустройства. Во время пиковой точки загрузки, возникает необходимость разделение территории под временные функции: технические, хозяйственно-бытовые, рекреационные. Рекреационная функция должны включать в себя зоны: шумную, где будет размещена сцена и собираться наибольшее количество посетителей, зона с развлекательными мероприятиями, прогулочная. Сценарная составляющая будет формироваться по принципу замкнутого маршрута, для лучшей ориентации между объектами инфраструктуры. Хозяйственно-бытовое зонирование включает в себя много пунктов. Оно отвечает за размещение и связь генераторов и других коммуникаций, для функционирования фестиваля. Также временные павильоны для развлекательных зон входят в этот тип зонирования. Для создания временных павильонов лучше выбрать модульные конструкции. Они легко монтируются и демонтируются, не требуют высококвалифицированных кадров, возможно повышение рабочих мест среди местного населения. Так как на большую часть ансамбля приходится парковое пространство, и модули должны вписываться в постоянную экспозицию, стоит рассмотреть небольшие отдельно стоящие сооружения. Павильоны должны учитывать планировочную структуру основных исторических построек [7].

#### Фудкорты

Данный формат предполагает занятость на полный день, поэтому проектом необходимо предусмотреть зону для размещения временных павильонов с едой и напитками. Архитектура павильонов учитывает общий дизайн-код музыкального фестиваля, но также лаконично сочетается с историческими усадебными постройками и природным ландшафтом Гостилиц. Исходя из количества посетителей выбирается количество фуд-кортов для обеспечения комфортного нахождения на территории. В этой зоне также необходимо предусмотреть столы для приема пищи, у достаточное количество мусорных урн. Важно обеспечить доступ загрузки и хранению продуктов к павильонам. формирование временных модульных конструкций и павильонов.

#### Сцена

Для обеспечения хорошей видимости на концертах предлагается создание большой временной сцены, и дополнительных посадочных мест. В вечернее время открывается красивый вид на Пиличный пруд и освещенные силуэты Потешной Башни, и историческую беседку, на противоположной стороне пруда. Здесь предлагается размещение второй сцены на воде. Проектное предложение по благоустройству набережной способно вместить большое количество посетителей. Также со смотровых площадок будет открываться хорошая видимость на сцену.

#### Рекреационное благоустройство

Проектом предлагается создание дополнительных временных маршрутов и дорожек из деревянного настила. Малые архитектурные формы, часть сидячих мест спроектированы в виде амфитеатров, для большей вместимости, и предусмотрены дополнительные места в виде уличной мебели. Также увеличивается площадь под парковочные места. На территории парка важно разместить временные общественные туалеты.

#### Техническая

Необходимо выделение зоны для создания временных парковок под легковые автомобили и групповые автобусы. Часть парковочных мест можно разместить в группе построек «хозяйственного двора». Эта зона наименее будет задействована в проведении мероприятия. Также она находится в зоне главного входа на территорию усадьбы Гостилицы. Площадь парковки способна вместить более 500 маш/мест [9].

### *Ночь музеев*

Также самым популярными мероприятием является «Ночь в музее». Данный формат требует особого подхода, который будет обеспечивать адаптивность пространства под заданное мероприятие. Это временные экспозиции: павильоны, дополнительное благоустройство территории, размещение всех посетителей, фудкорты, и др. Все элементы должны быть из легковозводимых конструкций, и не иметь капитальный характер, так как ансамбль усадьбы Гостилицы имеет охранный статус Федерального значения.

#### **Хозяйственно-бытовое зонирование**

Основная цель мероприятия показать возможности и потенциал современных музеев, привлечь молодую аудиторию событийностью.

Территория должна быть адаптивная под заданную тематику мероприятия. Ставятся задачи и способы взаимодействия с посетителями для более полного погружения. Далее происходит переосмысление пространства, где подробно раскрываются существующие зоны при помощи новых сценариев использования территории. Какие-то из них приобретают совершенно новые функции и становятся центром разных событий. Так как действие происходит в вечернее время суток, в целях безопасности, территория парка должна быть сокращена. Включать в себя все исторические постройки и Пиличный пруд с благоустроенной набережной. Замкнутый тип маршрута, поможет посетителям ориентироваться в таком пространстве интуитивно.

#### **Павильоны**

Мероприятие «Ночь в музее» должно иметь заданный маршрут передвижения, где на каждом этапе происходит более глубокое погружение и знакомство с заданной темой. Для этого необходимы дополнительные сооружения для проведения развлекательных функций.

На территории усадьбы Гостилицы предлагается выделение зоны в начале парка, где будет максимальная нагрузка посетителей на участок во время проведения мастер-классов. Павильоны должны быть разного масштаба, но вписываться в пропорции исторического ансамбля, чтобы не нарушать его целостность. Для создания временных павильонов лучше выбрать модульные конструкции. Важный акцент на дизайне павильонов- будет создание светового дизайна. Павильоны будут дополнять постоянную экспозицию парка, но не перегружать визуальное пространство. [10]

#### **Буккроссинг**

Отдельными элементами благоустройства среды будут павильоны с буккроссингом. Они будут соответствовать общему дизайн-коду. В них будет размещаться литература, посвященная мероприятию.

#### **Инсталляции**

Для мероприятия «Ночь в музее» будут эксклюзивно созданы малые архитектурные формы и инсталляции, соответствующие трендам. Интересное формообразование и современные материалы наиболее вызывают интерес у посетителей. Одна из таких локаций может стать актуальный в последнее время зеркальный лабиринт, который будет вызывать интерес и повышать узнаваемость любителями селфи.

#### **Лекторий**

Для образовательной зоны, где будет проведение тематических лекций и самого мероприятия, необходима площадка со сценой. Проектом предлагается создание временного лектория на 50 человек и дополнительных мест размещения посетителей.

### Рекреационное благоустройство

Временные сооружения для входной группы должны быть соразмерны историческим постройкам и при этом связаны с ландшафтом, открывая вид на парк и усадьбу Гостилицы. Здесь планируется размещение навигации для дальнейшей ориентации по территории парка.

### Техническое освещение

Данное мероприятие приурочено к Международному дню музеев, в которых можно осмотреть музейные экспозиции в вечернее время суток. Поэтому помимо технического освещения всех временных площадок, необходимо создание нового дизайна освещения фасадов сооружений, для наибольшей эффективности и подчеркивания усадьбы. Также нужно дополнительное освещение, которое будет выделять точки притяжения и создавать визуальные коридоры для ориентации в вечернее время суток. Световой дизайн в архитектуре является современным явлением в освещении XXI века. Искусственное освещение по-особенному может раскрыть потенциал парковой территории и мероприятия. Световые образы и акценты будут выделять инсталляции, выставочные павильоны, зоны отдыха, архитектурные формы

### Навигация

Под мероприятие «Ночь в музее» предлагается индивидуально созданная система навигации по территории: карта-схема с отображением всех исторических элементов, и зон проведения активностей. Такие схемы будут размещены на важных узлах маршрутов. Для ознакомления с инсталляциями и концепцией мероприятия будут созданы QR-коды.

### Вывод

Таким образом, усадьба Гостилицы имеет все шансы для развития культурного туризма и притяжения туристических потоков. Ансамбль имеет большой потенциал, который можно раскрыть с помощью создания качественной постоянной экспозиции. Так как усадьба долгое время пребывала в заброшенном состоянии, ее территория, постройки элементы нуждаются в создании новых современных условий, которые отвечают запросам современного общества. А сценарность, временные экспозиции, их организация, дизайн, архитектура, и многие детали формируют пространство, которое способно за счет мероприятий раскрыть потенциал исторической усадьбы с другой стороны.

### Библиографический список

1. Реставрация зданий музея-заповедника Царицыно// URL: <https://archi.ru/projects/russia/8758/restavraciya-zdaniy-muzeya-zapovednika-caricyno> (дата обращения: 14.01.2023).
2. Молева Н. М. Подмосковные усадьбы и дачи. М., Алгоритм, Эксмо, 2015. 368 с.
3. Фролов А. И. Усадьбы Подмосковья. М., Алгоритм, Эксмо, 2014. 85с.
4. Миллер П. А., Романов Д. А. Организация туристической составляющей в исторических усадебных комплексах // Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды. Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. 2022. С. 290 – 295.
5. Чудина Л. А., Трошина А. А. Усадебный туризм как фактов сохранения культурного наследия // Синергия наук. Международный научный журнал. 2016.
6. Сухомлин Н. Б. Село Гостилицы и его окрестности. XV – XX вв.

7. Солонцева М. С. История и перспективы развития усадьбы и усадебного туризма // «Вестник Российского нового университета» («Вестник РосНОУ»), 2014. // URL: <https://vestnik-rosnou.ru/2014/227> (дата обращения: 14.01.2023).
8. Тихонов Ю. А. Дворянство и крепостной строй в России XVI – XVIII вв. — М., 1975.
9. Туризм в России // URL: <https://rosstat.gov.ru/ps/tourism/> (дата обращения: 11.09.2023).
10. Сценарное проектирование городской среды // URL: <https://elima.ru/articles/?id=770> (дата обращения: 11.09.2023).

---

## DEVELOPMENT OF SCENARIOS FOR THE USE OF THE TERRITORY OF THE GOSTILITSA ESTATE

**К. С. Трофимов**<sup>\*/\*\*</sup>  
**Е. С. Чернова**<sup>\*</sup>

\* Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

\*\* LLC “First Design Institute”, Saint-Petersburg

---

### Abstract

This article raises the topic of the relevance of the development of cultural tourism in Russia. The techniques and development of scenarios for the use of the historical manor of Gostilitsa, with the help of permanent and temporary exhibitions, are described. These methods include many elements for the organization of park space: pavilions, food courts, exhibition stands, lighting, zoning of the territory. The methods of dividing the territory into zones during such events are described, like “music festival” and “Night at the Museum”.

### The Keywords

*Gostilitsa manor, scenario use, cultural tourism, historical estate, scenario approach, territory development.*

### Date of receipt in edition

10.06.2024

### Date of acceptance for printing

18.06.2024

---

### Ссылка для цитирования:

К. С. Трофимов, Е. С. Чернова. Разработка сценариев использования территории усадьбы Гостилицы. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 105–112.



УДК 725

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_113-126

## К ВОПРОСУ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОЦЕССЕ ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В СВЯЗИ С СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ОБЩЕСТВА

О. Л. Банцера  
М. И. Иванова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва

### Аннотация

Архитектурное формирование многофункциональных общественных пространств находится в развитии и основывается на постоянных эволюционных преобразованиях. Рост городов, высокий темп жизни, развитие науки и техники, вопросы экологизации окружающей среды приводят к решению проблем приспособления социокультурных объектов урбанизированных территорий к быстро изменяющимся социально-экономическим условиям. Необходимо показать влияние эволюционных преобразований архитектурной среды на тенденцию развития адаптивных многофункциональных общественных комплексов.

Применяемый метод системного анализа, который включает в себя изучение эволюционных преобразований общественных зданий, анализ влияния экономических факторов на развитие территорий субъектов

Российской Федерации, позволил выявить предпосылки формирования многофункциональных общественных структур, определить проблематику и сформулировать их значимость в структуре современного города.

Показаны тенденция расширения сферы социальных услуг населению и в следствии этого возникновение и развитие полифункциональных общественных комплексов и их устойчивая мобильность.

### Ключевые слова

*Многофункциональное общественное пространство, эволюционные преобразования, сектор социальных услуг, урбанизированная среда, общественные здания.*

### Дата поступления в редакцию

10.06.2024

### Дата принятия к печати

18.06.2024

### Введение

Развитие производительных сил общества оказывает влияние на формирование архитектуры общественных городских многофункциональных пространств, включающих в себя социальные здания различного функционального назначения. В процессе исторических преобразований при различных общественно-экономических формациях полифункциональные комплексы прошли ряд эволюционных этапов в своем развитии. Прослеживаются особенности формирования полифункциональности в архитектуре общественных зданий, начиная с античных времен.

Рост городов повлиял на создание общественных пространств и способствовал расширению сферы социальных услуг населению и созданию многофункциональных структур с активным освоением подземных, наземных и надземных пространств урбанизированных территорий. Установлено, что широкое распространение многофункциональных общественных объектов является не только следствием исторического развития общества, но и неразрывно связано с перспективами социально-экономического роста [1]. Отмечается, что увеличение эффективности производства привело к расширению возможностей потребления, что вызвало интенсивный рост сектора услуг населению и расширению состава помещений объектов общественного обслуживания [2]. Таким образом, тенденция к увеличению социальных запросов населения способствует формированию многофункциональных общественных пространств.

Статистические данные экономических показателей стран на всех континентах за последние сто лет показывают прямо пропорциональную зависимость роста количества объектов социально-культурного и бытового обслуживания и процента производительности валового внутреннего продукта [3].

Анализ исторических этапов создания архитектуры общественных комплексов и эволюции их многофункциональности дает возможность показать тенденции дальнейшего формирования полифункциональных общественных пространств и их устойчивой мобильности в условиях социально-экономического развития.

Целью данной работы является демонстрация взаимосвязи расширения сферы услуг населению и эволюции многофункциональности общественных пространств.

### **1. Исторический анализ развития адаптивных многофункциональных общественных комплексов**

Рассмотрим основные этапы структурного развития многофункциональных общественных комплексов в процессе их исторического развития. В СП 118.13330.2022 «Общественные здания и сооружения» указывается, что общественное здание предназначено для обеспечения социальных функций за счет размещения в нем учреждений, предприятий, организаций, предоставляющих услуги физическим лицам, а многофункциональное здание — это здание, включающее в свой состав два или более функционально-планировочных компонента, взаимосвязанных друг с другом с помощью планировочных приемов. Проследим градоформирующую роль многофункциональных общественных комплексов (МФК) во взаимосвязи с историческим развитием городов в различные эпохи социально-экономических формаций.

По мнению Г. А. Малояна, города по эпохам общественно-экономических формаций можно разделить на древние, датируемые 5–6 веками до н. э., средневековые до середины 17 века и современные с 17 века. Первые города появились в IV–II тысячелетиях до н. э., а наибольшего роста достигли в I тысячелетии до н. э. Этот период характеризуется отделением сельского хозяйства от ремесла. В городах помимо экономической концентрировалась политическая, торговая, административная деятельность. Размеры древних городов по тем временам были значительные, например, Афины — около 150 тыс. человек, Рим — 1 млн. человек. В России формирование и развитие таких городов как Новгород, Смоленск, Москва, Суздаль, Ростов Великий приходится на IX–XIII века. [12].

Греческие агоры и римские форумы относятся к общественным пространствам многофункционального назначения. Агора является не только местом торговли, но и местом для обсуждения общественно-политических вопросов, дебатов и встреч. Термы также использовались не только для оздоровительных водных процедур, но и для спортивных мероприятий, общественных собраний [13].

В средние века в Европе феодальные отношения способствовали возникновению цеховых объединений ремесленников. Поначалу жители города занимались не только ремеслом и торговлей, но и сельским хозяйством, вели крестьянский образ жизни, но впоследствии дома вытеснили сельхозугодья за городские стены. В период средневековья среди горожан сформировалась концепция размещения жилища над своей ремесленной мастерской или торговой зоной. Дома строили в 2–3 этажа, в высоту они были больше, чем в ширину, верхние этажи нависали над нижними, таким образом горожане увеличивали площадь своих домов [13].

Улицы были узкие (2–3 метра), так как земля в пределах городских стен стоила дорого. Купеческий дом горожанина объединял в себе все сферы деятельности его обитателей и становился полифункциональным, соединяя в едином пространстве жилье и место приложения труда. Иногда первый этаж был каменным, а верхние деревянными, этажи соединялись крутыми винтовыми лестницами. Укрупнение цехового производства посредством объединения цехов ремесленников привело к возникновению мануфактур, которые создали реальные предпосылки возникновения машинной техники. Первые европейские мануфактуры появились в городах и способствовали увеличению численности городского населения. Заработав капитал, накопленный в торговле, ремесленники прибегли к использованию машин в мануфактурном производстве и, таким образом, увеличили производительность труда. Этому способствовали изобретение паровой машины Джеймса Уатта в 1765 году, первого российского гусеничного трактора на паровом ходу Ф. Блинова в 1887 году, двигателя внутреннего сгорания Этъена Ленуара в 1860 году и других великих научных открытий. Промышленная революция конца XVIII–начала XIX привела к замене мануфактурного производства машинной промышленностью и массовому производству высококачественных товаров [10]. История архитектуры неразрывно связана с историей развития техники и технологий. Промышленная революция, внедрение машин в производственный процесс и сосредоточение фабрик в городах быстро уничтожила «самодостаточность» сельской местности [6]. Исчезли такие ремесла как ткачество и гончарное дело, плетение корзин, изготовление корзин, изготовление телег и повозок, мукомолье, пивоварение, выделка кожи и т. д. С середины XVII в. под влиянием промышленной революции и перехода к капитализму, как общественно-экономической формации, пришедшей на смену феодализму, начинается наиболее активный рост городов. С начала XIX века и до середины XX века число жителей городов земного шара выросло в 20 раз [14]. По результатам государственных переписей, проводимых с 1897 по 2020 год, доля городского населения России выросла от 18 до 75 процентов. [15] (рис. 1).

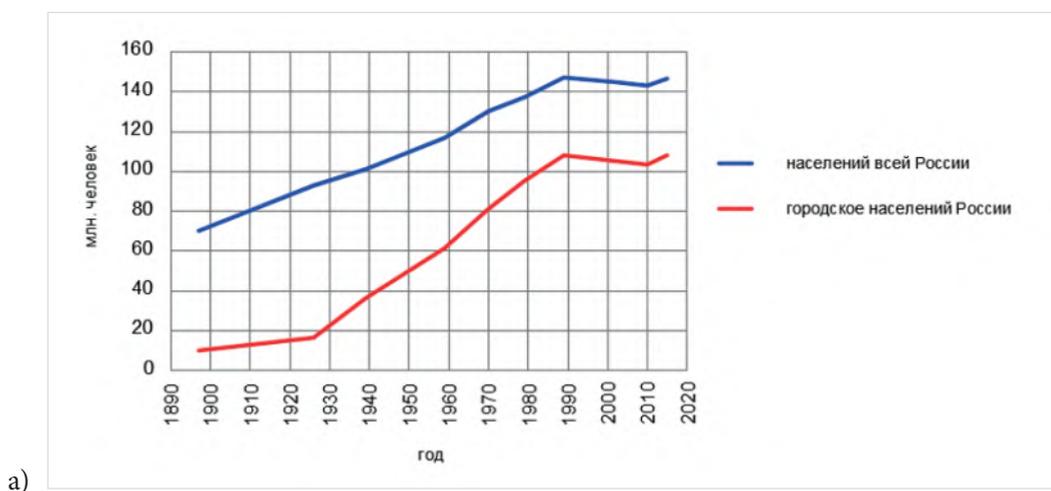


Рис. 1 (а). Динамика роста городского населения России

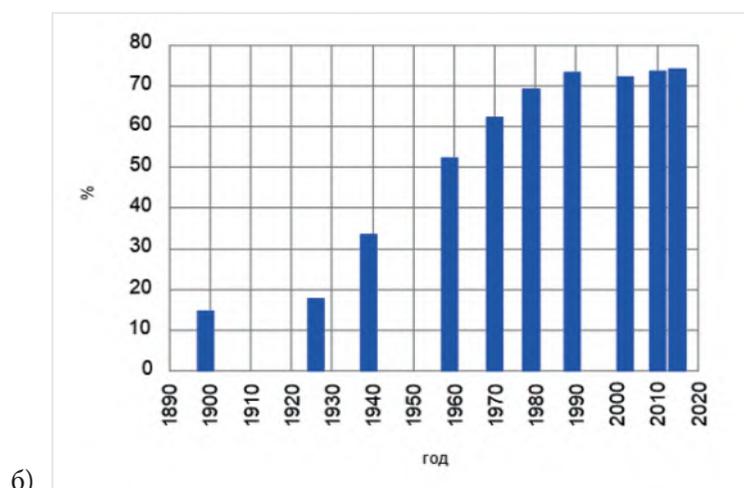


Рис. 1 (б). Динамика роста доли городского населения России (в % от общей численности населения)

На формирование и развитие расселения влияют социальные, экономические, и градостроительные факторы, природно-климатические условия территории, транспортная сеть, размещение сырьевых и энергетических ресурсов. Одной из характеристик этого процесса является степень взаимосвязи мест проживания населения с местами приложения труда, центрами социального обслуживания.

Проследим тенденцию соединения жилища, мест приложения труда и социальных объектов обслуживания в едином пространстве, которое, как было сказано выше, зародилось еще в средневековой Европе и получило распространение в городах Европы и России в XIX веке. Первые этажи занимали магазины, рестораны, кафе, театры, а над ними — четыре–пять этажей квартир [16]. Например, улица Риволи в Париже, чтобы защитить покупателей от непогоды первые этажи домов покрыты галереями либо аркадами. Отечественным примером является чайный дом Перлова на Мясницкой улице в Москве. Купец с семьей жил на втором и третьем этажах, а на первом располагались непосредственно торговый зал и производственные помещения чаефасовочной фабрики [17].

Дальнейшим этапом развития и трансформации торгово-жилищных комплексов было создание крытых пассажей. Они объединяли рядом стоящие существующие здания в единую структуру. Два соседних ряда жилых домов образовывали длинный, пешеходный проход, перекрытый стеклянной крышей. Например, здание Верхних торговых рядов на Красной площади в Москве или Галерея Виктора Эммануила II на площади Дуомо в Милане (рис. 2) [18].



Рис. 2. а) — Галерея Виктора Эммануила II, Милан, Италия, 1877 г. Архитектор Джузеппе Менгони; б) — Верхние торговые ряды, Москва, Россия, 1893 г. Архитектор А. Н. Померанцев

Позже, во второй половине XX века, английские архитекторы Питер и Элисон Смитсоны, в результате проведения ряда исследований различных взаимосвязей общественных зданий, выявили систему их соединения через надземные городские пространства [13]. В проектах архитекторов «Группы десяти», которую возглавляли Смитсоны, привычные наземные пешеходные пути были заменены надземными. Здания сохраняли одну функцию, но больше не рассматривалось как законченная структура с жесткой планировкой. Они рассматривались как мобильные, подвижные конструкции, которые могут быть трансформированы в соответствии с различными условиями эксплуатации и функциональным назначением [13].

Таким образом, прослеживается тенденция создания полифункциональных структур, возникающих в городской среде на разных исторических этапах и при разных социально-экономических формациях.

Эффективность производства была еще больше повышена. Это было достигнуто благодаря предложениям Фредерика Тейлора (1911) по оптимизации ресурсов и переходу на конвейерную сборку, введенному в Детройте Генри Фордом (1913) [19]. С помощью конвейеров, цена продукции высокого качества снизилась до такой степени что приобрести автомобиль мог бы, например, любой сборщик с завода Форда. В следствии этого, выросли доходы от высокой производительности труда и резко вырос спрос на товары длительного пользования. Это стало возможным в основном благодаря освоению новых территорий и масштабному строительству социальной инфраструктуры.

С 1950-х годов производство товаров стало гораздо более эффективным. С ростом уровня «оснащенности» домашнего хозяйства выполнение работы по дому стало отнимать гораздо меньше времени и сил. В середине XX века, несмотря на то, что в развитых странах все еще семьи несли ответственность за поддержание домашнего хозяйства, часть задач была передана сторонним подрядчикам благодаря усовершенствованию технологий обслуживания. Стремление к повышению эффективности труда и экономии привело к росту потребительского спроса, что подстегнуло бурный рост сферы услуг. В 60-е годы XX века доля сектора услуг в ВВП США впервые превысила долю обрабатывающей промышленности [20]. Этот рост потребительского спроса также повлек за собой необходимость увеличения числа вакансий в компаниях, предоставляющих социальные услуги населению. Развитая городская инфраструктура и расширение ассортимента бытовой техники уменьшили время, затрачиваемое на выполнение домашних обязанностей, что позволило женщинам занять эти свободные вакансии. Таким образом, количество работников в сфере обслуживания увеличилось, и сам сектор продолжил свое развитие.

В период промышленной революции в XIX веке предприниматели также нуждались в услугах для удовлетворения внешних потребностей своих компаний, таких, как транспорт, хранение продукции, информация о наличии и качестве продукции, юридическая поддержка, кредиты и т. д. «Бум услуг» стал своего рода самоподдерживающимся процессом. С ростом производительности труда промышленность создала большое количество долговечных товаров и для их поддержания требовалось множество услуг. Ученые, занимающиеся вопросами экономического развития, утверждают, что это привело к возникновению революции социальных услуг [6, 21].

Согласно статистическим данным, в 1947 году сектор услуг составлял всего 20 % ВВП США, но к 2008 году его доля выросла до 78,6 % (на долю обрабатывающей промышленности приходилось 20,4 %, а сельское хозяйство — 0,9 % ВВП) [22]. В странах Евросоюза и Японии сектор услуг составляет высокий процент ВВП, варьируя от 70 до 75% [19]. В России доля сектора услуг также значительна — 58,2% ВВП, в то время как промышленность приносит 36,6%, а сельское хозяйство - 5,3% ВВП [23]. В Китае высок уровень промышленного сектора (48,1%), услуги (40,0%) и сельское хозяйство (11,9%) [3, 24]). За исключением Китая, высокая доля обрабатывающей промышленности в ВВП наблюдается только в странах-экспортерах ресурсов, таких как Саудовская Аравия и Объединенные Арабские Эмираты [3]). Низкая производительность секторов производства и социальных услуг в начале XXI века характерна для развивающихся

ся стран, таких как Либерия, Сомали, Конго, Центральноафриканская Республика, Бирма, Афганистан и другие, в которых, как и столетия назад, доминирует сельское хозяйство.

Таким образом, рост сектора услуг и производительности труда повлиял на развитие мировой экономики [25, 26, 27]. Тенденция увеличения социальных запросов населения способствует формированию многофункционального общественного пространства, предоставляющего как можно большее количество социальных услуг населению и обладающего способностью к устойчивой мобильности [28]. Стираются границы между категориями обслуживания, самостоятельно существующие его виды объединяются в единое структурное целое. Например, объединение жилой и общественной функций в комплексе Бурдж Халифа в Дубае, ОАЭ или в деловом центре Москва-Сити в Москве (рис. 3), Лахта-центре в Санкт-Петербурге, осуществилось в едином композиционном ансамбле [29, 30, 31, 32]. Вышеперечисленные объекты не имеют конкретного назначения и включают в себя торгово-развлекательные объекты, зрелищные, спортивные, офисные и жилые помещения.

В настоящее время появился термин «смешанное использование». В градостроительстве смешанное использование — это сочетание жилых, промышленных и административных видов землепользования [23, 33, 34, 35]. Отличительной чертой таких комплексов является высокий уровень социальной значимости в урбанизированной среде [36, 37, 38]. Строительство многофункциональных комплексов (МФК), составляющих основу многофункциональных общественных пространств, включение их в городскую среду призвано разрешить имеющиеся трудности в области градостроительства, дать ответ на архитектурно-строительные и социально-экономические вопросы, возникающие на вновь осваиваемых территориях, в сложившейся и реконструируемой застройке [39, 40, 41, 42].

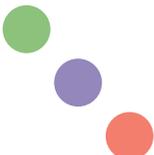
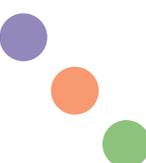
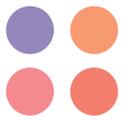


Рис. 3. Московский международный деловой центр (ММДЦ) «Москва-Сити», Москва, Россия, 1996 – 2024 гг. Арх. Б. И. Тхор

Сегодня в мире наблюдается тенденция к популяризации многофункциональных комплексов и смешанного использования территорий, их адаптация к новым условиям окружающей среды. В российской практике этот принцип встречается в мегаполисах. В *таблице 1* рассмотрены некоторые подобные объекты.

Таблица 1

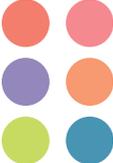
### Многофункциональные общественные комплексы мегаполисов России

№	Название МФК	Общий вид	Год постройки	Функциональные зоны	
				главные	второстепенные
<b>Москва</b>					
1	ММДЦ «Москва-Сити»		1996 – 2024		
2	«ЗИЛ»		2013 – 2028		
3	Проект «Символ»		2015 – 2025		
4	Стадион «Динамо»		2017		
5	Креативный кластер «Арма»		2011 – 2015		
6	Гастроквартал «Депо»		2017 – 2019		
<b>Санкт-Петербург</b>					
7	Общественное пространство «Севкабель Порт»		2017		
8	Проект «Новая Голландия»		2011 – 2016		

АРХИТЕКТУРА

ARCHITECTURE

О. Л. БАНЦЕРОВА, М. И. ИВАНОВА  
К вопросу преобразования многофункциональных...

9	Поп-ап проект «Третье место»		2020		
10	Креативный кластер «Берггольд Центр»		2017		
<b>Функциональные зоны:</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li> — жилая</li> <li> — торговая</li> <li> — офисная</li> <li> — общественное питание</li> <li> — спортивная</li> <li> — общественное обслуживание</li> <li> — развлекательная</li> <li> — зрелищная</li> <li> — транспортная</li> <li> — лечебно-оздоровительная</li> <li> — образовательная</li> </ul>					

## 2. Роль многофункциональных общественных пространств в организации городской среды.

Проведенный анализ этапов исторического развития МФК свидетельствует о стремлении повысить комфорт окружающей архитектурной среды, сделать ее более доступной и эффективной для работы услугового сектора [36, 37, 38]. Данный сектор реализуется в МФК путем слияния и концентрации локальных функциональных зон в результате чего образуются крупные пространственные структуры [23, 33, 34, 35].

Концентрация функций в одном объекте делает его территорию более эффективно используемой. Иными словами, большое количество функций располагаются на меньшей площади, что является выгодным для застройщиков, девелоперов и городских властей [43, 44].

Многогранность полифункциональных комплексов привлекает пользователей разных социальных слоев, поколений, религий, профессий, интересов, образов жизни, привлекает туристов и благоприятно влияет на взаимодействие горожан [43, 44]. Обычно крупные МФК располагают в центральной части города, но довольно часто они проектируются в увязке с селитебными территориями, что делает городскую застройку более сбалансированной [45]. Селитебные районы города за счет строительства МФК различной мощности способствуют развитию городской инфраструктуры [46]. Создаются более благоприятные условия транспортной доступности за счет оптимизации маршрутов общественного транспорта. Полифункциональность общественных комплексов приводит к улучшению качества городской среды, влияет на стоимость недвижимости и городской бюджет.

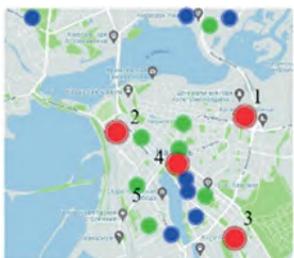
В апреле 2019 года Институт Генплана Москвы выиграл конкурс на разработку нового генерального плана Уфы до 2040 года, нормативов градостроительного проектирования и правил землепользования и застройки Уфы [47]. За основу была взята Стратегия социально-экономического развития города Уфы — 2030, утвержденная 19 декабря 2019 года решением Совета городского округа город Уфа № 35/2 [48], одним из принципов которой стало опережающее развитие транспортной, социальной и инженерной инфраструктуры.

Кроме города Уфы, Институт Генплана Москвы занимался разработкой стратегий развития таких городов, как Казань (до 2040 года), Воронеж (до 2041 года), а также генерального плана Новой Москвы

(до 2035 года), принятого 15 марта 2017 года депутатами Московской городской думы [47]. В новых разработанных генеральных планах многофункциональные общественно-деловые зоны присутствуют в большом объеме. Одна из главных задач — формирование новых точек социальной, культурной и промышленной активности и более эффективное использование территорий в среднем поясе. Также, одним из основных приоритетов стратегии пространственного развития города Екатеринбурга на период до 2030 года является повышение многофункциональности городских территорий [49]. Рассмотрим наличие и расположение многофункциональных общественных комплексов в структуре крупных городов России (таблица 2).

Таблица 2

**Расположение многофункциональных общественных комплексов в структуре городов России**

№	Город	Размещение МФЦ в центральной части города	Расположение транспортных магистралей	Кол-во населения, тыс. чел.	Год основания
1	Екатеринбург			1495	1723
2	Уфа			1257	1005
3	Казань			1126	1574
4	Воронеж			1051	1586

 — торговые МОК мощностью более 40 тыс. кв. м.  
 — торговые МОК мощностью менее 40 тыс. кв. м.       — МОК делового назначения

О. Л. БАНЦЕРОВА, М. И. ИВАНОВА  
К вопросу преобразования многофункциональных...

На диспуте Ассоциации независимых центров экономического анализа (АНЦЭА) на тему «Стратегия-2030: что делать с российской экономикой», который состоялся 2015 года в Москве, научный руководитель Института национальных проектов, декан экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова А. А. Аузан, высказал мнение о том, что развитию экономики в рамках Стратегии-2030 будет способствовать развитие инфраструктуры [1].

### **Выводы**

Многофункциональная городская инфраструктура поможет сбалансировать уровень предоставляемых населению услуг, а также жилищного строительства. Это приведет к повышению эффективности в использовании городских территорий.

В результате анализа исторических этапов эволюционного развития многофункциональных общественных урбанизированных объектов показаны определенные тенденции расширения сферы социальных услуг населению благодаря развитию техники и технологий, повышению производительности труда и росту городов и в следствии этого возникновение и развития полифункциональных современных общественных комплексов и их устойчивая мобильность. Таким образом, создание многофункциональных структур в крупных городах подтверждается перспективными направлениями развития экономики и в дальнейшем будет способствовать созданию комфортной городской среды.

### **Библиографический список**

1. Лопухин А. В. Стратегия-2030 — что делать с российской экономикой? // Информационное поле, №4 / 2015 — С. 106–117.
2. Конотопов М. В., Сметанин С. И. История экономики зарубежных стран: Учебник для вузов // М.: Издательство «Палеотип»: Издательство «Логос», 2003. — 264 с.
3. ВВП от услуг — Экономические показатели. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.tradingeconomics.com/country-list/gdp-from-services> (дата обращения 28.08.2023).
4. Михайлов С. М. Том 1: Учеб. для вузов. — 2-е изд. // М. «Союз Дизайнеров России», 2002. — 270 с.
5. Аугуста Й., Буриан З. Жизнь древнего человека // Артия, Прага, 1960. — 205 с.
6. Чернов Д. В. Промышленное производство и сектор услуг как стратегические конкуренты // Конкурентоспособная Россия. — 2011. — № 5 (29). — С. 77–101.
7. Агапова И. И. История экономики: учеб. пособие // М.: Магистр: ИНФРА М, 2012. — 176 с.
8. Конотопов М. В. Экономическая история мира. В 6 томах // М.: КНОРУС — 2008, 496 с.
9. Гудов А. Я. История экономики с древнейших времен до 1914 года: учебное пособие для студентов экономических специальностей всех форм обучения // Вятский государственный университет. — Киров: ВятГУ, 2007. — с. 133.
10. Гусейнов, Р. М. Экономическая история: учебник для бакалавров // М.: Издательство Юрайт, 2014. — 686 с. — Серия: Бакалавр. Базовый курс.
11. Велижский Ф. Ф. Быт греков и римлян // Прага: Тип. И. Милиткий и Новак, 1878. 692 с.
12. Малоян Г. А. Основы градостроительства / учебное пособие // М. Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004 — 120 с.

13. Цайдлер, Б. Многофункциональная архитектура // М.: Стройиздат, 1988. — 154 с.
14. Динамика численности городского населения. [Электронный ресурс]. URL: <https://reader52017.livejournal.com/7657.html> (дата обращения 16.01.2022).
15. Витрина статистических данных. Доля городского населения в общей численности населения на 1 января. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/278932> (дата обращения 15.06.2023).
16. Sementsov, S. High-rise construction in the Saint Petersburg agglomeration in 1703 – 1950s / S. Sementsov, N. Akulova, S. Kurakina // E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01008. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301008. — EDN XXXAGD.
17. История дома Перлова. [Электронный ресурс]. URL: <https://otzyv.ru/review/185350/> (дата обращения 17.12.2021).
18. История общественных сооружений [Электронный ресурс]. URL: <https://stroy-trading.ru/information/article/573-Istoriya-obshchestvennykh-sooruzhenii> (дата обращения 09.11.2021).
19. Формирование и эволюция теории управления. [Электронный ресурс]. URL: <http://zhurnal.lib.ru/n/nja/oiutrrew.shtml> (дата обращения 24.05.2023).
20. Валовой внутренний продукт: сравнение по странам. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nationmaster.com/country-info/stats/Economy/GDP/Composition-by-sector/Services> (дата обращения 05.08.2023).
21. Деев, С. А. Четвёртая промышленная революция // Молодой ученый. — 2022. — № 39 (434). — С. 37–42.
22. ВВП США от отраслей по производству частных услуг [Электронный ресурс]. URL: <https://tradingeconomics.com/united-states/gdp-from-serviceshttps://www.nationmaster.com/country-info/stats/Economy/GDP/Composition-by-sector/Services> (дата обращения 28.08.2023).
23. Алтарев, В. А. Понятие многофункционального общественного комплекса «Mixed-use» [Электронный ресурс]. URL: [http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz30\\_pril/050.htm](http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz30_pril/050.htm) (дата обращения 21.04.2023).
24. Chen Y., Wu G., Xu Z., Ge Y. Mapping Gridded Gross Domestic Product Distribution of China Using Deep Learning With Multiple Geospatial Big Data // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. — 2022. — Vol. 15. — P. 1791 – 1802. — DOI 10.1109/JSTARS.2022.3148448. — EDN EBHVCO.
25. AkgülE. K., Jamshed W., Nisar K. S. On solutions of gross domestic product model with different kernels // Alexandria Engineering Journal. — 2021. — No. 6/н — P. 1–7. — DOI 10.1016/j.aej.2021.06.067. — EDN DFRVJR.
26. Kravtsov M. K., Pashkevich A. V. A multicriteria approach to optimization of the gross domestic product // Automation and Remote Control. — 2004. — Vol. 65, No. 2. — P. 337–345. — DOI 10.1023/B:AURC.0000014730.28129.e5. — EDN XMIZZB.
27. OliinykV., Kozmenko S. Forecasting and management of gross domestic product // Journal of International Studies. — 2019. — Vol. 12, No. 4. — P. 214–228. — DOI 10.14254/2071-8330.2019/12-4/14. — EDN DKGFTV.
28. BlagininV. A., Plisetsky E. L., Shedko Y. N. Socio-economic area of the territory: History of development, structure, criteria for evaluation. // International Journal of Applied Business and Economic Research. — 2017. — Vol. 15, No. 23. — P. 463–473. — EDN XYEQLR.

29. *Bantserova, O. L.* Experience of design works for the space in residential buildings with consideration of contemporary needs of society // *Applied Mechanics and Materials*. — 2014. — Vol. 638–640. — P. 2209–2212. — DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.638-640.2209. — EDN LRSXYV.

30. *Bantserova O. L., Kosta A.* Formation of the architecture of developing business centers in special economic zones with the use of the bio-similar modeling principle // *Applied Mechanics and Materials*. — 2015. — Vol. 725–726. — P. 1107–1113. — EDN VNRTOF.

31. *Pershina A., Radzhabov M., Dormidontova T.* The problems and perspectives for the introduction of high-rise construction in Russian cities // *E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года*. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01014. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301014. — EDN YVWFCD.

32. *Volchok, Y.* The Notion of “high” and commitment to excellence in contemporary Russian architecture. History and project: Looking into future. // *E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года*. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01015. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301015. — EDN UYLEGR.

33. *Bantserova, O., Ivanova, M.* Primary Methods of Forming the Adaptation of Architectural Multi-functional Public Objects (2023) // *Civil Engineering and Architecture*, 11 (5), pp. 2310–2320, DOI: 10.13189/cea.2023.110505

34. *Generalov V. P, Generalova E. M., Kalinkina N. A., Zhdanova I. V.* Typological diversity of tall buildings and complexes in relation to their functional structure. // *E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года*. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01020. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301020. — EDN YVWDSO.

35. *Gagulina O., Matovnikov S.* Spatially organized vertical city as a synthesis of tall buildings and air-ships. // *E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года*. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01002. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301002. — EDN XXQFHF.

36. *Abdrasilova G., Kozbagarova N., Tuyakayeva A.* Architecture of high-rise buildings as a brand of the modern Kazakhstan. // *E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года*. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01009. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301009. — EDN VBCMGH.

37. *Moor V. K., Erysheva E. A.* High-rise buildings in the structure of an urbanized landscape and their influence on the spatial composition and image of the city. // *E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года*. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01011. — EDN THKPCB.

38. *Generalov V. P, Generalova E. M., Kalinkina N. A., Zhdanova I. V.* Typological diversity of tall buildings and complexes in relation to their functional structure. // *E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года*. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01020. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301020. — EDN YVWDSO.

39. *Xu H., Xue B.* Key indicators for the resilience of complex urban public spaces. // *Journal of Building Engineering*. — 2017. — Vol. 12. — P. 306–313. — DOI 10.1016/j.jobee.2017.06.018. — EDN YKMIAT.

40. *Abed A., Al-Jokhadar A.* Common space as a tool for social sustainability. // *Journal of Housing and the Built Environment*. — 2021. — DOI 10.1007/s10901-021-09843-y. — EDN VJOVDX.

41. *Schuilenburg M., Peeters R.* Smart cities and the architecture of security: pastoral power and the scripted design of public space. // *City, Territory and Architecture*. — 2018. — Vol. 5, No. 1. — P. 1–9. — DOI 10.1186/s40410-018-0090-8. — EDN QUNCIC.

42. *Haldane, J.* Architecture, philosophy and the public world. // *British Journal of Aesthetics*. — 1990. — Vol. 30, No. 3. — P. 203. — EDN IPMFYP.

43. Maslovskaya O., Ignatov G. Conceptions of Height and Verticality in the History of Skyscrapers and Skylines. // E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01005. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301005. — EDN XYEXSX.

44. Lekareva N., Zaslavskaya A. Gardening as vector of a humanization of high-rise building. // E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01010. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301010. — EDN YWCYXU.

45. Iconopisceva O. G., Proskurin G. A. Regional approaches in high-rise construction. // E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года. Vol. 33. — Samara: EDP Sciences, 2018. — P. 01023. — DOI 10.1051/e3sconf/20183301023. — EDN XXQFIL.

46. Liu X. Characterizing mixed-use buildings based on multi-source big data //International Journal of Geographical Information Science. — 2018. — Т. 32. — №. 4. — С. 738–756.

47. Разработка генерального плана города Уфа (до 2042 года). [Электронный ресурс]. URL: <https://genplanmos.ru/project/proekt-generalnogo-plana-gorodskogo-okruga-gorod-ufa-do-2040-goda/> (дата обращения 17.01.2022).

48. Решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 19 декабря 2018 года № 35/2.

49. Александрова А. В. Принципы формирования многофункциональных территорий и комплексов // Молодой ученый. — 2021. — № 24 (366). — С. 63–64.

---

## TO THE ISSUE OF TRANSFORMATION OF MULTIFUNCTIONAL PUBLIC OF MULTIFUNCTIONAL PUBLIC COMPLEXES IN THE PROCESS OF HISTORICAL DEVELOPMENT IN CONNECTION WITH SOCIO ECONOMIC CHANGES IN SOCIETY

O. L. Bantserova

M. I. Ivanova

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow

---

### Abstract

Architectural formation of multifunctional public spaces is in development and is based on constant evolutionary transformations. Urban growth, high pace of life, development of science and technology, issues of ecologization of the environment lead to the solution of problems of adaptation of socio-cultural objects of urbanized territories to rapidly changing socio-economic conditions. It is necessary to reveal the influence of evolutionary transformations of architectural environment on the tendency of development of adaptive multifunctional public complexes.

The applied method of system analysis, which includes the study of evolutionary transformations of public buildings, analysis of the influence of economic factors on the development of the territories of the subjects of

### The Keywords

*Multifunctional public space, evolutionary transformations, social services sector, urban environment, public buildings.*

### Date of receipt in edition

10.06.2024

### Date of acceptance for printing

18.06.2024

the Russian Federation, allowed us to identify the prerequisites for the formation of multifunctional public structures, to define the problems and formulate their significance in the structure of the modern city.

The tendency of expanding the sphere of social services to the population has been revealed and the emergence and development of multifunctional public complexes and their sustainable mobility has been substantiated.

---

**Ссылка для цитирования:**

*О. Л. Банцорова, М. И. Иванова. К вопросу преобразования многофункциональных общественных комплексов в процессе исторического развития в связи с социально-экономическими изменениями общества. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 113–126.*





УДК 72.03

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_127-133

## АРХИТЕКТУРА МИНИМАЛИЗМА В XXI ВЕКЕ

А. Н. Скрипка  
М. В. Золотарева

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

### Аннотация

В данной статье производится анализ минимализма конца XX – XXI веков. Стиль рассматривается в контексте современных тенденций в архитектуре. Дается анализ основных принципов минимализма в архитектуре, такие как простота форм, чистота линий, минимальное использование декора и применение натуральных материалов. Особое внимание уделяется тому, как архитекторы в новом веке применяют минимализм для создания уникальных и функциональных зданий, адаптируя стиль к современным технологиям и требованиям устойчивого развития городов. В статье также освещаются тенденции и направления развития минимализма в архитектуре в XXI веке и анализируются примеры успешной реализации проектов в этом стиле.

### Ключевые слова

Минимализм, архитектура, дизайн, технологичность, функциональность, пространство.

### Дата поступления в редакцию

10.06.2024

### Дата принятия к печати

18.06.2024

### Введение

Минимализм в архитектуре — один из важных и ярких направлений современной архитектуры. Он зародился еще в народной архитектуре и японском дизайне, в котором делался акцент на духовность и символизм. В начале XX века голландские художники из группы «Де Стил» [1] разработали геометрический абстракционизм, который позже был назван минимализмом. С 1950-х годов минимализм распространился в американском и британском искусстве и дизайне, движимый экономией и акцентом на структуру и функцию. Возникло стремление архитекторов к простоте, которое проявилось как реакция на многословие постмодернизма [2]. Минимализм XXI века продолжает принципы и подходы этого стиля, сложившегося в XX веке, однако его основой становятся результаты технологического прогресса и ориентация на социальный контекст.

Целью исследования является выявление основных объемно-пространственных и архитектурно-художественных приемов архитектуры минимализма, применяемых архитекторами XXI века [3].

Исследованием особенностей архитектуры минимализма занимались такие ученые, как Хлопотникова В. Н., Алексеева И. Ф., Елисеев В. К., Ковешникова Н. А., Гудкова Т. В. и многие другие. Однако, их работы в основном касались архитектуры XX века. В этой статье рассматривается преемственность архи-

тектуры минимализма XX и XXI веков, а также основные тенденции направления развития архитектуры этого стиля в XXI века.

### Основная часть

Минимализм можно охарактеризовать, как создание пространств и сред через гармонию простоты форм и пустоты пространства. Философию минимализма можно выразить двумя фразами. Одна из них принадлежит Мису ван дер Роэ: «меньше — значит больше» [4]. Вторая принадлежит Антуану де Сент-Экзюпери, но вполне может быть применена к архитектуре «Совершенство достигнуто не тогда, когда нечего добавить, а тогда, когда нечего убрать». Минимализм в архитектуре привлекает внимание своей лаконичностью и законченностью своего формообразования [5].

В 1960-х годах минимализм стал особенно популярным в США. Архитекторы создавали здания с превалированием функции и просты формам. Основными объемно-пространственными и архитектурно-художественными приемами архитектуры минимализма являлись [6]:

- функциональность;
- простота и строгость форм;
- пространственная пустота;
- геометрия и чиста линий,
- ограниченная цветовая палитра (нейтральные оттенки).
- свет, как важный фактор в формировании пространства и объема.

Архитекторами ставшими проводниками стиля минимализм в это время стали: японские архитекторы: Тадео Андо, создавший шедевр — Церковь Света (*рис. 1*) и Тоёо Ито с его «Алюминиевым домом» (*рис. 2*). А также, португальский архитектор Альваро Сиза Виейра, закрепившим точку холма в городе Марку-де-Канавесес церковью Святой Марии (*рис. 3*) и создавший невесомо перекрытый национальный павильон на ЕХРО-98 (*рис. 4*).



*Рис. 1.* Тадео Андо. Церковь Света, Ибараки, Япония. (1987–1989 гг.)<sup>1</sup>



*Рис. 2.* Тоёо Ито. «Алюминиевый дом», Япония (1971 г.)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> <https://studfile.net/preview/9246582/page:29/> (дата обращения: 30.05.2024).

<sup>2</sup> <http://gellada.ru/9180.html> (дата обращения: 30.05.2024).



*Рис. 3.* Альваро Сиза Виейра. Церковь Св. Марии в Марку-де-Канавесес, Португалия (1990 – 1999 гг.)<sup>3</sup>



*Рис. 4.* Альваро Сиза Виейра. Португальский национальный павильон Экспо '98 в Лиссабоне (1998 г.)<sup>4</sup>

### Минимализм XXI века

Минималистическая архитектура XXI века, хоть и сохраняет характеристики, правила и подходы характерные для этого стиля в XX века, рднако реализует и свои приемы:

- применение результатов технико-технологического прогресса. С развитием технологий в XXI веке архитекторы имеют возможность использовать новые материалы и технические достижения в строительстве, что открывает новые перспективы для творчества;
- экологическая осознанность. Уделение внимания энергоэффективности и экологической устойчивости отличает современную архитектуру от архитектуры минимализма прошлого века [7].
- индивидуальность и персонификация стиля. В XXI-м веке архитекторами, работающими в минималистическом архитектуре и дизайне, все больше акцент делается на вариативность объемно-пространственного построения

Рассмотрим примеры работ архитекторов, работающих в XXI-м веке в стилистике минимализма.

**Питер Зумтор** — швейцарский архитектор. Важная особенность его работ — интерес к традиционным техникам и бережное отношение к ландшафту [8].

Полевая часовня Брудера Клауса близ деревни Вахендорф (*рис. 5*) начиналась как эскиз и со временем превратилась в элегантную, но в то же время важную достопримечательность немецкого природного ландшафта. Проект был построен местными фермерами, которые хотели отдать дань уважения своему святому покровителю, Брудеру Клаусу XV века.

Строительство часовни отличается необычным способом возведения, Такой метод возведения называется «трамбование бетона» Сначала был построен шалаш из цельных стволов дерева в качестве опалубки. После этого, в течение 24 дней по внешней поверхности шалаша заливали по 50 см бетона в день. Высота составила 12 метров. Когда раствор высох бревна сожгли. Это предало стенам в интерьере своеобразную фактуру и свет часовни обуглена и имеет рельеф.

<sup>3</sup> <https://mail.e-architect.com/portugal/church-marco-canaveses> (дата обращения: 30.05.2024).

<sup>4</sup> [https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Lisbon\\_-\\_Portuguese\\_National\\_Pavilion\\_by\\_Alvaro\\_Siza\\_1998\\_World\\_Expo\\_\(22588530074\).jpg](https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Lisbon_-_Portuguese_National_Pavilion_by_Alvaro_Siza_1998_World_Expo_(22588530074).jpg) (дата обращения: 30.05.2024).



*Рис. 5.* Питер Зумтор. Полевая часовня Клауса Брудера (2007 г.)<sup>5</sup>



*Рис. 6.* Кадзуё Сэдзимы и Рюэ Нисидзавы. Стекланный павильон в Художественном музее, Толедо (2006 г.)<sup>6</sup>

**Кадзуё Сэдзимы и Рюэ Нисидзавы и их бюро SANAA** — одни из самых известных на сегодняшний день японских архитекторов. Японская архитектура минимализма всегда отвечает запросу создания экологичного сооружения. В качестве примера можно привести стеклянный павильон в Художественном музее Толедо (рис.6). Он является одновременно и выставочным пространством для стеклянной коллекции музея, и производственным цехом стекла. Площадь застройки составляет 7000 кв.м, площадь участка 20000 кв.м. Главная задумка – слияние с окружающей природной средой, внутренними дворами через полностью стеклянные стены. Каждое помещение по отдельности также заключено в прозрачные стены, создавая буферные зоны между выставочными помещениями, цехом и открытым воздухом. Стекло окутывает пространства, образуя непрерывные возвышения, прерываемые углами [9]. Кроме этого, можно отметить технологична этой постройки, ведь возведение стеклянных стен отдельно стоящих стен сопровождается сложным процессом в строительстве. Архитекторы решили эту проблему тонкими белыми колоннами внутри помещений, которые сливаются с полом и потолком [10].

**Бюро Snøhetta** — основанное в 1989 году в Осло Осло Хьетилем Торсенем и Крейгом Дайкерсом. Одна из построек этого бюро, поражающая внешним видом - Тверрфьелльхютта — павильон Центра диких северных оленей в Норвегии (Рис. 7). С годами возможности использования дерева в строительстве росли. И данное бюро использовало эту возможность в своей архитектуре. Благодаря компьютеру и лазерным станкам для резки они спроектировали и произвели из дерева стену волнистой плавной формы.

Архитекторы говорят, что они вдохновлялись скалами или льдинами, которые обточили ветер и вода. Интерьер плавно переходит в экстерьер одного их фасадов, создавая эффект заполнения пространства этой бионической формой. Сделан этот изоморфный элемент из крупных деревянных брусьев квадратного сечения, обточенные на кораблестроительных станках и сложенную в гладкую, почти бесшовную массу. С другой стороны здания, с видом на горы, установили сплошное остекление.

<sup>5</sup> <https://www.elledecor.com/it/best-of/a30390620/20-20-most-important-buildings-2000-2020-maria-antionietta-crippa/> (дата обращения: 30.05.2024).

<sup>6</sup> <https://modulo.net/en/realizzazioni/glass-pavilion-toledo-museum-of-art> (дата обращения: 30.05.2024).



Рис. 7. Бюро Snøhetta. Павильон Центра диких северных оленей, Норвегия (2011 г.)<sup>7</sup>



Рис. 8. Альберто Кампо Баеза. Офисы правительственной автономии Кастилии и Леона, Самора, Испания (2012 г.)<sup>8</sup>

**Альберто Кампо Баеза** — испанский архитектор, который ценит понятия света, идеи и пространства. Архитектор построил удивительное здание — офисы для правительства автономной области Кастилия и Леон, в городе Самора (рис. 8). Корпус из камня бледно-кораллового цвета в виде многоугольной открытой «коробки» вмещает в себя 2-этажное здание из стекла такой же сложной формы, что было обусловлено непростыми условиями старой городской застройки, ядом с которой расположено. Офис расположен напротив Саморского собора, памятника романской архитектуры.

Стеклянное здание с двойным фасадом, внешняя обшивка которого выполнена из стекла, каждый отдельный лист имеет размеры 600×300×12, и все они соединены вместе просто с помощью конструкционного силикона и практически ничем другим. Как будто полностью сделаны из воздуха.

Трехгранные углы коробки полностью выполнены из стекла, что еще больше подчеркивает эффект прозрачности. Строить из воздуха — неизменная мечта каждого архитектора.

**Ренцо Пьяно** — основатель стиля хай-тек в архитектуре, один из самых востребованных архитекторов современности. Пример экологичной архитектуры минимализма XXI века — калифорнийская академия наук (рис. 9), Сан-Франциско. Это один из первых реализованных проектов устойчивого строительства. Архитектурная команда здания, Строительная мастерская Ренцо Пиано (RPBW), пригласила SWA Group и консультанта по садоводству Пола Кефарта из Rana Creek Living Architecture для совместной работы над дизайном жилой крыши.

Концепция проекта — расположение природного ландшафта на крыше здания, контуры крыши соответствуют помещениям, офисам, выставочным залам и планетариуму. световые фонари на крыше являются дополнительным источником света. Следуя оригинальному концептуальному рисунку Ренцо Пьяно, семь холмов на крыше повторяют семь главных холмов Сан-Франциско.

**Стефано Боэри, Джанандреа Баррека и Джованни Ла Варра** — жилой комплекс из двух небоскребов «Bosco Verticale» в Милане (рис. 10), является одним из самых известных примеров вертикального леса. На фасадах небоскребов высажено более 900 деревьев, 5000 кустарников, 11000 многолетних растений. Один из ярких примеров экологичности в архитектуре. Проект доказывает, что даже в городской среде возможно строительство высокоэтажных зданий без ущерба природе, создание оазиса в суе мегаполиса.

<sup>7</sup> <https://losko.ru/norwegian-park-watching-reindeer/> (дата обращения: 30.05.2024).

<sup>8</sup> <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/alberto-campo-baeza/> (дата обращения: 30.05.2024).



*Рис. 9.* Ренцо Пьяно. Калифорнийская академия наук, Сан-Франциско, Калифорния, США (2008 г.)<sup>9</sup>



*Рис. 10.* Стефано Боэри, Джанандреа Баррека и Джованни Ла Варра. Жилой комплекс «Bosco Verticale», Милан, Италия (2014 г.)<sup>10</sup>

### **Заключение**

Технический прогресс очень сильно преобразил жизнь человека в XX веке и предлагает все новые возможности. Он заставил пересмотреть существовавшие прежде традиции в архитектуре и оформлении интерьеров. На первый план была выдвинута функциональность и комфорт. В XXI веке архитекторы и дизайнеры все чаще применяют принципы минимализма при проектировании жилых и общественных зданий. Они стремятся создать современные, функциональные и эстетичные пространства, в сочетании с современными технологиями и инновационными материалами. Это позволяет создавать здания, которые не только выглядят современно, но также отвечают современным требованиям по энергоэффективности, устойчивости и безопасности.

Минимализм в архитектуре продолжает влияние на современное общество и окружающую среду. Он предлагает простоту и функциональность, которые соответствуют современным потребностям и стилю жизни. Архитекторы находят новые способы применения этого стиля, чтобы создавать уникальные и функциональные здания, которые вписываются в современный городской ландшафт.

### **Библиографический список**

1. Archi-story — история архитектуры. [Электронный ресурс]: ДВИЖЕНИЕ «ДЕ СТИЛЬ». ИСКУССТВО И АРХИТЕКТУРА. URL: [http://archi-story.ru/de\\_style/](http://archi-story.ru/de_style/) (дата обращения 30.05.2024).
2. Заварихин, С. П. Архитектура второй половины XX века // С. П. Заварихин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва — Издательство Юрайт — 2024. — 238 с.
3. Ф. Бертони. Минималистская архитектура, Б. Ирхаузер, Базель – Бостон – Берлин, 2002.
4. Орельская О. В. Современная зарубежная архитектура — Академия, Москва — 2006. — 272 с.
5. Хлопотникова В. Н. Эстетика американского минимализма: архитектура и дизайн: дис. канд. филос. наук — Москва — 2010 — 25 с.

<sup>9</sup> <https://www.swagroup.com/projects/california-academy-of-sciences/> (дата обращения: 30.05.2024).

<sup>10</sup> <https://dzen.ru/a/Zh0NIqjl7mqa1jez> (дата обращения: 30.05.2024).

6. Cool Houses [Электронный ресурс]: Стиль минимализм в архитектуре и интерьере. URL: <https://coolhouses.ru/article/stil-minimalizm-v-arhitecture-i-interere> (дата обращения 30.05.2024).

7. Мотрук Я. Б. Экологический подход в проектировании пространств минимализма // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 11. С. 1408 – 1417.

8. Гудкова Т. В. Черты модернизма, японского традиционализма и современной японской архитектуры (50–70-х гг.) и их проявление в архитектуре минимализма // Т. В. Гудкова, К. С. Каряка // Ползуновский вестник. 2013. № 4–1. С. 62 – 65.

9. Дэвид Басулто — Arch Daily [Электронный ресурс]: Стеклопавильон в Художественном музее Толедо / SANAA — 28.03.2010. URL: <https://www.archdaily.com/54199/glass-pavilion-at-the-toledo-museum-of-art-sanaa-pritzker-prize-2010> (дата обращения 30.05.2024).

10. Елисеев В. К. Японская цивилизация // В. К. Елисеев. — Екатеринбург: У-Фактория, 2006. С. 128.

---

## MINIMALIST ARCHITECTURE IN THE 21ST CENTURY

A. N. Skripka

M. V. Zolotareva

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

---

### Abstract

This article analyzes minimalism of the late 20th–21st centuries. The style is considered in the context of modern trends in architecture. An analysis is given of the basic principles of minimalism in architecture, such as simplicity of forms, clean lines, minimal use of decor and the use of natural materials. Particular attention is paid to how new century architects are using minimalism to create unique and functional buildings, adapting the style to modern technology and the demands of sustainable urban development. The article also highlights the trends and directions of development of minimalism in architecture in the 21st century and analyzes examples of successful implementation of projects in this style.

### The Keywords

*Minimalism, architecture, design, manufacturability, functionality, space.*

### Date of receipt in edition

10.06.2024

### Date of acceptance for printing

18.06.2024

---

### Ссылка для цитирования:

А. Н. Скрипка, М. В. Золотарева. Архитектура минимализма в XXI веке. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 127–133.



УДК 712+630.907.1+711

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_134-145

---

## ЛАНДШАФТНЫЙ УРБАНИЗМ: АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНТЕГРАЦИИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ САДОВ В ГОРОДСКУЮ СРЕДУ

Д. А. Хрулёв  
Э. Э. Красильникова  
С. Б. Данилова

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

---

### Аннотация

В настоящее время более половины населения России, Европы и США живут в городах. Процессы глобализации и урбанизации приводят к подмене естественной среды жизнедеятельности на суррогатную и, соответственно, оказывают отрицательное воздействие на здоровье и психологическое состояние человека. Психические и физические заболевания, обусловленные стрессом суррогатной среды, в настоящее время имеют широкое распространение среди городских жителей, в будущем прогнозируется тенденция их прироста. Репрезентативная база научных исследований диктует зависимость экологической среды и здоровья человека. Это определяет актуальность исследований по созданию терапевтических садов и оздоровительных ландшафтов. Теория и практика ландшафтного урбанизма определяет междисциплинарный подход как основу для ландшафтно-градостроительных преобразований с целью интеграции терапевтических садов в систему водно-зелёных каркасов городов. В статье производится обзор актуальных исследований использования терапевтического ландшафта для улучшения здоровья и реабилитации человека. Научной новизной представленного исследования является стратегия включения терапевтических садов и оздоровительных ландшафтов не только на территории медицинских учреждений, а и их интеграция в общую систему озеленения города как нового ландшафтно-градостроительного элемента — системного архитектурно-терапевтического ландшафта.

### Ключевые слова

*Зелёный урбанизм, ландшафтный урбанизм, оздоровительные ландшафты, терапевтические сады, зелёный каркас, зелёная инфраструктура, архитектурно-терапевтический ландшафт.*

### Дата поступления в редакцию

30.06.2024

### Дата принятия к печати

05.07.2024

---

В сфере градостроительного проектирования существует необходимость переосмыслить взаимосвязь между оздоровительными функциями водно-зеленого каркаса и формируемой архитектурно-ландшафтной средой, с целью размыть часто резкую демаркационную линию между антропогенным и природным ландшафтом. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что сегодня более половины населения России, Европы и США живут в городах. На городское население оказывают значимые негативные эффекты, такие факторы как: рост мировых агломераций, процессы урбанизации и глобали-

зации, что в целом, приводит к подмене естественной среды обитания суррогатной, оказывая, соответственно, негативное влияние на здоровье и психологическое состояние человека. Психические и физические заболевания, обусловленные стрессами и техногенными отрицательными эффектами, уже сегодня имеют широкое распространение у городских жителей, а в будущем прогнозируется тенденция их прироста [1]. Потребность в устранении последствий экологического кризиса ведет к необходимости интеграции зеленых природных зон и лечебных восстанавливающих ландшафтов в структуру городской среды. На сегодняшний день главной задачей, которая стоит перед архитекторами и дизайнерами в области архитектурно-ландшафтного и градостроительного проектирования, является улучшение качественных характеристик городской среды. Несмотря на общий тренд системного подхода к озеленению городов, как важной составляющей при проектировании водно-зеленого каркаса, современные концепции градостроительной теории и практики в настоящее время разобщены, не имеют четкой классификации, единого понятийного аппарата и сложны для междисциплинарного взаимодействия. Возникает потребность прояснения понятийного ряда и специфики направлений, включающих «зеленое» градостроительство, «зеленый урбанизм», «ландшафтную архитектуру», «ландшафтно-экологическое зонирование», «зеленый каркас», «урбоэкологический каркас», «эко-рекреационный каркас», «зеленую инфраструктуру», «терапевтический сад», «сенсорный сад» и «терапевтический ландшафт».

Целью исследования выступает анализ градостроительной теории и практики по вопросу преодоления последствий экологического кризиса урбанизированной среды в рамках направлений ландшафтного урбанизма [2] и интеграции терапевтических садов в городскую среду. Для достижения цели мы выделили следующие задачи:

1. Провести метаанализ публикаций, отражающих современное состояние зеленых каркасов и взаимосвязанных с ним городских территорий с выделением существующей проблематики.
2. Прояснение направлений с системным подходом к озеленению и их понятийного ряда в междисциплинарном аспекте.
3. Изучение концепций ландшафтного урбанизма и вопросов интеграции терапевтических садов в городскую среду в развитии и преобразовании системы городских зеленых каркасов, выделение их типовых характеристик, подходов и закономерностей, идей и направлений преобразования.
4. Выделить подходы к решению экологических, эстетических и социальных проблем современного города с точки зрения градостроительной модели.

Научной новизной представленного исследования является стратегия включения терапевтических садов и оздоровительных ландшафтов не только на территории медицинских учреждений, а и их интеграция в общую систему озеленения города, как нового ландшафтно-градостроительного элемента — системного архитектурно-терапевтического ландшафта.

В статье производится обзор исследований последних лет по обозначенной проблематике и тематике. Рассматриваются проблемы градостроительных концепций, отражающих влияние ландшафта на здоровье человека, выявляются приёмы интеграции лечебных ландшафтов и садов в русле теории ландшафтного урбанизма с представлением конкретных примеров.

Становление направления урбоэкологии в градостроительном процессе рассматривают в своих работах Ахмедова Е. А. (2021) и Дмитриева С. О. (2019). Значимость давления урбанизации на экологический каркас отождествляется авторами с глобальными вызовами современного общества, такими как: непаритетное обеспечение энергетическими ресурсами, «культ потребления», определяющий необходимость ежегодного наращивания мощности производств с повышенным сбытом углеводородных источников энергии и приростом объемов твёрдых бытовых отходов, выбросом в атмосферу углекислого газа, что в целом ведёт к значительному снижению качества окружающей среды. Авторы подчёркивают, что зе-

лённые каркасы крупнейших городов во всем мире сталкиваются с возрастающими антропогенным нагрузками, и отмечают, что главным образом данные факторы могут быть скомпенсированы развитием технологий «зелёного» градостроительства. В ответ выделенным антропогенным и техногенным вызовам сформировалась концепция урбоэкологии, предусматривающая поэтапные мероприятия по повышению качества окружающей среды с использованием модулей «зелёных кварталов», «зелёных городов» [3; 4].

Бекболов А.А. (2021) рассмотрел исторические особенности теории и практики зеленого урбанизма во многих градостроительных традициях. Автор выделяет, что использование достижений зелёного урбанизма в планировании городов предоставляют социуму возможность расширять творческие, социальные, экологические и эстетические знания [5].

В европейской градостроительной традиции переосмысление идей урбоэкологии вылилось в подход, получивший название «ландшафтный урбанизм», базирующийся на основе ландшафтных особенностей региона и задаче эффективной организации территории. Все эти подходы объединены задачей создания системы, где естественные геологические и природные особенности регионального ландшафта не просто сохранены, но и являются непосредственным дополнением урбанизированной среды зданий, парков, скверов. Помимо прямых экологических преимуществ, такие ландшафтно-градостроительные модули тесно вплетены в инфраструктуру и экономику [6; 7; 8; 9]. Так, Карпова Н. В. (2021) говорит о том, что существующие трудности экологического и экономического взаимодействия территорий большинства городов Российской Федерации требуют создания полноценной структуры, интегрирующей в себе целевую и экономическую обоснованность с природоохранной и здоровьесберегающей функцией. Эта амбициозная цель требует проработки вопроса на различных уровнях, в том числе и в области правового регулирования. Автор придает большую значимость методу функционального зонирования территорий компонентами ландшафтно-экологического каркаса, но не как отдельных средств, а как участков единой зелёной городской среды, в том числе, выполняющей функцию зонирования [7].

Впервые в России Красильникова Э. Э. (2015) определила теоретические и практические основы формирования нового междисциплинарного направления в градостроительстве — ландшафтный урбанизм как симбиоз ландшафтного и градостроительного подходов [2; 10]. Также представляет интерес работа Петровой В. В. (2020), в которой рассматриваются исторические аспекты архитектурного и ландшафтного преобразования городской среды. Наиболее ранний этап развития города — формирование городских поселений, подчинённых структуре геологического ландшафта, определяющийся низким уровнем технических возможностей населения тех исторических периодов. Петрова В.В. отмечает, что, по мере наращивания технических мощностей, появилась возможность активного преобразования естественного ландшафта в подчинении демографическим и экономическим потребностям. Несбалансированность первых двух исторических периодов подводит нас к ситуации настоящего, когда нам приходится сталкиваться с кризисом сосуществования городской и природной среды [9].

С точки зрения современных градостроительных концепций развития городов, ландшафт играет важную роль для общественных интересов в культурной, экологической, природоохранной и социальной областях, способствует формированию локальной культуры и является базовым компонентом природного и культурного наследия, вносящим вклад в благосостояние людей и укрепление личностной идентичности [11]. Одной из основных проблем, связанных с пребыванием человека в современной городской среде, является грамотное взаимодействие города и ландшафта, комфортное для жителей, в основе которого лежит улучшение психоэмоционального состояния человека [12].

Зуева К. В. (2019) и Б. И. Кочуров (2018) рассматривают в своих работах применение теории и практики ландшафтного урбанизма для градостроительной регенерации деградирующих пространств. Современная отечественная градостроительная практика сталкивается с большим числом постсовет-

ских деградирующих пространств в структуре городского ландшафта. В вопросе реконструкции данных городских территорий актуально применить подходы ландшафтного урбанизма. Данное направление рассматривает структуру природного ландшафта как инструмент преобразования территорий в мультифункциональные пространства, удовлетворяющие потребностям населения в комфортной, безопасной, экологичной и эстетичной среде. Авторы отмечают, что идея ландшафтного подхода базируется на формировании эффективной и полноценной планировочной структуры городской территории, учитывающей особенности геологического и антропогенного ландшафтов [6; 8].

Самостоятельный уровень исследований связан с переходом от территориального уровня проектирования (регион, город, агломерация) к локальному (город, район, квартал, центр города, общественные пространства города), и связан с осмыслением проблем, завязанных с расширением функций системы озеленения города, который подробно рассматривается в работах Диваковой М. Н. (2019) [13]. Это является важным аспектом для понимания взаимоотношения города и ландшафта и формирования отдельных элементов зелёной инфраструктуры города, а также их системному внедрению в городскую среду. Анализ научных исследований представлен в нижеприведенных примерах научных работ, в которых рассматриваются вопросы интеграции терапевтических садов в систему зеленых каркасов городов с учётом их влияния на здоровье населения.

Перед обзором публикаций о влиянии ландшафта на здоровье человека за последние годы, важно обратить внимание на исторические предпосылки формирования научных исследований в этом направлении, которые связаны с именами Роджера Ульриха, Стефана и Ричарда Каплан, Уорда Томпсона. Отдельно стоит выделить Ульриха Р. С., который еще в 1984 году опубликовал исследование, посвящённое ландшафтной терапии и ее положительному влиянию на здоровье человека. Автор изучил медицинские записи о пациентах, проходивших постоперационную реабилитацию после иссечения желчного пузыря в одной из клиник Пенсильвании и пришел к выводу, что период выздоровления у пациентов в палатах с окнами с видом на природное окружение заметно сокращался по сравнению с пациентами, окна палат которых выходили в стену здания. Помимо сокращения реабилитационного периода такие пациенты принимали меньшее количество сильнодействующих анальгезирующих препаратов и в целом, имели меньшее число жалоб, не связанных с органической патологией [14].

С тех пор подтверждения и выводы на основе опыта выздоровления в естественной ландшафтной среде неоднократно приводились в работах иностранных и российских коллег, ученых, врачей, архитекторов и психотерапевтов.

За последние несколько лет актуальность подобных исследований значительно возросла на фоне последствий пандемии и поиска новых возможностей для ответов на вызовы времени.

Автор Красильникова Э. Э. (2021) говорит о том, что создание единого зеленого каркаса и ландшафтного кода терапевтических садов и лечебных ландшафтов в городской среде как участков, включённых в озеленение медицинских организаций является эффективным и благоприятным фактором для физического и психологического благополучия населения, в особенности отмечает имеющийся положительный опыт такого подхода применённый для нивелирования последствий пандемии новой коронавирусной инфекции [15].

Красильникова Э. Э. (2021) в ещё одной работе продолжает исследование опыта формирования экологических и терапевтических ландшафтов, концентрируясь на активно внедряющейся сегодня демографической концепции здорового долголетия, достижение которой невозможно без качественно новой зелёной городской среды. Автор отмечает, что современное городское пространство на фоне отрицательных последствий пандемии новой коронавирусной инфекции, переживает негативную нагрузку антропогенных эффектов урбанизации и глобализации. Через призму этих вызовов автор подводит к вопросу

необходимости насыщения общественных пространств терапевтическими функциями для формирования современной и качественной городской среды. Данную концепцию автор рассматривает на примере внедрения терапевтических ландшафтов в структуру озеленения города Севастополь [10].

В статье Душковой Д. (2020) обсуждается тесная взаимосвязь между концепциями ландшафтов, поддерживающих здоровье, и устойчивостью в современных городах, на основе анализа литературы и тематических исследованиях проектов Европейского Союза, России и Австралии. Рассмотрев исторические и современные парадигмы, которые определяют дискурс в исследованиях взаимосвязи экобиологического и антропогенного симбиоза, автор проводит сравнительный анализ структурных сходств и различий в прошлых и нынешних научных школах, посвящённых пониманию взаимодействия человека и ландшафта. Целебные сады и терапевтические ландшафты дают множество преимуществ и могут рассматриваться как решения выделенных проблем организации зелёного пространства в современном городе [16].

В своей работе Скороходова А. В. (2018) обосновала актуальность организации зелёных пространств и терапевтических садов в медицинских и реабилитационных центрах, определив их как совокупную составляющую комплексного лечения, выделив такое понятие как «ландшафтная терапия». Значимость ландшафтотерапии определяется позитивным влиянием на психоэмоциональный статус пациентов, что ведет к сокращению периода реабилитации. Эффекты, оказываемые ландшафтом лечебных садов следует рассматривать как дополняющий элемент комплекса восстановительной терапии и профилактики патологий психосоматического характера. С учётом современной парадигмы персонализированной медицины, перед специалистами архитектуры и дизайна ставится задача включения концепции терапевтических садов при разработке решений в области проектирования медицинских комплексов, что обуславливает актуальность данного вопроса [17].

Федулова Д. Н. (2022) в сравнительном аспекте рассматривает отечественный и зарубежный опыт проектирования «лечебного сада», «терапевтического сада», «сенсорного сада», подчёркивая ключевую роль объектов ландшафтной архитектуры лечебной функциональности [18].

В статье Даниловой С. Б. (2022) был проведён анализ выпускных квалификационных работ студентов нового направления «Ландшафтная архитектура» в СПбГАСУ 2021 года, объединённых общей темой создания терапевтических ландшафтов на территориях медицинских организаций. Рассмотрены экспериментальные проекты благоустройства территории Института Экспериментальной Медицины и Института Мозга Человека в Петроградском районе и Мариинской Больницы в Центральном районе Санкт-Петербурга. Аргументируя необходимость внедрения таких ландшафтов, автор рассматривает их как новые средства обеспечения эффективного социального взаимодействия на пути преодоления сложившихся ограничений, таких как: последствия пандемии новой коронавирусной инфекции (карантинные ограничения), осложнённые сложившейся геополитической ситуацией. Выделяется сценарный подход в применении элементов терапевтических ландшафтов и лечебных садов, интегрированных в архитектурно-дизайнерские решения для преодоления вышеуказанных проблем. Рациональным методом приспособления к разнообразным вызовам является концепция модульного подхода к проектированию. Рассмотрены возможности территории для создания терапевтических садов. Универсальность данного подхода определяется воспроизведением модульных ячеек (с возможностью их различной комбинации) для широкого спектра пространств, включая медицинские организации, но не ограничиваясь ими. Также данный подход, в первую очередь, ориентирован на запросы социума и позволяет, с технологической точки зрения, осуществлять эффективное обновление пространств [19].

В еще одной работе автора Даниловой С. Б. (2023) рассматривается вопрос цифровизации лечебных ландшафтов. Автор отмечает, что внедрение цифровых технологий, наполняет интерактив-

ностью общественные пространства и даёт толчок для их дальнейшего развития. В благоустройстве территорий медицинских организаций эффективное использование цифровых решений и технологических ресурсов позволяет достичь высокого уровня цифровой зрелости среды для ее потребителей [20].

В монографии Марчуковой С. С. (2023) проведен анализ организации, применения и архитектурно-ландшафтного сопровождения садов России и зарубежных стран и определены основные тенденции в области проектирования и применения терапевтических садов, такие как: разделение сада на активные и пассивные зоны, активация различных органов чувств при помощи растений, использование водоемов и фонтанов в таких садах [21].

Загоруйко М. С. (2019) в своей работе, исследуя различные уровни взаимодействия человека и природы, предлагает авторскую классификацию ассортимента растений для терапевтических садов, обладающих различными целебными свойствами и основывающуюся на целях, функциональном назначении и аудитории [22].

В статье Котляровой Е. В. (2023) приведён анализ ранее опубликованных и реализованных работ, описывающих терапевтические сады, а также перечислены их особенности. Авторы выделили приемы проектирования терапевтических садов, включающие в себя использование арома- и цветотерапии, а также тактильных особенностей восприятия. Кроме того, авторы описали пользу от создания такого рода объектов и возможные перспективы внедрения полученных результатов [23].

В исследованиях Улейской Л. И., Красильниковой Э. Э., Заики И. А., Журавлевой И. В. (2021, 2022, 2023) впервые предложено проектное решение по организации терапевтического сада на территории больницы Даши Севастопольской (г. Севастополь) и дендроплана терапевтического сада с указанием основных посадок растений, сделан анализ колористического оздоровительного воздействия цвета растений, предложена дендроматрица ассортимента видового состава для терапевтического сада на основе терапевтического ароматического воздействия [15; 24; 25].

Жуков З. Я. (2022) в своей статье формулирует отличия ассортимента растений в терапевтических садах от других объектов ландшафтной архитектуры, подчеркивая особые характеристики, обеспечивающие сенсорную стимуляцию, определяющиеся выбором их специфических видов, преимущественно лекарственных и пряно-ароматических с различающимся габитусом разных цветов и текстур, формам листьев и т. д. [26].

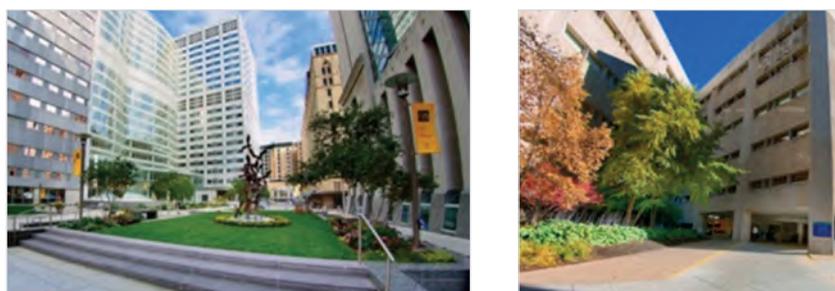
Ярыгина А. А. (2016) в своей работе детализирует качественный состав садов, обладающих функцией сенсорной интеграции, подчёркивая преимущества зелёных насаждений, обладающих возможностью влияния на сенсорные системы человека [27].

Группа зарубежных авторов во главе Джейонгом Ха (2022) исследует взаимосвязь между количеством, составом и пространственным распределением городских зелёных насаждений и уровнем психологического стресса, о котором сообщают жители крупного мегаполиса (Чикаго, Иллинойс, США). Авторы выделяют обобщённые линейные модели, учитывающие социально-экономические факторы и отмечают, что жители сообщали о меньшем психологическом стрессе в городских ландшафтах с небольшими водоёмами и большими расстояниями между лесными массивами, которые, как правило, характеризуют распределение крупных лесопарков по всему Чикаго. Однако с точки зрения общей площади зелёных насаждений уровни психологического стресса были ниже в ландшафтах с дезагрегированным распределением городских зелёных насаждений (т.е. множеством небольших зелёных насаждений) по сравнению с одним (или несколькими) большими зелёными насаждениями. Резюмируя вышесказанное, конфигурация городских зелёных насаждений может быть столь же важна для психического здоровья городских жителей, как и их количество [28].

Данные исследования взаимосвязаны с практическими реализациями и медицинскими исследованиями в данной сфере, так как исследуемая тематика является междисциплинарной, связана с влиянием на здоровье населения и подкрепляется постоянно обновляемыми данными из истории пациентов. Авторами вышеперечисленного исследования приводится один из примеров, иллюстрирующих достижения и актуальность дальнейших проектных исследований в этом направлении с учётом фактора региональных особенностей территорий.

Несомненно, ярким примером практического применения принципов ландшафтного урбанизма в создании оздоровительного городского ландшафта являются терапевтические сады клиник Майо, являющиеся частью комплексного подхода к лечению пациентов. В зависимости от географического региона и природного ландшафта, в котором находится клиника, структура и особенности терапевтических садов могут значительно различаться. Необходимо учитывать, что клиники Майо размещены в разных географических регионах Соединённых Штатов, таких как Миннесота, Аризона и Флорида. Это означает, что климатические условия, растительность и природная среда садов сильно варьируют.

Например, терапевтический сад клиники Майо в Миннесоте организован в окружении ландшафтов североамериканских лесов, наполнен эндемичными растениями и цветами. Сад клиники Майо в Миннесоте представляет собой уникальное пространство, созданное для улучшения физического и психологического состояния пациентов. Сад расположен на территории клиники и специально разработан для предоставления отдельного уголка природы в сердце города. (см. *рис. 1*)



*Рис. 1.* Терапевтический сад клиники Майо в Миннесоте<sup>1</sup>

Терапевтический сад клиники Майо в Аризоне имеет более пустынный и каменистый вид, с акцентом на устойчивых к засухам растениях и создании оазисов прохлады. Также уделено внимание созданию зон для релаксации на открытом воздухе, укрытых от яркого солнца. (см. *рис. 2*)

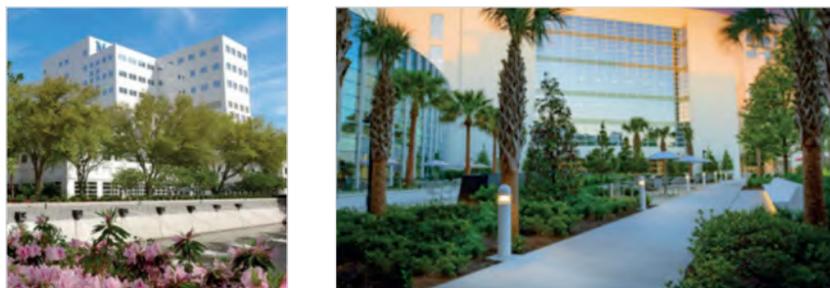


*Рис. 2.* Терапевтический сад клиники Маю в Аризоне<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Источник: <https://www.mayoclinic.org> (дата обращения: 24.02.2024).

<sup>2</sup> Источник: <https://www.mayoclinic.org> (дата обращения: 24.02.2024).

Терапевтический сад клиники Mayo во Флориде, имеет вид тропического побережья, со свежими ароматами цитрусовых деревьев и морским бризом. (см. *рис. 3*)



*Рис. 3.* Терапевтический сад клиники Mayo во Флориде<sup>3</sup>

Несмотря на эти различия в географическом и климатическом контексте, терапевтические сады клиники Майо во всех регионах ориентированы на улучшение самочувствия пациентов. Они созданы для обеспечения приятной и успокаивающей обстановки, где пациенты могут получить максимальную пользу от взаимодействия с природой. Они представляют собой гармоничную среду, которая способствует улучшению психического состояния, снижению уровня стресса и общему ощущению благополучия.

При проектировании терапевтических ландшафтов перед архитекторами и дизайнерами встаёт задача изучения климатических, географических особенностей отдельного региона проектирования. Важным инструментом преобразования городской территории следует рассматривать естественный геологический ландшафт, как участок функционального зонирования, гармонично вписанный в «зелёную» составляющую городской среды, это направлено на смягчение отрицательного воздействия урбанизации на психоэмоциональное и физическое состояние отдельного человека, и общества в целом.

Во множестве вышеуказанных работ отмечается целый ряд отрицательных процессов, таких как: рост агломерационных процессов, урбанизации, усиление глобализация, «культ потребления», общемировое увеличение объёмов твёрдых бытовых отходов и углеродного следа, и также последствия Пандемии новой коронавирусной инфекции, диктующие необходимость создания водно-зеленого каркаса города с оздоровительной функцией, дающей терапевтический эффект [29].

С позиции урбоэкологического подхода к трансформации пространственно-планировочной структуры города [30], внедрение оздоровительных ландшафтов и терапевтических садов будет способствовать функциональному расширению элементов водно-зеленого каркаса, на примере включения в их структуру парковых зон на территориях больниц. Широкое распространение озеленение медицинских учреждений приобрело в настоящее время наибольшую социально-экологическую значимость, которое определяется положительным влиянием на здоровье человека и рассматривается как дополнительный элемент восстановительного лечения и профилактики [31].

### Выводы

Стратегия включения терапевтических садов и оздоровительных ландшафтов не только на территории медицинских учреждений, но и в общую систему озеленения города как нового ландшафтно-градостроительного элемента — системного архитектурно-терапевтического ландшафта, позволит создать

<sup>3</sup> Источник: <https://www.mayoclinic.org> (дата обращения: 24.02.2024).

более взаимосвязанную многоядерную систему городского зелёного каркаса. Появление новых ядер зелёного каркаса, которыми будут являться терапевтические сады медицинских учреждений, расширит функциональное наполнение системы озеленения города, а оздоровительные ландшафты могут быть включены в структуру крупных городских парков, набережных, городских лесов, экологических троп и ООПТ. Стратегия предусматривает ряд поэтапных мероприятий по расширению и оптимизации природоохранной сети и базируется на концепции выделения природных ядер, экологических сетей как системы взаимосвязанных природных территорий — основы для формирования водно-зеленого каркаса города.

В проектировании городских ландшафтов следует учитывать не только количественный показатель зеленых насаждений, но и их конфигурацию, так как достоверно показана зависимость уровня стресса от распределения таких насаждений. В подборе ассортимента растений следует руководствоваться системным и структурным подходами с учётом функционального назначения и целевой аудитории. Подбор ассортимента для создания терапевтических садов должен быть основан на подробном изучении биологических характеристик растений, особенно следует уделять внимание подбору растений лечебным эффектом, основанном на ароматическом воздействии, с учетом биоразнообразия, агроклиматического районирования и колористического эффекта всесезонности растений. Зелёные насаждения должны организовываться с учётом их биологических особенностей, принципов биоразнообразия, эндемичности, ароматических и цветковых характеристик. Это позволяет усилить сенсорные системы при занятии физической активностью и медитативными практиками. Эти виды отдыха, согласно современным тенденциям, практически должны быть разделены на активные и пассивные зоны.

Также стоит выделить сценарный и модульный подходы к проектированию терапевтических зон, особенно при их проектировании в структуре крупных парков. Разработка с учётом сценарного подхода предполагает систематичность и раскрытие определённых сценариев использования пространства. Главным аспектом здесь является адаптация пространства в соответствии с потребностями пользователей. Разработка с учётом модульного подхода предполагает использование гибких и адаптивных решений в организации пространства терапевтических зон в структуре модульных элементов. Эти модули включают различные элементы с возможностью гибкой реорганизации и изменения структуры, цифровизацией функций и элементов, а также позволяет эффективно подходить к обновлению и расширению зелёного пространства.

В настоящее время продолжается разработка концепций и изучение принципов и методов включения терапевтических садов и оздоровительных ландшафтов в урбанизированную среду. Необходимо более детально изучать методику создания терапевтических садов и оздоровительных ландшафтов с учётом междисциплинарного взаимодействия в принятии решений на различных проектных уровнях, от градостроительного до локального объектного с целью привлечения специалистов различных научных сфер.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

#### **Библиографический список**

1. Ревич Б. А. Планирование городских территорий и здоровье населения: аналитический обзор // Анализ риска здоровью. — 2022. — №1. — С. 157–169.
2. Красильникова Э. Э. Ландшафтный урбанизм. Теория – практика: научная монография. — 1-е изд. — Волгоград: ООО «ИАА “Областные вести”», 2015. — 156 с.

3. Ахмедова Е. А., Филлали А. «Зеленое градостроительство» в современных городах // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 78-ой всероссийской научно-технической конференции, Самара, 19–23 апреля 2021 года. — Самара: Самарский государственный технический университет, 2021. — С. 392–404.
4. Дмитриева С. О. Человек и природа в урбанистической среде // Вестник государственного университета «Дубна». Серия «Науки о человеке и обществе». — 2019. — № 4. — С. 54–63.
5. Бекболов А. А., Абилов А. Ж., Самойлов К. И. Зеленый урбанизм как путь развития современного планирования градостроительства // Наука и образование сегодня. — 2021. — №1 (60). — С. 79–82.
6. Зуева К. В. Ландшафтный урбанизм как подход в градостроительстве // Архитектурные исследования. — 2019. — №3 (19). — С. 38–44.
7. Карпова Н. В. Роль и место ландшафтной-экологической составляющей в системе зонирования городской территории // Вестник РГЭУ РИНХ. — 2021. — №3 (75). — С. 97–102.
8. Кочуров Б. И., Хазиахметова Ю. А., Ивашкина И. В., Сукманова Е. А. Ландшафтный подход в градостроительном проектировании // Юг России: экология, развитие. — 2018. — № 3. — С. 71–82.
9. Петрова В. В. Исторический аспект развития ландшафта в организации комфортной среды прибрежных территорий городов // Тенденции развития науки и образования. — 2020. — №63–2. — С. 70–73.
10. Красильникова Э. Э., Журавлева И. В., Заика И. А. Создание лечебного и терапевтического ландшафтов: опыт проектирования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: агрономия и животноводство. — 2021. — №3. — С. 238–254.
11. Красильникова Э. Э., Кусов И. С., Журавлева И. В., Гончарик А. А. Интеграция терапевтических ландшафтов в зеленую инфраструктуру города // Комфортная среда — здоровая среда. Создание терапевтических садов в структуре города: Материалы Международной научно-практической конференции, Севастополь, 26–27 ноября 2020 года. — Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», 2021. — С. 12–18.
12. Жумадиля А. Н. Влияние ландшафтного урбанизма на психоэмоциональное состояние человека // Градостроительство и архитектура. — 2022. — №1. — С. 112–115.
13. Дивакова М. Н., Красильникова Э. Э. Основные направления формирования зеленой инфраструктуры крупных промышленных городов // Устойчивое развитие регионов в аспекте повышения качества жизни граждан : Сборник материалов IV Всероссийского Конгресса «Промышленная экология регионов» и Международной площадки прямого диалога УРАЛПРОСПРОМЭКО, Екатеринбург, 13–14 февраля 2019 года. — Екатеринбург: Без издательства, 2019. — С. 107–111.
14. Ulrich R. S. View through a window may influence recovery from surgery // Science. — 1984. — Vol. 224 (4647). — P. 420–421.
15. Красильникова Э., Журавлева И., Заика И. Ландшафтный код терапевтических садов и терапевтических ландшафтов // Проект Байкал. — 2021. — №4 (70). — С. 120–125.
16. Dushkova D., Ignatieva M. New trends in urban environmental health research: from geography of diseases to therapeutic landscapes and healing gardens // Geography environment sustainability. — 2020. — Vol. 13 (1). — P. 159–171.
17. Скороходова А. В., Родик Я. С., Даниленко Е. Л. Особенности организации терапевтических садов при формировании архитектурной среды медицинских и реабилитационных центров // International Scientific and Practical Conference World science. — 2018. — Vol. 4 (32). — С. 51–55.

18. Федуловна Д. Н., Шестак К. В. Обзор лечебных садов разной направленности в России и за рубежом // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Красноярск, 26 ноября 2021 года. — Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», 2022. — С. 160–163.
19. Данилова С. Б. Специфика и опыт проектирования в рамках нового образовательного направления 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» СПбГАСУ // Системные технологии. — 2022. — № 1 (42). — С. 210–223.
20. Danilova, S., Yefimov M. Scenario Approach to Hybrid Public Spaces and Healthcare Facility Landscaping with High Level of Digital Maturity // Lecture Notes in Civil Engineering. — Switzerland: Springer, 2023. — P. 67–74.
21. Марчукова, С. С., Полякова О.М. Терапевтические сады в России и в зарубежных странах // Пространства Шехтеля (До и После Интерьера): Коллективная монография. — Саратов: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «КУБиК», 2023. — С. 102–107.
22. Загоруйко М. С., Шарафиева Л. Р. Терапевтические сады: принцип подбора растений // Зеленый журнал — Бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. — 2019. — № 6. — С. 103–111.
23. Котлярова Е. В., Шолохова Е. А. Приемы проектирования терапевтических садов на урбанизированных территориях // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов XVI Международной научно-практической конференции в рамках XXVI Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш» и «Агротехнологии», Ростов-на-Дону, 01–03 марта 2023 года. — Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «ДГТУ-ПРИНТ», 2023. — С. 172–176.
24. Krasilnikova E. E., Zhuravleva I. V., Uleyskaya L. I., Zaica I. A., Goncharik A. A. Integration of Hospital Therapeutic Gardens into the Green Frame of Sevastopol // Lecture Notes in Civil Engineering. — Switzerland: Springer, 2023. — P. 133–141.
25. Uleyskaya L. I., Karpukhin M. Yu., Krasilnikova E. E. The modern assortment of roses for a therapeutic rose garden on the territory of the City Hospital № 3 n. a. Dasha Sevastopolskaya // BIO Web of Conferences. — Ekaterinburg: EDP Sciences — Web of Conferences, 2022. — P. 02001.
26. Жуков, З. Я. Использование лекарственных и пряноароматических растений в терапевтических садах // Инновационные процессы в сельском хозяйстве: Сборник тезисов XIV Международной научно-практической конференции, Москва, 21–22 апреля 2022 года. — М.: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2022. — С. 36–41.
27. Ярыгина, А. А., Довганюк А. И. Разработка рекомендаций по подбору ассортимента для сенсорных садов // Вестник ландшафтной архитектуры. — 2016. — № 7. — С. 106–109.
28. Ha J., Kim H., With K. A. Urban green space alone is not enough: A landscape analysis linking the spatial distribution of urban green space to mental health in the city of Chicago // Landscape and Urban Planning. 2022. Vol. 218. P. 104309.
29. Prokopchuk S., Zhivotov D., Pastukh O., Panin A. Innovative Medicine: What Challenges Does It Pose to Designers and Developers? // Lecture Notes in Civil Engineering. — Switzerland: Springer, 2023. — P. 205–210.

30. Пастух О. А. Урбоэкологические аспекты трансформации архитектурной среды в современных условиях глобальной цифровизации // Актуальные вопросы архитектуры и строительства: Материалы XV Международной научно-технической конференции, Новосибирск, 19–21 апреля 2022 года. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2022. — С. 126–130.

31. Пастух О. А. Урбоэкологическая проблематика прибрежных агломераций // Перспективы науки. — 2022. — № 3 (150). — С. 283–285.

## LANDSCAPE URBANISM: ANALYSIS OF RESEARCH ON INTEGRATION OF THERAPEUTIC GARDENS INTO THE URBAN ENVIRONMENT

D. A. Khrulev  
E. E. Krasilnikova  
S. B. Danilova

Sevastopol State University, Sevastopol

### Abstract

Currently, more than half of the population of Russia, Europe and the USA live in cities. The processes of globalization and urbanization lead to the substitution of the natural environment for a surrogate one and, accordingly, have a negative impact on human health and psychological state. Mental and physical diseases caused by the stress of the surrogate environment are currently widespread among urban residents, and their growth is predicted in the future. The representative base of scientific researches dictates the dependence of the ecological environment and human health. This determines the relevance of research on the creation of therapeutic gardens and wellness landscapes. The theory and practice of landscape urbanism defines an interdisciplinary approach as the basis for landscape and urban planning transformations in order to integrate therapeutic gardens into the system of water-green frameworks of cities.

The article provides an overview of current researches on the use of the therapeutic landscape to improve human health and rehabilitation. The scientific novelty of the presented research is the strategy of including therapeutic gardens and wellness landscapes not only on the territory of medical institutions, but also their integration into the general greening system of a city, as a new landscape and urban planning element — a systemic architectural and therapeutic landscape.

### The Keywords

*Green urbanism, landscape urbanism, wellness landscapes, therapeutic gardens, green framework, green infrastructure, architectural and therapeutic landscape.*

### Date of receipt in edition

30.06.2024

### Date of acceptance for printing

05.07.2024

### Ссылка для цитирования:

Д. А. Хрулёв, Э. Э. Красильникова, С. Б. Данилова. Ландшафтный урбанизм: анализ исследований интеграции терапевтических садов в городскую среду. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 134–145.



УДК 711.4

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_146-153

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В XXI ВЕКЕ

**Е. Н. Образцова**

**А. В. Пономарев**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

---

### **Аннотация**

На сегодняшний день, вопрос упрощения и ускорения всех процессов в городской среде является важной задачей. У людей появляется все больше требований к организации жизни в городах. Современные архитекторы и градостроители должны реагировать на эти вызовы и предлагать методы решения подобных актуальных проблем.

В настоящей работе мы проанализировали идеи организации городских пространств с конца XIX до начала XXI века, рассмотрели их плюсы и минусы и их актуальность в современном мире. По результатам анализа, был сделан вывод, что идея города-сада, впервые предложенная Эбенизером Говардом в конце 1930-х годов, может быть успешно применена и в современном мире. Также актуальна идея Нового Элемента Расселения, впервые предложенная студентами МАРХИ в конце 20 века. В своей дипломной работе они пришли к выводу о том, что современному городу не нужно расширяться. Гораздо эффективнее будет создавать отдельные небольшие города и поселения — элементы расселения, вокруг крупных городов. В одном из дальнейших своих исследований та же группа архитекторов заявила о необходимости создать качественную транспортную сеть по всей России. Они убеждены в том, что это главный шаг на пути к упрощению и созданию более эффективной пространственно-временной организации нашей страны.

### **Ключевые слова**

*Архитектура, город, пространство, время, архитектурная среда.*

### **Дата поступления в редакцию**

30.06.2024

### **Дата принятия к печати**

05.07.2024

---

### **Введение**

Начало XXI века — время ускорения всех процессов. Темп жизни нарастает, а современной архитектуре приходится под него подстраиваться. Таким образом, цель исследования — изучить наиболее рациональные принципы организации городской жизни в наше время.

Цель исследования реализуется следующими задачами:

1. Изучение исторического опыта пространственно-временной организации жизни, рассмотрение примеров того, как раньше решались проблемы, связанные с ускорением времени.
2. Анализ идей организации городских пространств конца 20 – начала 21 века.
3. Принципы рациональной пространственно-временной организации городской жизни.

### Концепция города-сада

Начнем с изучения исторического опыта пространственно-временной организации городской жизни. Одним из самых ярких примеров подобной организации являются города, построенные по идее города-сада Эбенизера Говарда в Великобритании. Идея города-сада появилась в связи с перенаселением английских городов (например, Лондона, Ливерпуля и Манчестера) в конце 1920–1930-х годов. Она заключалась в создании небольших поселений с ограниченным количеством жителей (32 тысячи человек) и совмещением лучших качеств города и деревни (рис. 1, 2). Цель города-сада заключалась, в первую очередь, в расселении крупных городов, создании более гуманных условий для жизни, а также жизни в гармонии с природой [1]. Однако это также повлияло и на то, как жители тратили свое время. В перенаселенных городах высокий темп жизни, потому что всегда есть цель перегнать другого человека, занять свою очередь. В городах, построенных по принципу города-сада, соблюдается четкая структура, в отличие от крупных городов Великобритании в 20 веке. Городские пространства там четко продуманы и отделены друг от друга, что создает четкость и ясность передвижений жителей, а также экономит время. С появлением концепции города-сада было создано много городов и поселений, в основе которых она лежит. Первым городом-садом стал Лэчворт — место в 50 км от Лондона (рис. 3, 4). В нем присутствует четкая структура, заложенная идеями Говарда, а также продуманный уют и близость к природе. Однако город заселялся медленнее, чем рассчитывали архитекторы, несмотря на все его преимущества. К концу 1920х годов его население едва превышало 14 тысяч человек. Однако следом за Лэчвортом, концепцию города-сада стали использовать архитекторы по всему миру. Сейчас на территории Великобритании находится 32 города-сада, а за ее пределами — еще больше. Города-сады можно увидеть в Италии, Бельгии, Германии, Австрии, Чехословакии, а также в России — в Кратове, в 40 км от Москвы. Несмотря на все удобство таких городов, в них переезжало (и продолжает переезжать) недостаточно человек для того, чтобы спасти мегаполисы от перенаселения. Эта проблема связана с тем, что люди сами не готовы расставаться с благами, которыми богаты крупные города, несмотря на их загазованность и периодическую враждебность. Эбенизер Говард создал важную концепцию построения городов, которая продолжает полностью или частично воплощаться в современных градостроительных проектах. Он показал направление, в котором продолжают двигаться урбанисты по всему миру. Направление к экологичности, пешей доступности между объектами и комфорту [2]. Если грамотно соединить эту концепцию с современными мегаполисами, получатся города, в которых не надо тратить время на длительные перемещения, а также необходимую перезагрузку от шумной городской жизни, ведь она будет переплетена с природой. Возможно, когда-нибудь преобразованная идея города-сада действительно спасет современные мегаполисы и позволит замедлиться без нанесения ущерба эффективности.



Рис. 1. Схема организации города-сада<sup>1</sup>

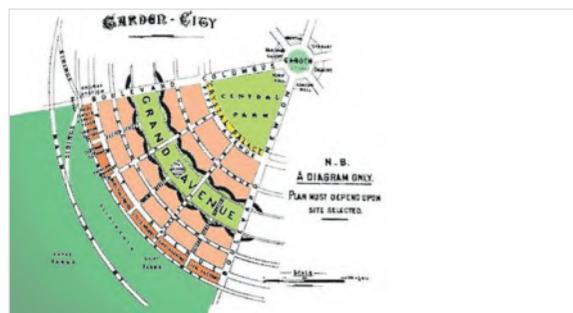


Рис. 2. Схема города-сада и диаграмма, показывающая в нем качества города и деревни<sup>2</sup>

<sup>1</sup> URL: <https://design-mate.ru/read/megapolis/garden-city>

<sup>2</sup> URL: <https://design-mate.ru/read/megapolis/garden-city>



Рис. 3. Застройка Лэчворта<sup>3</sup>



Рис. 4. Застройка центра Лэчворта<sup>4</sup>

### Концепция линейного города

Далее, в рамках изучения исторического опыта организации пространственно-временной организации жизни, мы рассмотрим концепцию линейного города. Эта концепция — наследник идеи города-сада. Люди продолжали ощущать потребность в интеграции с природной средой и эта потребность вылилась в создание протяженных вытянутых городов вдоль дорог и рек. Таким образом, строительство не влияло негативно на ландшафт и, в то же время, вписывалось в него. Первым концепцию линейного города выдвинул испанский градостроитель и инженер Артуро Сория-и-Мата (рис. 5). В 1882 году он опубликовал несколько статей на эту тему. Его основная идея заключалась в том, что главная проблема городов — это транспорт, его недоступность некоторым жителям. Следовательно, он считал, что необходимо строить города вдоль железных дорог и трамвайных путей, так как они являются самыми дешевыми видами транспорта. Он считал, что такое расположение городов будет хорошо сказываться на количестве затраченного времени на передвижения по городу, ведь все его объекты будут находиться рядом и параллельно главной дороге [3]. Идея линейного города периодически обсуждалась во всей послевоенной Европе, однако активно ей занялись в СССР. В 1928 году архитектором В. А. Лавровым был защищен дипломный проект на тему линейного города. Позднее были выведены основные принципы линейного города, заключающиеся в следующем:

- Основа города — две узкие линейные полосы жилого и промышленного назначения;
- Между этими полосами находится зеленая защитная зона, на которой располагались пункты питания, заводы и другие учреждения, удобно связанные с продольным шоссе. Благодаря такому расположению, промышленные предприятия (которые также расположены линейно), получали удобное транспортное обслуживание.

Однако по мере изучения концепции линейного города начали обнаруживаться ее явные недостатки. Основной из них — чрезмерная длина продольных коммуникаций. Из-за этого расходы на инженерно-техническое и транспортное оборудование города сильно возрастали. Другим недостатком является невозможность организации единого центра города. Общественные центры расплылись по всему городу. В такой структуре невозможно организовать единый административный центр, студенческий комплекс или больничный городок. Таким образом, можно сделать вывод, что линейная структура может быть удобна лишь в некоторых небольших промышленных городах и поселках. Для крупных городов она неактуальна и неудобна [4].

<sup>3</sup> URL: <https://design-mate.ru/read/megapolis/garden-city>

<sup>4</sup> URL: <https://design-mate.ru/read/megapolis/garden-city>

Чтобы обосновать это, рассмотрим структуру Волгограда — единственного города в России, построенного по линейной схеме (Рис. 6). Он исторически располагался вдоль реки Волги и получил свою вытянутую форму еще в 16 веке. Такая структура сложилась в связи с необходимостью отправлять по реке грузы — товары, произведенные местными фабриками. В местах отправки грузов образовывались промышленные центры, а вокруг них — жилые кварталы. После революции город продолжал развиваться по такой схеме. Новые районы расплзались вдоль берега реки на расстояния до 30 км. После войны город продолжал линейно развиваться. После разработки генплана в 1945 году прибрежные территории были очищены от промышленных предприятий, а на их месте стали появляться жилые районы. Сейчас город протянулся на 90 км вдоль берега Волги и продолжает линейно развиваться. Из-за своей структуры Волгоград считается одним из самых неудобных городов России, так как все предприятия и основные объекты в нем находятся на очень протяженных расстояниях друг от друга, что затрудняет перемещения и вынуждает затрачивать на дорогу большое количество времени [5].

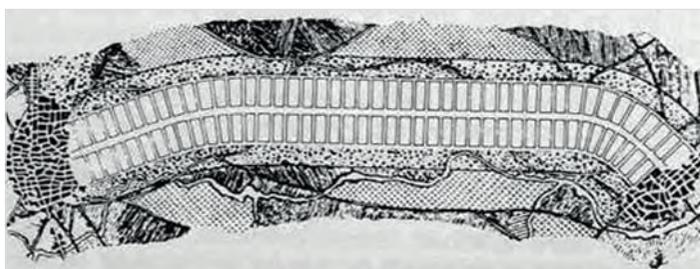


Рис. 5. Концепция линейного города А. Сория-и-Маты<sup>5</sup>



Рис. 6. Застройка Волгограда<sup>6</sup>

Мы переходим к следующему разделу исследования — к анализу идей организации городских пространств конца XX – начала XXI века.

### Новый элемент расселения

Одной из самых ярких градостроительных идей конца XX века является идея Нового Элемента Расселения (НЭР) (рис. 7). Она появилась путем рассуждений студентов МАРХИ о «городе будущего» и необходимости переосмысления путей архитектуры и градостроительства в современном мире. Они учли все основные элементы города — размер и форму, социальные проблемы, городские центры, городской дизайн, расположение школ и детских садов и другое и пришли к выводу, что современный город не должен расти. Вместо расширения существующего города, нужно создавать Новый Элемент Расселения, отдельный город на 200 тысяч человек, связанный со старым путем автомобильных дорог. В центре НЭРа должен был располагаться общественный центр, по четырем сторонам света от него — общественные центры районов, вокруг них — жилые комплексы, в угловых частях города — спортивные и школьные комплексы, а вокруг них — школы-интернаты. Проект Нового Элемента Расселения предполагалось применить в качестве нового города на реке Чулым, вблизи села Критово. Однако он не был осуществлен. Эти исследования легли в основу дипломного проекта студентов МАРХИ в 1961 году, А. Гутнова, А. Бабурова, Н. Гладковой, А. Звездина, И. Лежава, Н. Кострикина, С. Садовского, А. Сухановой, З. Харитоновой.

<sup>5</sup> URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.cd62b630-666c96c3-6594b23a-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_city\\_\(Soria\\_design\)](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.cd62b630-666c96c3-6594b23a-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Linear_city_(Soria_design))

<sup>6</sup> URL: <https://novate.ru/blogs/111121/61230/>

Также в результате исследований была выпущена книга «Новый элемент расселения: на пути к новому городу», авторы: А. Бабуров, А. Гутнов, Г. Дюментон, И. Лежава, С. Садовский и З. Харитоновна. Книга была переведена на английский, итальянский и испанский языки [6].

Группа архитекторов, работающих над концепцией Нового Элемента Расселения, участвовала в Миланском Триеннале в 1961 году, к которому она разработала более десяти макетов из пластилина, а также чертежи. Идея НЭРа была доработана. Авторы концепции представили новый элемент — русло расселения. Они считали, что для СССР наиболее актуальна именно такая система расселения, учитывая их огромные пространства. Русло расселения представлялось как зона активной жизни, «ствол дерева», по которому движутся все соки. В противовес ему появлялись НЭРы — жилые кластеры, зоны спокойной жизни, «плоды на дереве». Идея русла расселения и НЭРов представлялась авторам проекта как инь и янь, как мужская и женская энергия.



Рис. 7. НЭР: Русло. Триеннале, 1968. Выставка «НЭР: По следам города будущего. 1959 – 1977»<sup>7</sup>

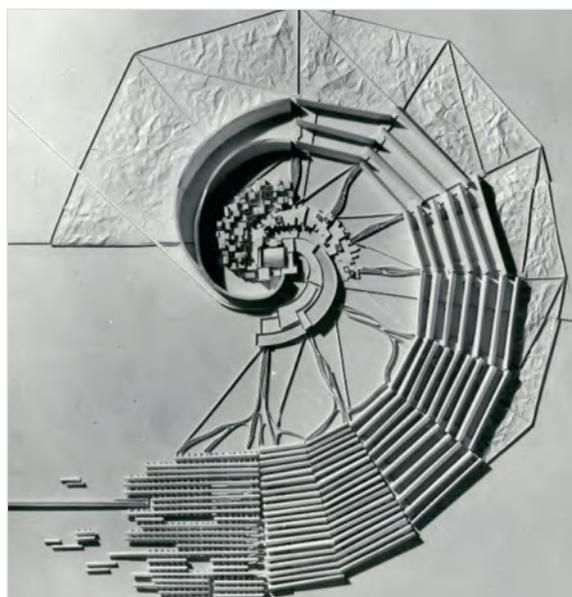


Рис. 8. Обновлённая концепция НЭР для всемирной выставки в Осаке. 1970 г.<sup>8</sup>

В 1970 году группа НЭР участвовала во Всемирной выставке в Осаке (рис. 8). На ней архитекторы представили НЭР в виде улитки, спиральной структуры, в центре которой располагалось высотное жилье. В сторону периферии этажность снижалась. Структура озеленения также изменялась, представляя собой крупные парки в центре и небольшие приусадебные участки на периферии. На базе исследований этого этапа в 1977 году, в издательстве «Стройиздат» была выпущена книга «Будущее города». Авторы: А. Гутнов, И. Лежава. [7]

#### «Сибстрим»

В 2003 году был организован конкурс «Город 2100» для Всемирного газового конгресса, на котором обсуждались проекты о городе будущего, каким он будет через 100 лет, представленные восемью стра-

<sup>7</sup> URL: <https://archi.ru/russia/82147/chto-takoe-byt-ner>

<sup>8</sup> URL: <https://ilya-lezhava.livejournal.com/2303.html>

нами. Архитекторы, работавшие над НЭРом, представили проект «Сибстрим», в котором предложили линейную систему расселения России от Петербурга до Владивостока. Они рассуждали, какое событие в России и СССР сильнее всего повлияло на развитие государства за предыдущие 100 лет и сделали вывод, что это было проведение Транссибирской магистрали. Благодаря ей произошло объединение страны, а многие регионы получили возможность развития. Архитекторы выдвинули идею, которая заключалась в том, что, если продолжить подобное развитие и дальше, страна совершит еще больший скачок в ближайшие 100 лет. Они утверждали, что город 21 века в России — линейный город, несмотря на недостатки, которые мы рассмотрели в предыдущем пункте. Для успешного осуществления идеи такого линейного города, необходимо проложить новые железные дороги и другие транспортные пути, на которых можно будет разгоняться до 600–700 км/ч. Тогда расстояния от Москвы до Владивостока мы сможем преодолеть за 12 часов. На поезде можно будет добраться до Урала за два часа, а до Байкала за три. А по дороге будут находиться новые города, научные центры, заповедники. Архитекторы утверждали, что главный секрет успешного развития страны в ближайшие 100 лет заключается в постройке качественной транспортной сети [4]. Возможно, пространственная организация Волгограда была бы не так плоха, если бы имела более продвинутую транспортную сеть.

### Концепция 15-минутного города

Следующая концепция, которую мы рассмотрим в рамках анализа идей городских пространств конца XX – начала XXI века — концепция 15-минутного города. В основе нее лежит возможность добраться до основных мест первой необходимости — школ, магазинов, общественных центров, больниц и других за 15 минут на велосипеде или общественном транспорте, из любой точки города. Такой подход направлен на пропаганду здорового образа жизни, снижению зависимости от автомобилей и создание устойчивого образа жизни. В приоритете становятся пешеходы и пешеходное движение. Внедрение такой концепции в город требует большой работы — транспортное планирование и изменение градостроительной политики. Впервые ее выдвинул Карлос Морено в 2016 году. Он привел пример модели Джейн Джейкобс, представленную в книге «Смерть и жизнь великих американских городов» [8].

Эта концепция получила широкое распространение после того, как мэр Парижа Энн Идальго включила в свою предвыборную кампанию план по реализации 15-минутного города в 2020 году. С тех пор и другие города по всему миру поставили перед собой такую цель. Таким образом, все больше городов ставят в приоритет пешеходов и пешеходное и велосипедное движение, увеличивают тротуары и сокращают проезжую часть. Такие изменения положительно влияют на экологию и на безопасность. Однако есть и противники этой концепции. В 2023 году появились теории заговора, в которых 15-минутные города описывались как инструмент правительственных репрессий. Они считают, что города без автомобилей не сильно отличаются от деревень. Им не нравится, что небольшая группа людей решает, где на автомобиле передвигаться можно, а где нельзя.

### Выводы

Рассмотрев исторические примеры пространственно-временной организации территории, а также современные идеи организации городских пространств, мы можем вывести актуальные принципы организации городской жизни в XXI веке. Идея линейного города до сих пор очень спорна, но, изучив исследования архитекторов, работавших над проектом «Сибстрим», можно прийти к выводу, что для успешной организации линейной структуры в городе недостаточно одной лишь линейной структуры.

Главный фактор, влияющий на успех проектируемых линейных городов — качественная транспортная сеть. Благодаря качественным скоростным дорогам линейные города могут очень быстро развиваться и процветать. Итак, рациональные и актуальные принципы пространственно-временной организации жизни в XXI веке:

- Проектирование и строительство качественных железных и автомобильных дорог. Необходимо создать логичную и удобную транспортную сеть, которая будет распространяться на все города и поселения. Это позволит всем городам расти и развиваться, вне зависимости от их расположения и отдаленности от столиц.
- Внедрение принципов концепции русла расселения в существующую организацию городов. Вместо расширения существующих городов, лучше создать соединенные с ними Новые Элементы Расселения. Таким образом, будет создаваться более четкая, понятная и четкая схема расселения.
- В существующие сформированные города следует частично или полностью внедрить концепцию 15-минутного города. Необходимо тщательно поработать над изменениями в планировке города, провести их аккуратно и безболезненно, а также учесть мнения и пожелания жителей. При грамотном внедрении идей 15-минутного города может получиться очень комфортная, логичная и сбалансированная среда.

#### **Библиографический список**

1. Ильин А. В. Британское движение город-сад и его влияние на европейское градостроительство первой четверти XX века // Исторические науки. №1. 2014, С. 308 – 316.
2. Эммус К. В. «Город-сад» Э. Говарда в контексте изучения «идеального» города: социокультурные аспекты // Культура и цивилизация. 2020. Том 10. № 2А. С. 163–168. DOI: 10.34670/AR.2020.95.48.019.
3. Филиппов В. Д. «Линейный город»: Градостроительные и социальные аспекты проекты Аргуно Сория, 2019. С. 55 – 67.
4. Долинская И. М., Полинская Е. Р., Шадрина Е. М., Яковенко Е. М. От идей Сорио-И-Мата до «Сибстрима» и «Стратегии-2030»: Обзор отечественных и зарубежных проектов линейных городов и систем расселения // Universum. 5 (86). 2021. С. 63 – 74.
5. Деточенко Л. В. «Линейный» город: Историко-географические особенности территориальной организации, хозяйственной и транспортной составляющих (на примере Волгограда) // Вестник Удмуртского университета, 8, вып. 2. Т. 22018. С. 200 – 210.
6. Гутнов А., Лежава И., Бабуров А., Дюментон Г., Садовский С., Харитоновна З. Новый элемент расселения: на пути к новому городу — Стройиздат, 1967 г. 127 с.
7. Гутнов А. Э., Лежава И. Г. Будущее города — Стройиздат, 1977 г., 126 с.
8. Юстратова И. Л., Юстратов Д. Л. Концепция 15-минутного города, ее преимущества, недостатки и возможное использование в Российской Федерации // Наука и социум. Материалы научно-практических конференций АНО ДПО «СИППИСПР» — С. 196 – 209.

---

## RELEVANT PRINCIPLES OF SPACE-TIME ORGANIZATION IN THE XXI CENTURY

**E. N. Obraztsova**  
**A. V. Ponomarev**

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

---

### **Abstract**

Today, the issue of simplifying and speeding up all processes in the urban environment is an important task. People have more and more things to do and demands on their lives. Modern architects and urban planners must respond to this and propose methods for solving current problems.

In this work, we analyzed the ideas of organizing urban spaces of past centuries, as well as the end of the 20th and 21st centuries, examined their advantages and disadvantages and their relevance in the modern world. Based on the results of the analysis, it was concluded that the idea of a garden city, first proposed by Ebenezer Howard in the late 1930s, can be successfully applied in the modern world. The idea of a New Element of Settlement is also relevant, first proposed by students of the Moscow Architectural Institute at the end of the 20th century. In their thesis they came to the conclusion that a modern city does not need to expand. It will be much more effective to create separate small cities and settlements - elements of settlement, around large cities. In one of their further studies, the same group of architects stated the need to create a high-quality transport network throughout Russia. They are convinced that this is a major step towards simplifying and creating a more efficient spatial-temporal organization of our country.

### **The Keywords**

*Architecture, city, space, time, architectural space.*

### **Date of receipt in edition**

30.06.2024

### **Date of acceptance for printing**

05.07.2024

---

### **Ссылка для цитирования:**

*Е. Н. Образцова, А. В. Пономарев. Актуальные принципы пространственно-временной организации в XXI веке. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 146–153.*



УДК 719; 711.01/.09

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_154-161

---

## ФОРМИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА КИРОВА

**Ф. С. Зянчурин**

**О. В. Кефала**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

---

### **Аннотация**

Для крупных городов России, развивавшихся по регулярному плану, характерна проблема искажения архитектурной идентичности. Естественное развитие города приводит к утрате исторических объектов, формировавших центр, и разрушению исторической целостности городской среды. Данная проблема характерна и для города Кирова. В статье проводится анализ его исторического центра путем морфотипизации кварталов. Выявляются архитектурно-пространственные структуры города на основе укрупненного морфотипического зонирования. Формулируются основные морфотипы кварталов и дается описание характеристик, определяющих тип квартала.

### **Ключевые слова**

*Киров, архитектурная идентичность, исторический центр, историческая застройка, регулярный план, морфотип кварталов.*

### **Дата поступления в редакцию**

02.07.2024

### **Дата принятия к печати**

07.07.2024

---

### **Введение**

Распространенной проблемой для городов России является утрата их идентичности. Рост и развитие городской ткани проходит неоднородно, новая застройка зачастую не учитывает предыдущий контекст, что приводит к включению диссонирующих объектов немасштабных сложившейся за определённый исторический период городской среде. При этом исторические здания и объекты не всегда охраняются местными органами власти и со временем приходят в ветхое состояние. Постепенная утрата исторических зданий разрушает целостность среды. Без решения проблем с сохранением исторической подлинности средовых характеристик может сформироваться ситуация, в которой её восстановление станет невозможным или нецелесообразным.

В статье Калошиной Л. Л., Богданец М. В., отмечается что негативный российский опыт можно увидеть в Тотьме, где торговая площадь утратила со временем градостроительное и социальное значение [1].

Город Киров — один из древнейших городов России. Находясь на реке Вятке, он выполнял роль одного из транспортных узлов между Москвой и Казанью. Архитектурный облик города складывался в XIX веке в период его развития по регулярному плану с формированием городской ткани по «образцовым» проектам [2]. В настоящее время актуальна проблема сохранения идентичности архитектурной среды исторического центра города.

Целью исследования является определение особенностей формирования жилой среды города Кирова и оценка степени сохранности исторических кварталов.

Границами исследования служит территория регулярного плана 1812 за авторством архитектора В. И. Гесте.

Объект исследования — историческая жилая архитектурно-пространственная среда города Кирова.

Предмет исследования — развитие архитектурно-пространственного решения исторической жилой среды города Кирова.

### Методология исследования

Установление ценностных характеристик исторической городской среды основывается на определении этапов ее развития, с выявлением одновременных архитектурно-пространственных структур, сложившихся в результате поэтапного формирования города. Анализ объектов историко-архитектурного наследия проводится в границах определённых морфологических зон, что помогает определить степень исторической целостности городской среды.

Оценивая территорию Кирова согласно классификации, изложенной в статье Л. Кожаевой «Морфотипы застройки — в теории и на практике», можно сказать, что город прошел этапы уплотнения и свехуплотнения существующей застройки [3]. Методология исследования связана с изучением ключевых качеств территории.

В изученных материалах, излагающих подходы к проведению морфотипизации городской среды [4–5], автор зачастую сам определяет качества морфотипов. В документе «Нормы и правила проектирования, планировки и застройки г. Москвы» понятию морфотип дается следующее определение. Морфотип — это эволюционно сложившийся тип застройки.

Морфотипы городской среды определяются категориями их описания. В своем исследовании М. С. Малахова и Е. А. Репина проводят морфотипизацию исторического центра Самары и выделяют несколько категорий: время постройки, характер организации пространства, расположение застройки в пространстве, усредненные параметры среды [6]. В статье Л. П. Лаврова, Е. Г. Молоткова и Ф. В. Перова выделяемые морфотипы неразрывно связаны со степенью «завершенности» кварталов исторического центра Санкт-Петербурга [7].

Также существуют примеры морфотипизации городской среды для крупных городов России, к которым относится Киров. В статье «Морфотипы кварталов исторического центра Иркутска в современный период» автор определяет категориями описания морфотипов геометрию их формы и социальные показатели территории [8]. В статье, посвященной выявлению типологии прибрежной территории города Томска, В. С. Шульгина также приходит к выводу об отсутствии универсальной классификации морфотипов и набору их идентификационных признаков. Проводя изучение прибрежной территории, автор выделяет критериями оценки доступность территории, изменчивость средообразующих факторов во времени, степень преобразования природного ландшафта и степень урбанизации территории [9].

Информация о городе Кирове и его архитектуре содержится в «Энциклопедии земли Вятской. Т. 5: Архитектура» за авторством А. Г. Тинского [10]. Научная работа А. М. Бурковой посвящена изучению архитектурно-планировочного формирования торговых зданий Вятки [11]. В работах и статьях, посвященных архитектурной и градостроительной деятельности на территории города Кирова [11–15], не проводилось морфотипического анализа архитектурной среды. Информация о современном градостроительном состоянии города Кирова доступна из публичных кадастровых карт, базы данных об объектах

культурного наследия и прочих градостроительных материалов, публично предоставляемых городской администрацией [16].

Архитектурная среда исторического центра города Кирова является крайне неоднородной по своим качествам. Проведение морфотипизации на основе морфологического зонирования исторической городской среды с определением и анализом её морфотипов поможет оценить основные современные характеристики архитектурно-пространственной среды.

Определение основных морфотипов исторических архитектурно-пространственных структур территории проводилось по следующим критериям: функциональное зонирование территории, степень урбанизации территории, наличие на территории исторической застройки и целостность исторической городской ткани кварталов.

На основе выявленных структур выделяются морфотипы исторических кварталов. Основными категориями описания морфотипа служат целостность исторической структуры квартала и наличие исторической застройки.

### **Основные морфологические зоны согласно этапам формирования исторического центра Кирова**

#### *1-Этап. Город 1784-1812 гг.*

В конце XVIII века начинается реализация регулярного плана города Вятки (Кирова). Осуществляется строгий архитектурный надзор за проектируемыми объектами. Для соблюдения единообразия фасадов вводится принудительное проектирование по «образцовым» проектам. Изначально использовалось восемь проектов фасадов жилых домов. Впоследствии были выпущены пять альбомов с проектами «образцовых» фасадов.

#### *2-Этап. Город в XIX веке*

Исторический центр города Кирова начинает активное развитие в начале XIX века. Утвержденный Екатериной II в 1784 году регулярный план застройки города дорабатывается архитектором В. И. Гесте. В 1812 году его утверждает Александр I. Строительство, происходившее в первой половине XIX века, строго следовало принципам типовой застройки кварталов, заложенных архитектором В. И. Гесте. Периметральная застройка кварталов характеризуется расположением зданий вдоль красных линий. В дворовой части квартала выделялось место для зелени и сада. Угловые участки квартала застраивались зданием с ориентацией парадного фасада на две стороны улицы. Всего на территории квартала предполагалось размещение от четырех до двадцати домовладений. В дальнейшем происходит отказ от использования типовых проектов. Широкое распространение получает «эkleктика», в частности «кирпичный» стиль. С переходом к новым стилям и стандартам строительства заканчивается развитие города по регулярному плану.

#### *3-Этап. Город в первой половине XX века*

Значительное влияние на структуру генерального плана оказало уничтожение храмовой архитектуры в 30-е годы XX века. Утрата градоформирующих площадей и храмов привела к нарушению изначально заложенных связей и реорганизации части территории регулярного плана. На протяжении XX века происходит свёрхуплотнение застройки исторического центра. Дальнейший рост города происходит за пределами регулярного плана 1812 года архитектора В. И. Гесте.

С течением времени и под влиянием внутренних и внешних факторов территория исторического центра города, ограниченная регулярным планом, развивается и застраивается различными объектами жилого и общественного назначения. Часть исторических объектов и территории вокруг становятся руинированными. Растет потребность в реализации неиспользуемых территорий. В настоящее время сформировалась проблема утраты исторической идентичности городской ткани центра города Кирова.

Для анализа и решения выявленной проблематики проведено укрупненное морфологическое зонирование и выделены три основные морфологические зоны, сложившиеся в результате их поэтапного формирования.

### Укрупнённое морфологическое зонирование

Территория исторического центра города преимущественно сохранила структуру регулярного плана В. И. Гесте. Несмотря на серьезные изменения планировки города, происходившие в первой половине XX века, среду центра города можно назвать исторически сложившейся.

В результате укрупненного морфологического зонирования были выявлены следующие территории (Рис. 1):

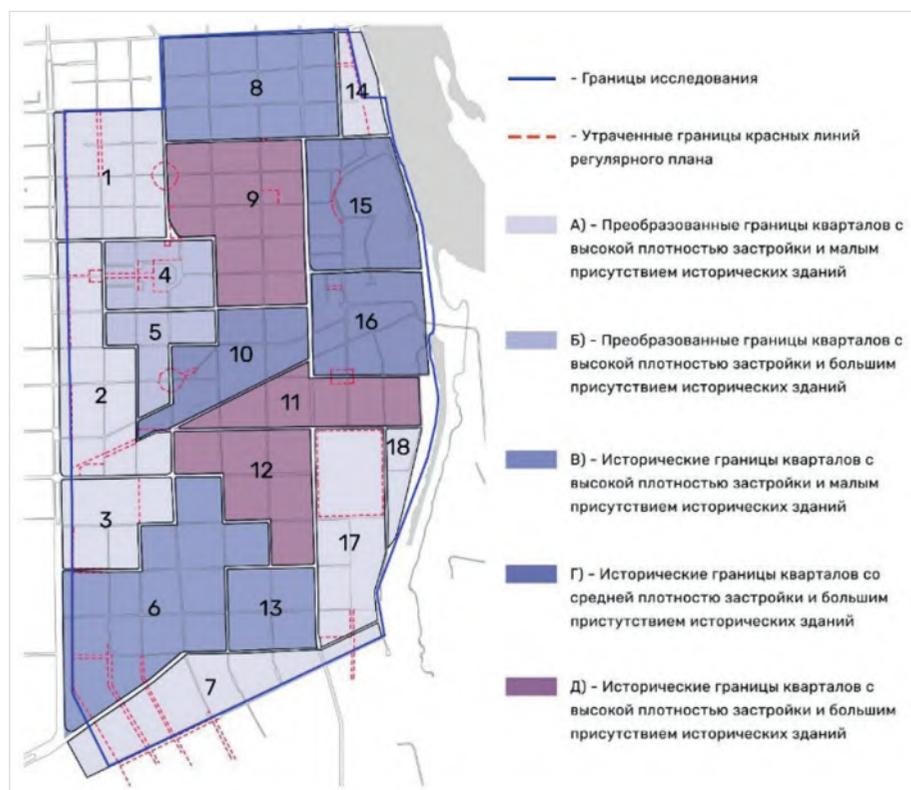


Рис. 1. Укрупненное морфологическое зонирование исторического центра г. Кирова

- **Морфологическая зона «А»**, сформированная в процессе развития города за пределами регулярного плана. В данной зоне кварталы, расположенные по его западной и южной границам, расширились за пределы своих изначальных красных линий. К ним относятся участки под номером 1, 2, 3, 7, 14, 17 и 18. Она характеризуется значительным изменением исторических границ кварталов и низким присутствием исторических объектов либо их полным отсутствием.

Застройка вдоль западной границы плана представлена многоэтажными секционными домами с общественными функциями. Застройка вдоль южной границы плана имеют производственную функцию. Городская среда на территории является сформированной.

- **Морфологическая зона «Б».** Районы, расположенные в непосредственной близости с центром. Участки 4 и 5 являются частью территории, откуда начиналась реализация плана 1784–1812 гг. Эта морфотипическая зона имеет значительное включение исторических зданий. Исторические границы кварталов — изменены. Исторически в этих кварталах располагались градоформирующие площади.
- **Морфологическая зона «В»**, отступающая от границ плана 1784–1812 гг, преимущественно совпадает с границами исторических красных линий. К данной зоне относятся участки 6, 8 и 13. В них практически полностью отсутствуют исторические здания. Застройка здесь представлена секционными многоэтажными домами второй половины XX века. Городская среда на территории является сформированной.
- **Морфологическая зона «Г»**, находящаяся вблизи оврагов и сложного ландшафта центральной и восточной части исследуемой территории. Отсюда берет свое начало реализация регулярной застройки, как из места расположения Кремля. Зона характеризуется высоким включением исторических зданий и средней плотностью застройки. К ней относятся участки 10, 15 и 16. Они сформированы среднеэтажной жилой архитектурой. Присутствуют участки с руинированной несформированной городской средой.
- **Морфологическая зона «Д»** с ровным ландшафтом расположена преимущественно в центральной части исследуемой территории. Характеризуется высоким включением исторических зданий и высокой плотностью застройки. К ней относятся участки 9, 11 и 12. Застройка на них представлена среднеэтажной жилой и общественной. Присутствуют кварталы, частично сформированные историческими зданиями. Городская среда на ней является сформированной.

### **Морфотипы кварталов**

Для более детального изучения среды исторического центра на основе выявленного укрупненного морфотипического зонирования необходимо провести детальный морфотипический анализ кварталов.

Анализ степени целостности исторической жилой среды проводится по морфотипам кварталов, определяемым следующими критериями: сохранность существующей сетки улиц по отношению к историческим красным линиям, включение исторических объектов в структуру квартала и плотность застройки квартала.

**Морфотип 1** — С высокой плотностью застройки, преобразованными границами и малым присутствием исторических зданий.

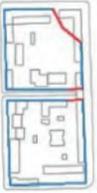
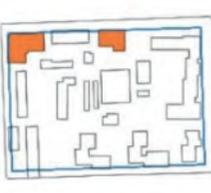
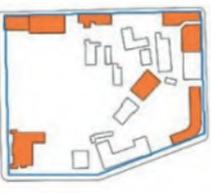
**Морфотип 2** — С высокой плотностью застройки, преобразованными границами и большим присутствием исторических зданий.

**Морфотип 3** — С высокой плотностью застройки, историческими границами и малым присутствием исторических зданий.

**Морфотип 4** — Со средней плотностью застройки, историческими границами и большим присутствием исторических зданий.

**Морфотип 5** — С высокой плотностью застройки, историческими границами и большим присутствием исторических зданий.

В таблице приведены графические материалы, иллюстрирующие обобщенные параметры морфотипов кварталов (Рис. 2).

Морфолог. зона	Морфотип квартала	Территориальные границы морфотипа	Спутниковый снимок участка	Степень целостности исторической жилой среды
А	М - 1	Ограничен улицей Карла Маркса с востока, улицей Преображенской с юга, улицей Карла Либнехта с запада и улицей Труда с севера. Улицы, формирующие его, преобразованы по отношению к красным линиям регулярного плана.		
Б, Г	М - 2	Ограничен улицей Володарского с востока, улицей Московской с юга, улицей Карла Маркса с запада и улицей Преображенской с севера. Улицы, формирующие его, преобразованы по отношению к красным линиям регулярного плана.		
А, В	М - 3	Ограничен улицей Володарского с востока, улицей МОПРа с юга, улицей Свободы с запада и улицей Розы Люксембург с севера. Улицы, формирующие его, совпадают с границами красных линий регулярного плана		
Г, Д	М - 4	Ограничен улицей Ленина с востока, улицей Герцена с юга, улицей Свободы с запада, и улицей Спасской с севера. Улицы, формирующие его, совпадают с границами красных линий регулярного плана.		
Г, Д	М - 5	Ограничен улицей Ленина с востока, улицей Московской с юга, улицей Свободы с запада и улицей Преображенской с севера. Улицы, формирующие его, совпадают с границами красных линий регулярного плана		

 - Исторические здания   
 - Исторические границы   
 - Преобразованные границы

Рис. 2. Морфотипы кварталов исторического центра г. Кирова (на примере выделенных кварталов)

### Выводы

1. На основе подробного анализа этапов развития исторического центра были выявлены три морфологические зоны в границах плана.
2. Установлено укрупнённое морфологическое зонирование на основе анализа этапов исторического формирования с выделением шести морфологических зон. Критериями определения морфологических зон выделены: функциональное зонирование территории, степень урбанизации территории, наличие на территории исторической застройки и целостность исторической городской ткани.

3. На основе выделенных идентификационных признаков определены пять морфотипов для детального анализа и выявления степени целостности исторической среды.
4. Определена степень целостности исторической жилой среды каждого их морфотипов. Кварталы, расположенные в центральной и восточной части регулярного плана 1784–1812 гг. имеют целостную и условно целостную историческую среду. Кварталы, расположенные по южной, западной и северной границам регулярного плана 1784–1812 гг., частично утратили историческую среду.
5. Детализированы характеристики выделенного морфотипа квартала. Дано дельное описание архитектурной среды на территории квартала.

### **Библиографический список**

1. Л. Л. Калошина, М. В. Богданец. Проблемы регенерации ансамбля Торговой площади в городе Тотьме. // Системные технологии. — 2023. — № 2 (47). — С. 194–204.
2. Тинский А. Г. Планировка и застройка города Вятки в XVII–XIX веках // Кировский политехнический институт. — 1976. — С. 228.
3. Кожаева Л. Морфотипы застройки — в теории и на практике // Архитектурный вестник. 2011. №2. С. 51–55.
4. Большаков А. Г. Оценка морфотипов застройки как отражения интересов и ценностей городского сообщества и их баланс как принцип градостроительной регенерации исторического центра // iPolytech Journal. — 2012. — № 9 (68). — С. 89–97.
5. Петунина Т. Ю., Шипицына О. А. Введение в архитектурную морфологию открытых городских пространств // Архитектон: известия вузов. — 2015. — № 2. — С. 7–7.
6. Малахов С. А., Репина Е. А. Стратегия бесконфликтной реконструкции исторической среды на примере города Самары // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015 № 5 (180). С. 169–174.
7. Лавров Л. П., Молоткова Е. Г., Перов Ф. В. Морфотипы кварталов исторического центра Санкт-Петербурга // Academia. Архитектура и строительство. — 2019. — № 4. — С. 52–59.
8. Беломестных С. С. Морфотипы кварталов исторического центра Иркутска в современный период // iPolytech Journal. — 2013. — № 10 (81). — С. 149–153.
9. Шульгина В. С. Архитектурно-пространственная структура прибрежной территории города Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2019. — Т. 21. — № 5. — С. 74–84.
10. Любовников О. М. и др. Энциклопедия земли Вятской // Областная писательская организация Администрация Кировской области. — 1996. — Том 5. — С. 13–276.
11. Буркова А. М. Архитектурно-планировочное формирование торговых зданий, улиц и площадей Вятки конца XVIII–начала XX вв : дис. — Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т, 2013.
12. Петрова И. А., Юхнева Н. А. Проблемы обеспеченности торговыми площадями города Кирова // проблемы научно-практической деятельности. Поиск и выбор. — 2020. — с. 145.
13. Бедная М. Д. История и современное состояние парка имени С. М. Кирова в городе Киров // Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины. — 2020. — С. 185–189.

14. Крысова Е. С. Архитектурно-дизайнерский потенциал оврага «засора» в историческом центре города Кирова // Modern science. — 2019. — № 12-4. — с. 15 – 20.

15. Брызгалова К. В. Архитектурно-планировочное формирование усадьбы С. А. Сунцова в г. Вятке // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018). — 2018. — С. 141 – 148.

16. Градостроительство // Муниципальное образование «Город Киров». Официальный сайт URL: <https://киров.рф/горожанам/градостроительство/>

---

## FORMATION OF THE HISTORICAL CENTER OF THE CITY OF KIROV

F. S. Zianchurin

O. V. Kefala

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

---

### Abstract

For large Russian cities that developed according to a regular plan, the problem of distortion of architectural identity is characteristic. The natural development of the city leads to the loss of historical sites that formed the center and the destruction of the historical integrity of the urban environment. This problem is also typical for the city of Kirov. The article analyzes its historical center by morphotyping the quarters. The architectural and spatial structures of the city are revealed by means of enlarged morphotypic zoning. The main morphotypes of quarters are formulated and a description of the characteristics defining the type of quarter is given.

### The Keywords

*Kirov, architectural identity, historical center, historical buildings, regular plan, morphotype of quarters.*

### Date of receipt in edition

02.07.2024

### Date of acceptance for printing

07.07.2024

---

### Ссылка для цитирования:

Ф. С. Зянчурин, О. В. Кефала. Формирование исторического центра города Кирова. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 154 – 161.



УДК 72.023

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_162-170

---

## АРХИТЕКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ДИЗАЙНА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

**О. А. Пастух**  
**В. Н. Елистратов**  
**И. В. Есауленко**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

---

### Аннотация

В статье анализируются традиционные конструктивные решения и рассматриваются потенциал внедрения современных форм, конструкций и материалов для устойчивого развития и средового дизайна городских пространств с учетом классификации базовых моделей когнитивной урбанистики. Большое внимание уделяется внедрению новых материалов и технологий при реновации территорий промышленного наследия исторического центра, прибрежных зон крупных портовых городов, а также формированию новых объектов туристической и рекреационной инфраструктуры городских пространств в контексте устойчивого развития территорий и когнитивной урбанистики. В статье приводится обзор существующих архитектурно-конструктивных решений для возведения малых архитектурных объектов сферической формы различного назначения. Обоснованы конструктивно-инженерные решения и применение различных строительных материалов при возведении зданий сферической формы в зависимости от климатических особенностей региона строительства и действующих нормативов.

### Ключевые слова

*Современные и традиционные конструктивные решения малых архитектурных форм, дизайн среды, устойчивое развитие.*

### Дата поступления в редакцию

03.07.2024

### Дата принятия к печати

10.07.2024

---

Статья публикуется по результатам проведения научно-исследовательской работы, проводимой в рамках конкурса грантов на выполнение научно-исследовательских работ научно-педагогическими работниками СПбГАСУ<sup>1</sup> в 2023 году.

### Введение

Архитектурно-конструктивные аспекты формирования городской среды должны рассматриваться в контексте комплексного взаимодействия градостроительства, средового и предметного дизайна, устойчивого строительства и когнитивной урбанистики.

---

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

В крупных городских агломерациях устойчивое строительство и дизайн городской среды находится в стадии интенсивного развития под воздействием возрастающего темпа роста самих городов и глобальной цифровизации. Происходит постоянная борьба в буквальном смысле за «место под солнцем»: наиболее привлекательные территории для рекреационного использования, задействованные в дизайнерском формировании архитектурной среды, вызывают наибольший интерес у застройщиков и инвесторов [1], [2].

Концепция устойчивого развития городской среды, направленная на повышение уровня комфорта и доступности ее обитателей, получила название «новый урбанизм». К важнейшим качественным характеристикам, влияющим на результат комплексного подхода в данной области, относятся: психологический комфорт, социальная интеграция и культурная идентификация. Этой областью занимаются когнитивные науки, которые изучают познание посредством чувств, впечатлений, памяти, образов [3].

«Качество городской среды напрямую зависит от структурного деления территории на средовые комплексы. При этом когнитивные модели средовых пространств видоизменяются в зависимости от социальных групп общества и делятся на городские микропространства, мезопространства и макропространства» [4].

Особую роль в создании современных, эстетически привлекательных архитектурных малых форм играет внедрения современных конструктивных решений и материалов, применение аддитивных технологий для реализации концепции устойчивого развития и дизайна городской среды на различных когнитивных уровнях [5].

### Материалы и Методы

В ходе данного исследования были изучены проектные материалы, конструктивные особенности и дизайнерские решения реализованных объектов городской среды, так называемые малые архитектурные формы. Изучение средовых комплексов влияет на выбор форм, материалов, конструкций, процессов функционирования различных моделей городской среды [6]. Сегодня в качестве альтернативы традиционным материалам таких как дерево, металл, железобетон и натуральный камень при создании малых архитектурных форм широкое распространение получают новые строительные материалы: полимеры, архитектурный бетон, фибростекло и др. Современные конструкционные материалы и строительные конструкции позволяют решить необходимые функциональные задачи при создании комфортных условий для реализации архитектурно-когнитивных моделей городской среды различного уровня [7].

Применение современного подхода и комплексного ТИМ проектирования позволяет закладывать в модель такие алгоритмы и свойства, которые легко адаптируются под любые внешние условия, включая изменение функционального назначения с различными вариантами консолидации пространства между малыми архитектурными формами в городской среде.

Психология восприятия формы в совокупности с современными конструктивными решениями способствует формированию позитивного отношения к городской среде с учетом идентичности территории, обособленности личного пространства и уникального образа отдельных когнитивных моделей городской среды в условиях глобальной цифровизации всех сфер общества [8].

### Результаты

На сегодняшний день существуют традиционные конструктивные решения для пространственного оформления спортивно-рекреационных городских пространств и архитектурные решения городской среды в современных конструкциях и материалах.

К традиционным конструктивным решениям малых архитектурных форм можно отнести следующие примеры.

1) Объект капитального строительства «Беседка» (рисунок 1) представляет собой сооружение, имеющее в плане правильный шестиугольник с размерами в осях 7,20 м. Высота беседки от уровня земли до конькового узла составляет 6,35 м. Несущая конструктивная система беседки — колонная, состоящая из фундамента (фундаментная плита), опирающихся на нее колонн, расположенных в углах шестиугольника и горизонтального монолитного опорного контура, объединяющего колонны в единую пространственную систему. Опирание металлической стропильной системы происходит непосредственно на опорный контур. В качестве ограждающей конструкции используется железобетонная стена. Класс бетона — В25. Толщина фундаментной плиты — 300 мм. Поперечное сечение колонн имеет сложную шестиугольную форму и продиктовано архитектурными требованиями. Опорный контур запроектирован железобетонным с поперечным сечением 400×400 мм.

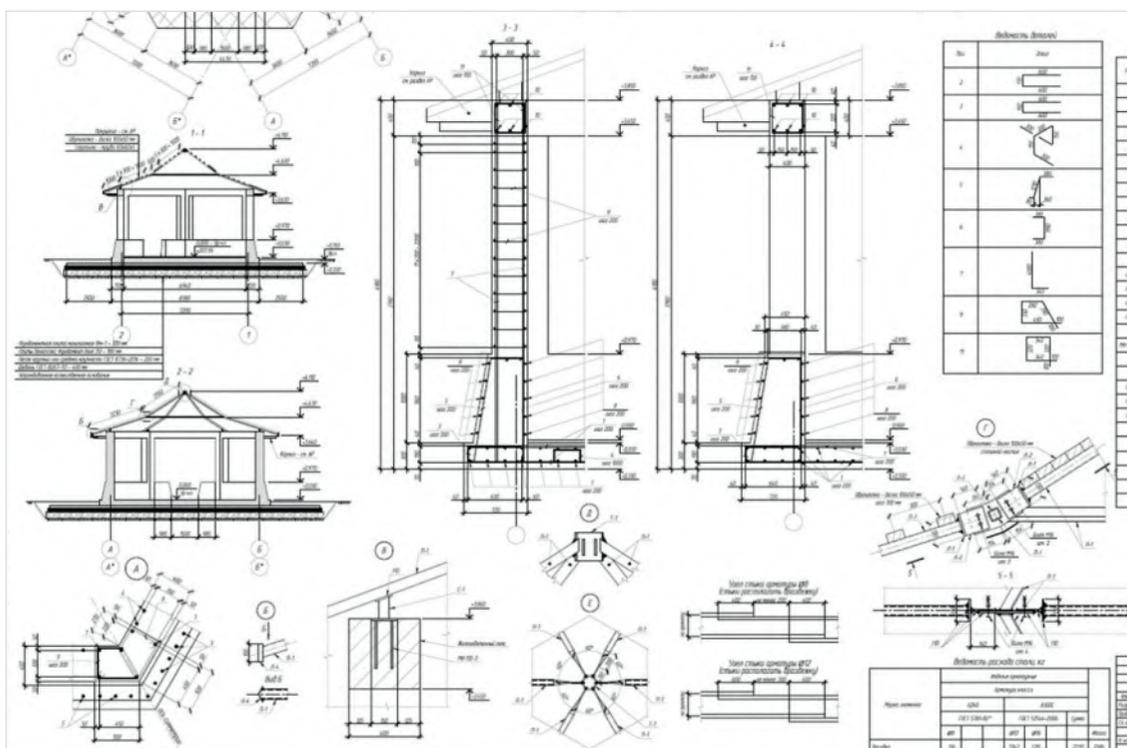


Рис. 1. Объект «Беседка». Автор чертежей В. Н. Елистратов

2) Объект капитального строительства «Полевой класс» расположены на площадке рядом с тренировочной зоной. Посадка объекта на земельном участке продиктована удобством построения учебного процесса, предназначенного для обучения спасателей по программам первоначальной и профессиональной подготовки, а также для повышения квалификации и профессиональной переподготовки. Объект «Полевой класс» представляет собой одноэтажное сооружение прямоугольное в плане с размерами в осях 10,0×6,0 м. Высота полевого класса от уровня земли до конька составляет 4,55 м. Конструктивная схема сооружения — каркасная. Пространственный каркас запроектирован из профилей стальных гнутых замкнутых сварных по ГОСТ 30245-2003. Вертикальными несущими элементами каркаса являются стальные стойки размерами 100×100×4 мм. Конструкция покрытия представляет собой висячую стропильную систему с уклоном крыши 20°.

3) К современным, прогрессивным конструктивным решениям малых архитектурных форм можно отнести сетчатые оболочки, служащих несущим остовом сферического сооружения, которое является, например, облегченной конструкцией антенны и носит многоплановый характер, обусловленный автоматизацией сложных расчетов и интеллектуальных производственных систем [2]. Геодезический купол — архитектурное сооружение в форме сферы, образованное соединением стержней в треугольнички по сотовому принципу. Исследования и воплощения данной формы в современных полимерных материалах актуальны на сегодняшний день, не смотря на то, что принцип построения каркаса купольного вида был разработан американским архитектором Ричардом Фуллером на основе геометрической формы Земли еще в 1950-х годах (рисунок 2) [9].

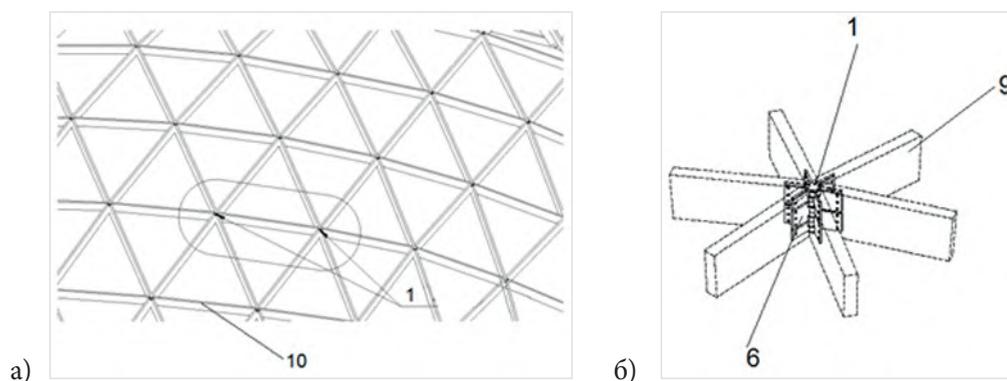


Рис. 2. Элемент соединения стержнеобразных деталей для геодезических куполов и других пространственных сооружений; а — узле сопряжения ребер с помощью врезных стальных пластин; б — укрупненный вид стыковочного узла. 1 — элемент соединения стержнеобразных деталей для геодезических куполов и других пространственных сооружений; 6 — плоские элементы; 9 — несущий стержень; 10 — пространственная конструкция купола.

Технологическая последовательность строительства зданий на примере зданий купольного вида такова, что на основе выбранной архитектурной концепции выполняется 3D-модель несущей конструкции с предварительными данными о количестве элементов, узлов и площадей нагрузок, подобранных с применением программ для расчета геодезических куполов. По утвержденному техническому заданию заказчика выполняется расчет каркаса конструкций в виде стержневых элементов используя расчетную программу, применив варианты сочетания снеговых (ветровых) нагрузок. Приведенные к узлам нагрузки с поверхности оболочки, с учетом собственного веса всех несущих элементов и возможной технологической нагрузки используем для расчета, с целью получения усилий в элементах, выбирая наиболее неблагоприятные сочетания. Исходя из полученных данных и имея предварительные сечения несущих элементов принимаем вариант узла с коннектором определенного типа. Полученный ряд необходимых типов коннекторов маркируется, согласно своему штатному положению. Комплектация узлов производится согласно технологическим картам [9]. На месте монтажа производится сборка узла. Отдельные несущие элементы полной заводской готовности поступают на стройплощадку промаркированными и без всякой дополнительной обработки соединяются в определенной последовательности, создавая несущий каркас запроектированного здания (сооружения) [10]. Поскольку отдельные несущие элементы по весу и габаритным размерам имеют незначительные параметры, то строительные-монтажные работы возможно выполнять на месте строительства, не применяя тяжелые грузоподъемные машины и механизмы, собственно говоря, «вручную». То же самое касается и разборки несущего каркаса при утилизации

или переносе на другое место. Данная технология сборки (разборки) позволяет значительно ускорить производство строительно-монтажных работ в любых климатических условиях.[11]

### Обсуждение

В настоящее время конструктивные решения в виде геодезических куполов набирают популярность благодаря определенным преимуществам сферической формы, а также современным технологиям и новым конструкционным материалам, позволяющим существенно расширить сферу применения и архитектурные решения объектов жилой среды. Сферическая архитектурная форма используется человеком с доисторических времен и, несмотря на преимущества прямоугольной формы, заключающиеся в простоте расчетов и планирования, реализуется не только в жилищном или общественном строительстве, но и активно применяется в виде малых форм, временных павильонов, мобильных конструкций в дизайнерских решениях городской среды [12], [13]. Форма геодезического купола служит удачным архитектурно-конструктивным решением для павильонов временных выставок, ярмарок достижений народного хозяйства и т. д., которые благодаря мобильным легким купольным конструкциям, в виде сборно-разборной конструкции из алюминиевого каркаса и тентовой оболочки, удачно вписываются как в историческую сложившуюся городскую среду, так и при создании новых туристических маршрутов и рекреационных пространств парковых природных заповедников в условиях Арктической зоны Российской Федерации (рисунки 3).



a)



б)



в)

*Рис. 3.* Примеры внедрения мобильных сборных конструкций в виде геодезических куполов в городскую среду: **а** — временный павильон, установленный на территории Петропавловской крепости в период проведения Арктического салона в Санкт-Петербурге, **б** — павильон-кафе на территории Планетария № 1, г. Санкт-Петербург; **в** — временный выставочный павильон в форме геодезического купола в национальном горном парке Рускеала, Карелия. АЗ РФ, 2022 – 2023 г. Автор фото О. А. Пастух

## Выводы

Благодаря членению общественных пространств на средовые комплексы происходит поиск оптимального формирования зон, которые будут направлены на определенные группы населения в зависимости от интересов и их потребностей. Прорабатывается концепция наполнения благоустраиваемой территории малыми архитектурными формами с оптимальными конструктивными решениями и материалами. Особое внимание необходимо обратить на малые архитектурные формы, обладающие коммуникационной функцией, так как именно они обеспечивают возможности досуга у разных возрастных групп. Выразительность данных объектов обеспечивается выбором гармонично вписанного в окружение архитектурного формообразования, реализация которого возможна благодаря современным конструктивным решениям и материалам. Таким образом внедрение современных технологий, обилие широкого спектра полимерных и композитных материалов позволяет внедрять в архитектурно-пространственную среду уникальные по формам и видам объекты, которые создают неповторимые черты и атмосферу определенных локаций и обеспечивает устойчивое развитие городской среды.

На основе изученного материала был сделан вывод о потенциальной перспективности развития и популяризации внедрения в создание комфортной городской среды на всех когнитивных уровнях объектов и нестандартных конструктивно-архитектурных решений малых форм, выполненных в современных материалах и с помощью современного оборудования, которые в свою очередь способны оказать прямое влияние на формообразование.

## Библиографический список

1. Application of engineering composites for elements of architectural and construction structures operated in Arctic zone / D. A. Zhivotov, O. A. Pastukh, A. Panin, L. Yablonskii / Book "Contemporary Problems of Architecture and Construction". Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, November 25 – 26, 2020, Saint Petersburg, Russia, pp. 5, 2021, March, CRC Press, London. DOI: org/10.1201/9781003176428.
2. Porta-Gándara M. A., Gómez-Muñoz V. Solar performance of an electrochromic geodesic dome roof Energy, Vol. 30, 2005, P. 2474 – 2486, DOI: 10.1016/j.energy.2004.12.001.
3. О. А. Пастух Дизайнерский подход при формировании когнитивных моделей архитектурной среды / Пастух О. А./ *Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды: материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции [04–05 апреля 2022 года]; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. — Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. — С. 85 – 90.*
4. Крашенинников А. В. Когнитивная урбанистика: архетипы и прототипы городской среды : [монография] / А.В. Крашенинников; Курс. — Москва: Курс, 2020. — 209 с.: ил.
5. Пастух, О. А. Эволюция архитектурно-планировочного формирования крупных портовых городов Арктического региона / О. А. Пастух // Системные технологии. — 2023. — № 1 (46). — С. 187–191. — DOI 10.55287/22275398\_2023\_1\_187.
6. О. А. Pastukh Современные материалы и конструкции, используемые в жилищном строительстве: международный опыт / О. А. Pastukh, Mähner Dietmar, A. N. Panin, V. N. Elistratov / Architecture and Engineering, Vol. 7, Issue 3, Pp. 53 – 66 (2022).
7. Пастух О. А. Урбоэкологические аспекты трансформации архитектурной среды в современных условиях глобальной цифровизации // В сборнике: Актуальные вопросы архитектуры и строи-

тельства. Материалы XV Международной научно-технической конференции. Новосибирск, 2022. С. 126–130.

8. Елистратов В. Н., Пастух О. А. Разработка и внедрение энергоэффективных решений в условиях глобальной цифровизации городской среды / В сборнике: Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве. материалы V Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2022

9. Черных А. Г., Рыбнов Е. И., Сенькин Н. А., Шмидт А. Б., Гордиенко В. Е., Астахов И. В., Михаськин В. В., Данилов Е. В., Коваль П. С., Корольков Д. И., Казакевич Т. Н., Клеван В. И., Нижегородцев Д. В., Москалев М. Б., Чан К. Ф., Мамедов Ш. М. Исследование работы металлических и деревянных конструкций и оценка срока их службы с учетом условий эксплуатации, Санкт-Петербург, 2022.

10. Черных А. Г., Корольков Д. И., Данилов Е. В., Казакевич Т. Н., Коваль П. С. Оценка остаточного ресурса деревянных конструкций по величине физического износа, Жилищное строительство. 2022. № 4. С. 66–72.

11. The use of modern polymer materials and wood in the construction of buildings in the form of geodesic domes / Pastukh O. A., Zhivotov D. A, Vaytens, A. G., Yablonskii L. L. / ES3 Web of Conferences, Vol. 274 (2021), 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE—2021), Kazan, Russia, April 21-28, 2021, E. Vdovin (Ed.), DOI: 10.1051/ mateconf/ 201819304012, DOI: 10.1051/e3sconf/202127401024.

12. Transformation and development of coastal industrial zones with using large-span construction structures. European experience of 1990–2000-s / Olga Pastukh / Book “Contemporary Problems of Architecture and Construction” Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, November 25–26, 2020, Saint Petersburg, Russia, pp. 4, 2021, March, CRC Press, London. DOI: org/10.1201/9781003176428.

13. Данилова, С. Б. Принципы модернизации среды населенных пунктов при реализации нацпроекта «Жилье и городская среда» / С. Б. Данилова // Перспективы науки. — 2022. — № 3(150). — С. 227–230.

---

## ARCHITECTURAL ASPECTS AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS FOR THE FORMATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN ENVIRONMENT DESIGN

O. A. Pastukh  
V. N. Elistratov  
I. V. Esaulenko

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

---

### Abstract

For large Russian cities that developed according to a regular plan, the problem of distortion of architectural identity is characteristic. The natural development of the city leads to the loss of historical sites that formed the center and the destruction of the historical integrity of the

### The Keywords

Engineering and construction solutions of small architectural forms, environmental design, sustainable development.

urban environment. This problem is also typical for the city of Kirov. The article analyzes its historical center by morphotyping the quarters. The architectural and spatial structures of the city are revealed by means of enlarged morphotypic zoning. The main morphotypes of quarters are formulated and a description of the characteristics defining the type of quarter is given.

**Date of receipt in edition**

03.07.2024

**Date of acceptance for printing**

10.07.2024

**Ссылка для цитирования:**

*О. А. Пастух, В. Н. Елистратов, И. В. Есауленко. Архитектурные аспекты и конструктивные решения формирования и устойчивого развития дизайна городской среды. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 162–170.*





УДК 519.86

doi: 10.48612/dnitii/2024\_51\_171-184

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ИНВЕСТОРА

Д. А. Власов <sup>\*</sup>/<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, г. Москва

<sup>\*\*</sup> Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва

### Аннотация

В рамках данной статьи раскрыты современные математические методы анализа финансовых инструментов, используемые для конструирования активных стратегий инвестора. Переход инвестора к выбору активных стратегий способствует более полному учёту его индивидуальных предпочтения в условиях нелинейной динамики финансовых рынков. Математические методы конструирования активных стратегий инвестора позволяют своевременно реагировать на изменения финансового рынка и конструировать оптимальные портфели финансовых инструментов. Расширение используемых классических методов оптимизации методами теории игр позволило учесть фактор взаимодействия игроков — участников финансовых рынков. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью повышения качества финансовых решений, принимаемых в условиях повышенной волатильности финансовых рынков и изменений предпочтений инвестора. Построенное

исходное множество финансовых инструментов состоит из пятидесяти элементов, каждый из которых представляет собой альтернативный вариант инвестирования. Анализ исходного множества финансовых инструментов на основе математического метода свертки критериев позволил сузить его до десяти стратегий, наиболее предпочтительных для инвестирования. Классическая модель портфеля Марковица в виде задачи нелинейной оптимизации, предполагающая максимизацию ожидаемой доходности портфеля при заданном уровне риска, дополнена ограничениями, позволяющими учесть индивидуальные предпочтения инвестора. Представленные шесть модификаций портфелей Марковица позволяют выявить чувствительность количественных характеристик портфелей от индивидуальных предпочтений инвестора. Исследование игровой модели выполнено на основе синтетического критерия Ходжа-Лемана относительно доходности и риска. Его использование позволило учесть индивидуальный уровень доверия инвестора к имеющейся финансовой информации. В процессе практической реализации указанных математических методов получены результаты, позволяющие сделать вывод о степени чувствительности активных стратегий инвестора к индивидуальным предпочтениям инвесторов. Математические методы конструирования активных стратегий инвестора при условии их методической адаптации могут быть использованы для совершенствования профессиональной подготовки магистров в системе высшей экономической школы, а также постановки курсов дополнительного профессионального образования в области математических методов в финансах.

### Ключевые слова

*Математическое моделирование; портфельная теория; теория игр; критерий Ходжа-Лемана; портфель Марковица; индивидуальные предпочтения инвестора; оптимальное решение; активная стратегия.*

**Дата поступления в редакцию**  
18.04.2024

**Дата принятия к печати**  
25.04.2024

## Введение

Конструирование активных стратегий инвестирования, представляющее процесс количественного обоснования полноценной стратегии инвестора, отличной от пассивного инвестирования, от стратегии «*Buy and hold*», индексного и других вариантов инвестирования особо востребовано в современных условиях повышенной волатильности финансовых рынков. Рост неопределенности и актуализация рисков различной природы, угрожающих финансовой стабильности, объясняют актуальность проблемы *повышения качества принимаемых инвестиционных решений*. Математические приёмы и методы составляют инструментальную основу конструирования стратегий активного инвестирования. К таким приёмам и методам относятся как классические методы оптимизации, анализа данных, так и новые теоретико-игровые методы принятия оптимальных решений, получившие развитие в конце XX века.

Решение указанной проблемы лежит в плоскости совершенствования подходов к управлению собственным или заёмным капиталом, усиления роли инвестора в жизни собственного портфеля финансовых инструментов для достижения поставленных целей инвестирования. Конструирование активных стратегий инвестирования предполагает осознанное и целесообразное применение математических методов, традиционно разрабатываемых в рамках теории игр и теории принятия решений [1, 2], теории риска и теории полезностей [3, 4], а также финансовой математики и портфельной теории [5, 6]. Понимание специфики целесообразного использования математических методов конструирования активных стратегий инвестирования требует от инвестора навыков их осознанного применения, а также уточнения целей, которые ставят инвесторы в процессе своей профессиональной деятельности. Заметим, что под целями инвестирования принято понимать конечный результат, который требуется получить от вложения денежных средств.

Эффективность активной стратегии инвестирования определяется действиями, приемами и методами, применяя которые планируется получение конечного финансового результата. Наличие детально продуманной и научно-обоснованной активной стратегии инвестирования способствует обретению финансовой стабильности и повышает эффективность использования имеющихся денежных средств. Потребность в формализации целей инвестирования приводит к выделению двух основных критериев, используемых для сравнения как финансовых инструментов, так и портфелей, из них составленных: первым и позитивным критерием выступает доходность, вторым и негативным критерием выступает риск. Указанные классические критерии в процессе анализа финансовых инструментов могут быть дополнены другими критериями, например критерием ликвидности [7].

Различные аспекты применения математических приёмов и методов в практике принятия инвестиционных решений неоднократно были в центре внимания исследователей. Так, в публикациях [8, 9] представлены наиболее актуальные вопросы конструирования и управления портфелем финансовых инструментов на основе современных количественных методов. В статьях [10, 11] акцентируется внимание на особенностях работы с цифровыми активами, доля которых на рынке финансовых инструментов, возрастает. В статье [12] раскрыт потенциал опционного подхода, используемого для оценки инвестиций, который может быть распространён и на инвестиции в финансовые инструменты. Под активной стратегией размещения денежных средств принято понимать стратегию, в рамках которой инвестор активно вмешивается в свой ранее созданный портфель финансовых инструментов. В частности, активная стратегия инвестирования предполагает совершение различных финансовых операций: изменение ценовых долей финансовых инструментов при сохранении их количества, включение новых финансовых инструментов и исключение финансовых инструментов их портфеля, в которых ранее были размещены денежные средства. С методической точки зрения интерес в контексте темы исследования представляют публикации [13, 14], содержащие рекомендации по совершенствованию развития профессиональных компетенций, связанных с принятием оптимальных финансовых решений.

Анализ сложившейся практики моделирования финансовых ситуаций свидетельствует о том, что положения классической портфельной теории, разработанной Марковицем, часто не соответствуют реальной финансовой действительности, оказывающейся сложнее и многоаспектнее разработанных классических математических моделей. Так, например, не все инвесторы, реализующие активные стратегии инвестирования на финансовых рынках характеризуются крайним рациональным поведением [15]. Современные условия требуют адаптации классической портфельной теории и рассмотрения альтернативных математических методов анализа финансовых инструментов. Ранее в работах автора предложена методика комплексного использования количественных методов и в финансовой сфере [16], рассмотрены игровые модели начального уровня и математические методы их анализа [17]. В данной статье будут представлены варианты модификаций портфеля, полученного на основе математической модели в виде задачи нелинейного программирования, базовой в теории Марковица, путём учёта индивидуальных предпочтений инвестора для конструирования активных инвестиционных стратегий. Кроме того, будет представлена игровая модель, направленная на анализ стратегии инвестирования с учётом динамики финансового рынка в целом и уровня доверия инвестора, придерживающегося активной инвестиционной стратегии, к имеющейся финансовой информации.

#### Математические методы анализа финансовых инструментов

Остановимся на математических основах анализа финансовых инструментов, востребованных при конструировании стратегий инвестирования. Задача определения оптимального портфеля финансовых инструментов (портфеля Марковица) с математической точки зрения представляет собой задачу нелинейного программирования (с линейной целевой функцией (1) и нелинейной системой ограничений (2) относительно тех же переменных).

$$\mu(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\begin{cases} \sum_{i,j} x_i x_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \leq \sigma_0^2 \\ \sum_{i=1}^n \mu_i x_i = 1; \\ x_i \geq 0, \end{cases} \quad (2)$$

где

$x_i$  — ценовая доля финансового инструмента  $A_i$ ;

$\rho_{ij}$  — коэффициент корреляции доходностей финансовых инструментов  $A_i$  и  $A_j$ ;

$\sigma_i$  — среднее квадратичное отклонение доходности финансового инструмента  $A_i$ ;

$\sigma_0$  — уровень риска, предпочтительный для инвестора;

$\mu_i$  — ожидаемая доходность финансового инструмента  $A_i$ ;

$n$  — количество финансовых инструментов, используемых для нахождения портфеля Марковица.

Решением задачи (1), (2) является оптимальный портфель финансовых инструментов, ценовые доли которого удовлетворяют системе ограничений (2) и доставляют максимум целевой функции (1). Для нахождения оптимальных портфелей могут быть использованы различные методы, в частности метод обобщенного приведенного градиента [18]. Однако портфели, построенные на основе описанного выше

подхода, могут быть использованы исключительно для конструирования пассивных инвестиционных стратегий.

В качестве математического метода анализа стратегий размещения денежных средств в финансовых инструментах может выступать синтетический критерий Ходжа–Лемана [19]. Использование указанного критерия позволяет сгладить слабые стороны критерия Вальда и критерия Байеса, традиционно используемых для определения оптимальных стратегий в игровых моделях. Привлечение критерия Ходжа–Лемана для конструирования активных инвестиционных стратегий позволяет учесть индивидуальные представления инвесторов, которые, как и финансовый рынок, подвержены изменениям. С этой целью до определения оптимального финансового инструмента для размещения денежных средств требуется введение параметра  $\lambda$ , определяющего *степень достоверности информации* о распределении вероятностей состояний природы  $p^0 = (p_1^0, p_2^0, \dots, p_n^0)$ . Возможные значения этого параметра соответствуют следующему условию:  $0 \leq \alpha \leq 1$ . Увеличение значения параметра  $\alpha$  сопровождается ростом степени достоверности информации по мнению инвестора

Если степень достоверности информации, имеющейся в распоряжении инвестора, по его мнению, велика, в оценке эффективности альтернативных стратегий инвестирования доминирует оценка, вычисляемая на основе *критерия Байеса*, в противном случае доминирует оценка эффективности, вычисляемая на основе *критерия Вальда*. Использование параметра доверия  $\alpha$  в данном критерии позволяет анализировать ситуацию принятия инвестиционных решений более тонко с *позиции доверия ЛПР к имеющейся информации* и конструировать активную стратегию инвестирования, однако требует привлечения дополнительной информации. Кроме того, уровень доверия инвестора к имеющейся информации часто является субъективным фактором, который влияет на оптимальность принимаемых инвестиционных решений.

Показатель эффективности альтернатив инвестиционных стратегий определен формулой

$$HL_A(i) = \alpha B_{A, p^0}(i) + (1 - \alpha)W(i), \quad i = 1, \dots, m. \quad (3)$$

С учетом оценок показателей эффективности по критерию Байеса и критерию Вальда, получаем, что

$$HL_A(i) = \alpha \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j^0 + (1 - \alpha) \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (4)$$

Вне зависимости от используемых значений параметра доверия имеет место двойное неравенство

$$W(i) \leq HL_A(i) \leq B_A(i), \quad i = 1, \dots, m. \quad (5)$$

Оптимальной по критерию Ходжа–Лемана относительно матрицы доходностей от инвестирования является стратегия, максимизирующая значение показателя эффективности:

$$HL_A = \max_{1 \leq i \leq m} HL_A(i) = \max_{1 \leq i \leq m} \left\{ \alpha \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j^0 + (1 - \alpha) \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij} \right\}. \quad (6)$$

Однако применение критерия Ходжа–Лемана возможно не всегда. К условиям его применения относится наличие у инвестора информации о вероятностях состояний природы. Заметим, что как правило эта информация не окончательна или в основе этой информации незначительное число наблюдений. Для обоснованного применения критерия Ходжа–Лемана необходимо наличие бесконечного процесса выбора оптимальной инвестиционной стратегии, а малое количество реализации процесса выбора оптимальной инвестиционной стратегии приводит к некоторому риску, вызванному отклонением ожидаемых значений доходности от реальных.

Ранее рассмотрен критерий Ходжа – Лемана относительно матрицы доходностей от инвестирования. Критерий Ходжа – Лемана относительно матрицы рисков основан на одновременном применении критерия Байеса и критерия Сэвиджа. Показателем неэффективности стратегий игрока по критерию Ходжа – Лемана относительно матрицы рисков выступает величина, определяемая следующим образом

$$HL_R(i) = \alpha B_{R, p^0}(i) + (1 - \alpha) S(i), \quad i = 1, \dots, m. \quad (7)$$

Соотношения, традиционно используемые для расчета показателей неэффективности стратегий по критерию Байеса (относительно матрицы рисков) и критерию Сэвиджа, приводят к формуле

$$HL_R = \min_i HL_R(i) = \min_i \left\{ \alpha \sum_{j=1}^n r_{ij} p_j^0 + (1 - \alpha) \max_{1 \leq j \leq n} r_{ij} \right\}. \quad (8)$$

На уровне конструирования активных стратегий инвестирования в данной статье будет показано, что критерии оптимальности стратегий Ходжа – Лемана относительно матрицы доходностей от размещения денежных средств в финансовых инструментах и матрицы рисков не приводят к одной и той же оптимальной инвестиционной стратегии. Другими словами, эти критерии не эквивалентны.

#### Реализация конструирования активных стратегий инвестора на основе математических методов портфельной теории Марковица

Первым этапом реализации анализа финансовых инструментов на основе классической портфельной теории Марковица является количественная оценка ожидаемых доходностей и рисков финансовых инструментов, отобранных для конструирования портфеля. Основные результаты оценки ожидаемых доходностей и рисков за 500 торговых дней представим в *таблице 1*.

Таблица 1

#### Оценка риска и доходности финансовых инструментов

$A_i$	«Татнефть»	«Магнит»	...	«Якутскэнерго»	«X5 Retail Group»
$\sigma_i$	0,0136	0,0213	...	0,0161	0,0173
$\mu_i$	0,0014	0,0022	...	0,0017	0,0001

*Источник:* результаты вычислений автора на основе данных платформы *investing.com*

В процессе исследования были проанализированы 50 финансовых инструментов, среди которых, например «Татнефть» — акции крупной нефтяной компании, занимающейся разведкой месторождений, добычей, переработкой и поставкой на рынок нефтепродуктов; «X5 Retail Group» — акции ведущих российских мультиформатных продуктовых розничных компаний.

Коэффициент корреляции предварительно оцененных доходностей и рисков составляет 0,5817, что в целом соответствует классической тенденции роста доходности при росте риска. Для построения портфелей из начального множества финансовых инструментов были выбраны десять альтернатив на основе метода линейной свертки трёх критериев — *доходность*, *риск* и *ликвидность*. В процессе построения портфелей финансовых инструментов была использована предварительно найденная ковариационная матрица, в рассматриваемом случае имеющая размерность  $n \times n$ . Заметим, что как правило, увеличение числа

финансовых инструментов в портфеле позволяет более полно реализовать принцип диверсификации, однако по имеющимся данным сужение исходного множества финансовых инструментов до десяти привело к снижению выраженности корреляционной связи доходностей, что представляет интерес для инвестора. В процессе математического моделирования использованы приёмы, представленные в публикации [20]. Перейдём к построению портфелей: модификация 1 используется для реализации пассивной стратегии инвестирования; последующие модификации подразумевают учёт динамики индивидуальных предпочтений инвестора, что соответствует активной стратегии инвестирования.

### *Модификация 1*

Классический портфель Марковица. Классический портфель Марковица построим при условии максимизации доходности портфеля, определяемой формулой (1) при условии допустимого уровня риска портфеля  $\sigma_0 = 0,05$ . Найденный портфель  $X_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$  обеспечивает доходность  $\mu_1^* \approx 0,0009$  при риске  $\sigma_1^* \approx 0,0097$ .

### *Модификация 2*

Максимизация доходности портфеля при условии равенства ценовых долей входящих в него финансовых инструментов.

В таком случае портфель имеет вид  $X_2 = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0,1 \\ 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0,1 \end{pmatrix}$ , его доходность  $\mu_2^* \approx 0,0004$  при риске  $\sigma_2^* \approx 0,0068$ .

### *Модификация 3*

Портфель максимальной доходности при условии, что ценовая доля каждого финансового инструмента составляет не менее 0,05. В описанных условиях оптимальный портфель имеет вид  $X_3 = \begin{pmatrix} 0,05 & 0,05 & 0,05 & 0,05 & 0,05 \\ 0,05 & 0,05 & 0,05 & 0,55 & 0,05 \end{pmatrix}$ , а его доходность  $\mu_3^* \approx 0,0005$  при риске  $\sigma_3^* \approx 0,0064$ .

### *Модификация 4*

Портфель максимальной доходности при условии, что ценовая доля каждого финансового инструмента составляет не менее 0,01. Оптимальный портфель имеет вид  $X_4 = \begin{pmatrix} 0,01 & 0,01 & 0,01 & 0,01 & 0,01 \\ 0,01 & 0,01 & 0,01 & 0,91 & 0,01 \end{pmatrix}$ . Доходность найденного портфеля  $\mu_4^* \approx 0,0007$  при риске  $\sigma_4^* \approx 0,0081$ .

### *Модификация 5*

Максимизация доходности портфеля при условии, что ценовая доля каждого финансового инструмента, кроме третьего, составляет не менее 0,01, а ценовая доля третьего финансового инструмента не более 0,5. Искомый портфель имеет вид  $X_5 = \begin{pmatrix} 0,01 & 0,42 & 0,01 & 0,01 & 0,01 \\ 0,01 & 0,01 & 0,01 & 0,5 & 0,01 \end{pmatrix}$ . Ему соответствует доходность  $\mu_5^* \approx 0,0008$  при риске  $\sigma_5^* \approx 0,0073$ .

### *Модификация 6*

Максимизация доходности портфеля при условии, что ценовая доля каждого финансового инструмента не менее 0,01, а суммарная ценовая доля третьего и восьмого финансового инструментов составляет не более 0,5.

Оптимальный портфель в соответствии с описанными условиями имеет вид  $X_6 = \begin{pmatrix} 0,43 & 0,01 \\ 0,01 & 0,01 & 0,01 \\ 0,01 & 0,49 & 0,01 \end{pmatrix}$ . Размещение в нём денежных средств характеризуется доходностью  $\mu_6^* \approx 0,0007$  при риске  $\sigma_6^* \approx 0,0076$ .

Динамику количественных характеристик портфелей в зависимости от модификаций, обусловленных конструированием активных инвестиционных стратегий, представим в *таблице 2*.

Таблица 2

**Динамика количественных характеристик портфелей  
в условиях применения активных инвестиционных стратегий**

Модификация портфеля	Суточная доходность портфеля	Суточный риск портфеля
1	0,0009	0,0097
2	0,0004	0,0068
3	0,0005	0,0064
4	0,0007	0,0081
5	0,0008	0,0073
6	0,0007	0,0076

*Источник:* расчёты автора

### Конструирование активных стратегий инвестора на основе методов теории игр

Рассмотрим задачу конструирования активных инвестиционных стратегий в виде игровой модели, в рамках которой формализуется взаимодействие двух игроков: *инвестора* (активный игрок, осознанно принимающий решения о размещении денежных средств в финансовых инструментах) и *природы* (обобщенного игрока, неосознанно принимающего решения и выраженного рыночным индексом или рыночным портфелем). Для сведения задачи выбора оптимальной стратегии инвестирования к задаче принятия решений в условиях частичной неопределенности требуется не только выделить возможные состояния финансового рынка в целом, но и определить вероятности их реализации. Для простоты количественного анализа ограничимся рассмотрением трёх состояний природы, позволяющих, с одной стороны, не привести к существенному усложнению игровой модели и, с другой стороны, продемонстрировать реальную зависимость исходов игрового взаимодействия от них. Отметим, что число состояний рынка в целом может быть задано исследователем исходя из его личных предпочтений, однако должно быть не менее двух — в противном случае второй игрок лишается возможности выбора. Кроме того, в процессе построения игровой модели желательно не только количественно определить состояния, но и дать им содержательную интерпретацию.

Итак, *первое* состояние природы  $\Pi_1 = (-\infty; -0,005]$  характеризуется относительно значительным падением финансового рынка в целом; *второе* состояние  $\Pi_2 = (-0,005; 0,005]$  характеризуется относительно незначительным падением или незначительным ростом финансового рынка в целом; *третье* из рассматриваемых состояний  $\Pi_3 = (0,005; +\infty)$  характеризуется относительно значительным ростом фи-

нансового рынка в целом. Выбор числа состояний в размере трех обусловлен желанием упростить анализ игровой модели, одновременно продемонстрировав возможности теоретико-игрового моделирования. Количественная оценка границ интервалов учитывает реальные финансовые данные, используемые в процессе исследования.

С целью снижения неопределенности определим *вероятности реализации состояний природы*  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ . С этой целью воспользуемся классическим определением вероятности, подсчитав общее количество исходов, в рамках которых наступает случайное событие «Природа реализует состояние  $P_j$ ». Число таких исходов равно 500, так как для построения модели рассматриваются 500 торговых дней. В соответствии с данными, представленными в *таблице 3*, искомые вероятности реализации состояний природы равны  $p_1 = 0,24$ ;  $p_2 = 0,468$  и  $p_3 = 0,292$ . Обратим внимание, что случайные события  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  (*таблица 3*) составляют полную группу событий — совокупность единственно возможных случайных событий, которые попарно несовместны — в процессе игры наступает одно и только одно из них. Множество стратегий инвестирования будет по-прежнему ограничено десятью финансовыми инструментами, ранее используемыми для модификации портфеля Марковица.

Таблица 3

Состояния природы и их вероятности

Состояния	$P_1$	$P_2$	$P_3$
Содержательный смысл	$(-\infty; -0,005]$	$(-0,005; 0,005]$	$(0,005; +\infty)$
Количество наблюдений	110	254	136
Вероятности реализации состояний	0,2200	0,5080	0,2720

Источник: расчёты автора на основе данных платформы *investing.com*

В процессе игрового анализа уточнено *множество игроков*, состоящее из первого игрока — инвестора, осознанно принимающего решения о выборе одного (чистая стратегия) или нескольких (смешанная стратегия, возможность случайного выбора стратегий в условиях многократного инвестирования) инструментов для инвестирования, а также множества стратегий каждого игрока (множество альтернативных финансовых инструментов и множество состояний рынка). Для окончательного построения игровой модели игры следует определить платежную функцию (матрицу игры, матрицу доходностей), заданную на декартовом произведении множеств стратегий игроков.

В рассматриваемом случае размерность игры, будет равна  $10 \times 3$ , так как инвестор располагает десятью чистыми стратегиями, а варианты действий природы ограничены тремя возможными состояниями. Следовательно, для задания матрицы игры следует оценить 30 элементов, содержательный смысл которых заключается в полезности (выигрыше) игрока в случае, когда он сознательно выберет определенную стратегию, а природа реализует свое некоторое состояние. Например, если инвестор выберет свою первую стратегию, а природа реализует свое первое состояние, накопленная доходность, получаемая инвестором, будет складываться из суммы доходностей первого инструмента, изолированных по конкретному состоянию природы. Оценка накопленных доходностей по всем возможным исходам игры приводит к матрице (9).

$$A = \begin{pmatrix} -0,0112 & -0,0381 & 0,0173 \\ 0,0677 & 0,0030 & 0,0953 \\ -0,0428 & 0,0120 & 0,1538 \\ -0,0380 & -0,0582 & 0,0949 \\ -0,0003 & 0,0357 & -0,0061 \\ 0,2432 & -0,0471 & -0,0612 \\ 0,0639 & -0,0492 & 0,1464 \\ -0,1452 & -0,0130 & 0,0853 \\ -0,0031 & 0,0749 & 0,1246 \\ 0,0064 & 0,0241 & 0,0730 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Матрица рисков, однозначно порождаемая матрицей игры (9) в таком случае, принимает вид

$$R = \begin{pmatrix} 0,2544 & 0,1130 & 0,1365 \\ 0,1755 & 0,0719 & 0,0585 \\ 0,2860 & 0,0629 & 0 \\ 0,2812 & 0,1331 & 0,0589 \\ 0,2435 & 0,0392 & 0,1599 \\ 0 & 0,1220 & 0,2150 \\ 0,1793 & 0,1241 & 0,0074 \\ 0,3884 & 0,0879 & 0,0685 \\ 0,2463 & 0 & 0,0292 \\ 0,2368 & 0,0508 & 0,0808 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Выбор активных стратегий инвестора на основе игровой модели. Для определения оптимального варианта стратегии обратимся к построенной игровой модели, заданной матрицей доходностей (9). Результат расчёта показателей эффективности инвестиционных стратегий  $A_1, A_2, \dots, A_{10}$  по формуле (4) представим в **таблице 4**. Обратим внимание, что изменения уровня доверия инвестора к имеющейся информации существенно влияет на оптимальность стратегий инвестирования. Оптимальной в соответствии с соотношением (6) признаётся та стратегия, которая обладает наибольшим показателем эффективности. Первый столбец **таблицы 4** ( $\alpha = 0$ ) содержит показатели эффективности, рассчитанные по критерию Вальда — при условии полного недоверия инвестора к имеющейся информации. Последний столбец **таблицы 4** ( $\alpha = 1$ ) содержит показатели эффективности, рассчитанные по критерию Байеса (критерию математического ожидания) относительно матрицы выигрышей — при условии полного доверия инвестора к имеющейся информации.

Таблица 4

#### Показатели эффективности стратегий инвестирования

	Уровень доверия к информации						
	0	0,1	0,2	0,3	...	0,9	1
$A_1$	-0,0381	-0,0360	-0,0339	-0,0318	...	-0,0192	-0,0171
...	...	...	...	...	...	...	...
$A_8$	-0,1452	-0,1322	-0,1192	-0,1062	...	-0,0283	-0,0153

$A_9$	-0,0031	0,0043	0,0118	<b>0,0192</b>	...	<b>0,0638</b>	<b>0,0713</b>
$A_{10}$	<b>0,0064</b>	<b>0,0091</b>	<b>0,0118</b>	0,0145	...	0,0308	0,0335

*Источник:* расчёты автора

Анализ матрицы рисков (10) на основе критерия Ходжа – Лемана, задаваемого формулой (7), позволяет каждой стратегии инвестора поставить в соответствие её показатель неэффективности. Согласно (8), оптимальной стратегий по критерию Ходжа – Лемана относительной матрицы рисков признаётся стратегия, обладающая наименьшим показателем неэффективности. Первый столбец *таблицы 5* ( $\alpha = 0$ ) содержит показатели неэффективности, рассчитанные по критерию Севиджа — при условии полного недоверия инвестора к имеющейся информации. Последний столбец *таблицы 5* ( $\alpha = 1$ ) содержит показатели неэффективности, рассчитанные по критерию Байеса относительно матрицы рисков — при условии полного доверия инвестора к имеющейся информации.

*Таблица 5*

#### Показатели неэффективности стратегий инвестирования

	Уровень доверия к информации						
	0	0,1	...	0,7	0,8	0,9	1
$A_1$	0,2544	0,2440	...	0,1817	0,1713	0,1609	0,1505
$A_2$	<b>0,1755</b>	<b>0,1671</b>	...	<b>0,1164</b>	0,1079	0,0995	0,0910
$A_3$	0,2860	0,2669	...	0,1522	0,1331	0,1140	0,0949
...	...	...	...	...	...	...	...
$A_8$	0,3884	0,3644	...	0,2206	0,1967	0,1727	0,1487
$A_9$	0,2463	0,2279	...	0,1174	<b>0,0990</b>	<b>0,0805</b>	<b>0,0621</b>
$A_{10}$	0,2368	0,2231	...	0,1410	0,1273	0,1136	0,0999

*Источник:* расчёты автора

#### Выводы. Комментарии

Важным направлением развития приёмов принятия инвестиционных решений на основе математических методов является учёт индивидуальных предпочтений инвестора. Конструирование активных инвестиционных стратегий невозможно без учёта предпочтений инвестора по желаемым значениям критериев (доходность, риск, ликвидность и др.) В рамках данной статьи получили развитие два варианта учёта индивидуальных предпочтений инвестора: при нахождении портфелей Марковица и при обосновании выбора оптимальной стратегии размещения денежных средств на основе построенной игровой модели в двух формах представления (в форме матрицы доходностей, содержащей ожидаемые доходности инвестора и в форме матрицы рисков, содержащей возможные риски).

Динамика количественных характеристик шести построенных портфелей Марковица, представленных в *таблице 2*, свидетельствует о том, активная позиция инвестора, выраженная в виде ограничений на ценовые доли рассматриваемых финансовых инструментов, существенно меняет структуру оптимального портфеля. При этом наблюдается снижение ожидаемых значений доходности портфеля

при одновременном снижении его риска. Указанная особенность выявлена при анализе одного и того же массива финансовых данных, без учёта динамики финансового рынка в периодах, выходящих за рамки проведенного исследования. Заметим, что все построенные портфели можно рекомендовать для размещения денежных средств, однако вопрос об окончательном выборе стратегии инвестирования лежит в плоскости уточнения индивидуальных предпочтений инвестора, а также применения методов теории принятия решений.

С целью построения игровой модели и представления её в двух формах, решены следующие частные задачи:

- построено множество чистых активных стратегий игрока-инвестора;
- построено множество возможных состояний природы — рыночного индекса;
- определены вероятности реализации каждого из выделенных ранее состояний природы на основе реальных финансовых данных;
- получена матрица доходностей (9), элемент  $a_{ij}$  которой представляет собой накопленную инвестором доходность при условии, что им выбрана инвестиционная стратегия  $A_i$ , а одновременно с этим природа реализует состояние  $P_j$ ,
- получена матрица рисков (10), однозначно порождаемая матрицей доходностей.

Исследование построенной игровой модели проведено на основе синтетического критерия Ходжа – Лемана (как относительно доходности, так и относительно риска). Применение этого математического метода позволило в процессе конструирования активных инвестиционных стратегий учесть индивидуальный уровень доверия инвестора к имеющейся финансовой информации. В процессе практической реализации критерия Ходжа – Лемана получены результаты, позволяющие сделать вывод о чувствительности оптимальных стратегий инвестирования к индивидуальным предпочтениям инвестора. Так, при полном отсутствии доверия к имеющейся информации ( $\alpha = 0$ ) и при низком уровне доверия  $\alpha = 0,1$  и  $\alpha = 0,2$  оптимальной является стратегия  $A_{10}$ . Увеличение доверия инвестора к информации (средний уровень,  $\alpha = 0,4$ ,  $\alpha = 0,5$  и  $\alpha = 0,6$ ) приводит к тому, что стратегия  $A_9$  становится оптимальной. Дальнейший рост уровня доверия инвестора к информации сохраняет оптимальность инвестиционной стратегии  $A_9$ . В частности, в условиях полного доверия инвестора к имеющейся информации  $A_9$  является оптимальной стратегией для размещения денежных средств. Таким образом, оптимальные стратегии, определяемые на основе анализа матрицы игры, обладают существенной чувствительностью к изменениям индивидуальных представлений инвестора.

Аналогичная особенность выявлена при анализе матрицы рисков: при низких и средних значениях показателя уровня доверия инвестора к информации оптимальной является стратегия  $A_2$ . Однако при высоком уровне доверия оптимальной стратегией для размещения денежных средств является стратегия  $A_9$ . Использование матрицы рисов может быть оправдано в условиях, когда инвестор не столько заинтересован в максимизации ожидаемой доходности, а сколько заинтересован в снижении отклонений реальной получаемой доходности от максимально возможной.

Привлечение математических методов для конструирования активных стратегий инвестора способствует получению большей доходности от размещения денежных средств благодаря постоянному отслеживанию динамики финансового рынка, анализа финансовых данных и принятия оптимальных инвестиционных решений. Использование активной инвестиционной стратегии требует от инвестора высокой квалификации, так как сопровождается ростом риска реализации неоптимальной стратегии, приводящей к негативным последствиям. Это возможно в случае неверного анализа финансового рынка и учёта индивидуальных представлений инвестора, неадекватных финансово-экономической действительности

В качестве перспектив исследования укажем разработку новых приёмов использования теории больших данных к конструированию активных стратегий инвестора, позволяющих учесть разнообразные финансовые данные, которые поступают с высокой скоростью, причём их объём постоянно растёт. Большим исследовательским потенциалом в контексте темы исследования также обладают математические методы теории оптимального управления, позволяющие конструировать активные стратегии инвестора в виде управляющей последовательности воздействий на портфель финансовых инструментов, обеспечивающей максимум или минимум заданной совокупности критериев качества портфеля.

### Библиографический список

1. *Ревякин, А. М.* Принятие решений с помощью теории игр / А. М. Ревякин, А. М. Терещенко // Вестник Московской государственной академии делового администрирования. Серия: Экономика. — 2012. — № 4 (16). — С. 114–117.
2. *Фенченко, К. В.* К вопросу о применении теории игр в анализе финансовых рынков / К. В. Фенченко // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. Вступление. Путь в науку. — 2015. — № 1-2 (11). — С. 108–114.
3. *Тихомиров Н. П.* Теория риска / Н. П. Тихомиров, Т. М. Тихомирова. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2020. — 308 с.
4. Формирование индикаторов, критериев, мер и шкал оценки рисков / Г. П. Фомин, И. В. Сухокурова, Д. А. Максимов, И. Ф. Алешина // Мягкие измерения и вычисления. — 2022. — Т. 52, № 3. — С. 5–10.
5. *Касимов, Ю. Ф.* Основы финансовых вычислений. Портфели активов, оптимизация и хеджирование / Ю. Ф. Касимов, М. С. Аль-Натор, А. Н. Колесников. — М.: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство “КноРус”», 2022. — 322 с.
6. *Хуторова, Н. А.* Анализ эффективности портфельных стратегий, основанных на концепции дивидендной доходности на примере российского фондового рынка / Н. А. Хуторова, Н. А. Назин // Финансовая аналитика: проблемы и решения. — 2021. — Т. 14, № 3 (357). — С. 323–346.
7. *Горский, М. А.* Моделирование оптимального инвестиционного портфеля умеренно-агрессивного инвестора с дополнительным критерием ликвидности / М. А. Горский, Д. А. Максимов // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2022. — № 2-2. — С. 174–189.
8. Анализ инвестиционной портфельной теории / В. А. Иванюк, В. Г. Феклин, А. М. Сунчалин, А. Д. Цвиркун // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2022): Труды Пятнадцатой международной конференции, Москва, 26–28 сентября 2022 года / Под общей редакцией С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. — М.: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2022. — С. 660–664.
9. *Синчуков, А. В.* Общие вопросы конструирования и управления портфелем финансовых инструментов / А. В. Синчуков // Научные исследования и разработки. Экономика. — 2022. — Т. 10, № 1. — С. 36–43.
10. *Ватолкина, Н. Ш.* Цифровые финансовые активы: технологические возможности регулирования и контроля / Н. Ш. Ватолкина, О. П. Федоткина, В. Г. Феклин // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. — 2022. — № 3 (103). — С. 96–110.
11. Технологические возможности контроля за оборотом цифровых финансовых активов / В. И. Соловьев, О. П. Федоткина, В. Г. Феклин, Д. И. Коровин // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. — 2022. — № 11. — С. 87–93.

12. Воротникова Д. В., Максимов Д. А. Опционный подход оценки инвестиционных проектов: становление и сущность // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. — № 9-2. — С. 117–124.

13. Повышение конкурентоспособности: развитие ключевых компетенций и корпоративный венчуринг / А. И. Каширин, В. В. Стрелянок, А. С. Семенов [и др.] // Управленческие науки. — 2016. — Т. 6, № 4. — С. 53–61.

14. Сухорукова И. В., Бобрик Г. И. Совершенствование методики преподавания образовательной программы подготовки инвесторов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. — 2020. — № 2 (41). — С. 27–33.

15. Богл Дж. Руководство разумного инвестора. Надежный способ получения прибыли на фондовом рынке / Дж. Богл. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2021. — 254 с.

16. Власов Д. А. Особенности комплексного использования количественных методов в финансовой сфере // Системные технологии. — 2020. — № 1 (34). — С. 133–139.

17. Власов Д. А. Введение в теорию игр / Д. А. Власов. — М.: Издательский Дом «Инфра-М», 2023. — 222 с.

18. Путко Б. А. Математика финансовых инструментов: модели и методы / Б. А. Путко, В. Б. Гисин. — М.: Прометей, 2021. — 190 с.

19. Сигал А. В. Теория игр и ее экономические приложения. — М.: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр Инфра-М», 2019. — 418 с.

20. Уотшем Т. Дж. Количественные методы в финансах / Т. Дж. Уотшем. — М.: ЮНИТИ, 1999. — 527 с.

## LANDSCAPE URBANISM: ANALYSIS OF RESEARCH ON INTEGRATION OF THERAPEUTIC GARDENS INTO THE URBAN ENVIRONMENT

D. A. Vlasov<sup>\*/\*\*</sup>

\* Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

\*\* Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

### Abstract

Within the framework of this article, modern mathematical methods of analyzing financial instruments used to design active investor strategies are disclosed. The investor's transition to the choice of active strategies contributes to a more complete consideration of his individual preferences in the conditions of nonlinear dynamics of financial markets. Mathematical methods of designing active investor strategies allow for timely response to changes in the financial market and design optimal portfolios of financial instruments. The expansion of the classical optimization methods used by

### The Keywords

*Mathematical modeling; portfolio theory, game theory, Hodge-Lehman criterion, Markowitz portfolio, individual investor preferences, optimal solution, active strategy.*

the methods of game theory made it possible to take into account the factor of interaction between players participating in financial markets. The relevance of the research topic is due to the need to improve the quality of financial decisions made in conditions of increased volatility of financial markets and changes in investor preferences. The constructed initial set of financial instruments consists of fifty elements, each of which represents an alternative investment option. The analysis of the initial set of financial instruments based on the mathematical method of criteria convolution allowed us to narrow it down to ten strategies that are most preferable for investing. The classic Markowitz portfolio model in the form of a nonlinear optimization problem, which assumes maximizing the expected return of the portfolio at a given level of risk, is supplemented by restrictions that allow taking into account the individual preferences of the investor. The presented six modifications of Markowitz portfolios allow us to identify the sensitivity of the quantitative characteristics of portfolios to the individual preferences of the investor. The study of the game model is based on the synthetic Hodge-Lehman criterion regarding profitability and risk. Its use made it possible to take into account the individual level of investor confidence in the available financial information. In the process of practical implementation of these mathematical methods, results were obtained that allow us to conclude about the degree of sensitivity of active investor strategies to individual investor preferences. Mathematical methods of designing active investor strategies, subject to their methodological adaptation, can be used to improve the professional training of masters in the higher school of Economics, as well as to set up courses of additional professional education in the field of mathematical methods in finance.

**Date of receipt in edition**

18.04.2024

**Date of acceptance for printing**

25.04.2024

---

**Ссылка для цитирования:**

*Д. А. Власов. Математические методы конструирования активных стратегий инвестора. — Системные технологии. — 2024. — № 2 (51). — С. 171–184.*